
Documentazione di CoreGuideLines

Release 20241224

Bjarne Stroustrup, Herb Sutter

(Traduzione: **Baldassarre Cesarano**)

24 dic 2024

Contenuti:

1	Per iniziare	3
2	Background e scopo	5
3	Contributi e LICENZA	7
4	C++ Core Guidelines	9
5	Sommario	13
6	In: Introduzione	15
6.1	In.target: Chi sono i lettori?	15
6.2	In.aims: Obiettivi	16
6.3	In.not: Non-obiettivi	17
6.4	In.force: Imposizione	18
6.5	In.struct: La struttura di questo documento	19
6.6	In.sec: Sezioni principali	20
7	P: Filosofia	23
7.1	P.1: Esprimere le idee direttamente nel codice	24
7.2	P.2: Scrivere in C++ Standard ISO	26
7.3	P.3: Esprimere le intenzioni	27
7.4	P.4: Idealmente, un programma dovrebbe essere staticamente type safe	29
7.5	P.5: Preferire il controllo durante la compilazione a quello durante l'esecuzione	29
7.6	P.6: Ciò che non può essere verificato in fase di compilazione dovrebbe essere verificabile in fase di esecuzione	31
7.7	P.7: Rilevamento degli errori a run-time all'inizio	34
7.8	P.8: Non perdere alcuna risorsa [leak]	37
7.9	P.9: Non sprecare tempo o spazio	38
7.10	P.10: Preferire dati immutabili ai dati mutabili	40
7.11	P.11: Incapsulare costrutti disordinati, anziché distribuirli nel codice	40
7.12	P.12: Usare tool appropriati	42
7.13	P.13: Usare librerie di supporto appropriate	42

8	I: Interfacce	45
8.1	I.1: Rendere esplicite le interfacce	46
8.2	I.2: Evitare variabili globali non-const	47
8.3	I.3: Evitare i singleton	49
8.4	I.4: Creare interfacce precisamente e fortemente tipizzate	51
8.5	I.5: Precondizioni dello stato (se c'è)	54
8.6	I.6: Preferire <code>expects()</code> per esprimere le precondizioni	55
8.7	I.7: Postcondizioni dello stato	56
8.8	I.8: Preferire <code>ensures()</code> per esprimere le postcondizioni	59
8.9	I.9: Se un'interfaccia è un template, documentarne i parametri usando i concetti	60
8.10	I.10: Usare le eccezioni per segnalare un errore nell'eseguire un compito richiesto	60
8.11	I.11: Mai trasferire la proprietà con un semplice puntatore (<code>T*</code>) o un riferimento (<code>T&</code>)	62
8.12	I.12: Dichiarare un puntatore che non dev'essere null con <code>not_null</code>	64
8.13	I.13: Non passare un array come singolo puntatore	65
8.14	I.22: Evitare complesse inizializzazioni di oggetti globali	67
8.15	I.23: Mantenere basso il numero degli argomenti di una funzione	68
8.16	I.24: Evitare parametri adiacenti che possono essere invocati dagli stessi argomenti in qualsiasi ordine con un diverso significato	70
8.17	I.25: Preferire classi astratte vuote come interfacce alle gerarchie di classi . . .	72
8.18	I.26: Se si vuole un cross-compiler ABI, si usi un sottoinsieme in stile C . . .	73
8.19	I.27: Per una libreria ABI stabile, si consideri l'idioma <code>Pimpl</code>	73
8.20	I.30: Incapsulare le violazioni alla regola	75
9	F: Funzioni	77
9.1	F.def: Definizioni di funzioni	79
9.2	F.call: Passaggio di parametri	94
10	C: Classi e gerarchie di classi	133
10.1	C.1: Organizzare i dati correlati in strutture (<code>struct</code> o <code>class</code>)	134
10.2	C.2: Utilizzare <code>class</code> se la classe ha un invariante; usare <code>struct</code> se i dati membro possono variare indipendentemente	135
10.3	C.3: Rappresentare la distinzione tra un'interfaccia e un'implementazione utilizzando una classe	136
10.4	C.4: Creare una funzione membro solo se è necessario l'accesso diretto alla rappresentazione di una classe	137
10.5	C.5: Inserire le funzioni helper nello stesso namespace della classe che supportano	139
10.6	C.7: Non definire una classe o un enum e dichiarare una variabile dello stesso tipo nella stessa istruzione	140
10.7	C.8: Usare <code>class</code> anziché <code>struct</code> se uno dei membri è non-public	141
10.8	C.9: Ridurre al minimo l'esposizione dei membri	141
10.9	C.concrete: Tipi concreti	144
10.10	C.ctor: Costruttori, assegnazioni e distruttori	147
10.11	C.defop: Operazioni di Default	149
10.12	C.dtor: Distruttori	154
10.13	C.ctor: Costruttori	164
10.14	C.copy: Copia e spostamento	183

10.15	C.other: Altre regole sulle operazioni di default	196
10.16	C.con: Contenitori ed altri handle di risorse	206
10.17	C.lambdas: Oggetti funzione e lambda	211
10.18	C.hier: Gerarchia di classi (OOP)	212
10.19	C.hierclass: Progettazioni di classi in una gerarchia:	217
10.20	C.hier-access: Accesso agli oggetti di una gerarchia	237
10.21	C.over: Operatori di sovraccarico [overloading] e sovraccaricati	246
10.22	C.union: Unioni	256
11	Enum: Enumerazioni	265
11.1	Enum.1: Preferire le enumerazioni alle macro	265
11.2	Enum.2: Usare le enumerazioni per rappresentare insiemi di nomi di costanti correlate	266
11.3	Enum.3: Preferire la class enum alle «semplici» enum	267
11.4	Enum.4: Definire le operazioni sulle enumerazioni per un uso sicuro e semplice	268
11.5	Enum.5: Non usare TUTTO_IN_MAIUSCOLO per gli enumeratori	269
11.6	Enum.6: Evitare enumerazioni senza nome	270
11.7	Enum.7: Specificare il [tipo sottostante] di una enumerazione solo quando è necessario	271
11.8	Enum.8: Specificare i valori dell'enumeratore solo quando è necessario	272
12	R: Gestione delle risorse	273
12.1	R.1: Gestire automaticamente le risorse utilizzando gli handle e il RAI (Resource Acquisition Is Initialization)	275
12.2	R.2: Nelle interfacce, usare puntatori semplici [raw] per denotare (solo) i singoli oggetti	276
12.3	R.3: Un puntatore semplice [raw] (un T*) non è proprietario	278
12.4	R.4: Un riferimento [raw] (un T&) non è proprietario	281
12.5	R.5: Preferire oggetti con scope, non allocare sull'heap se non necessario . . .	281
12.6	R.6: Evitare le variabili globali non-const	282
12.7	R.alloc: Allocazione e de-allocazione	283
12.8	R.smart: I puntatori smart	288
13	ES: Espressioni e istruzioni	299
13.1	ES.1: Preferire la libreria standard alle altre librerie e al «codice artigianale» .	302
13.2	ES.2: Preferire astrazioni adatte all'uso diretto delle funzionalità del linguaggio	303
13.3	ES.3: Non ripetersi, evitare codice ridondante	304
13.4	ES.dcl: Dichiarazioni	305
13.5	ES.expr: Espressioni	336
13.6	ES.stmt: Istruzioni	369
13.7	Aritmetica	384
14	Per: Prestazione	395
14.1	Per.1: Non ottimizzare senza motivo	396
14.2	Per.2: Non ottimizzare prematuramente	396
14.3	Per.3: Non ottimizzare qualcosa che non è critico per le prestazioni	396
14.4	Per.4: Non dare per scontato che il codice complicato sia necessariamente più veloce del codice semplice	397

14.5	Per.5: Non dare per scontato che il codice di basso livello sia necessariamente più veloce di quello ad alto livello	398
14.6	Per.6: Non fare affermazioni sulle prestazioni senza fare misurazioni	398
14.7	Per.7: Progettare per consentire l'ottimizzazione	399
14.8	Per.10: Affidarsi al sistema di tipo statico	403
14.9	Per.11: Spostare il calcolo dal run-time alla compilazione	403
14.10	Per.12: Eliminare gli alias ridondanti	405
14.11	Per.13: Eliminare le indirezioni ridondanti	405
14.12	Per.14: Minimizzare il numero di allocazioni e de-allocazioni	405
14.13	Per.15: Non allocare su un ramo critico	405
14.14	Per.16: Usare strutture dati compatte	406
14.15	Per.17: Dichiarare per primi i membri più usati di una struct time-critical . . .	406
14.16	Per.18: Lo spazio è tempo	406
14.17	Per.19: Accesso prevedibile alla memoria	406
14.18	Per.30: Evitare i [context switch] sui percorsi [path] critici	407
15	CP: Concorrenza e parallelismo	409
15.1	CP.1: Si assuma che il proprio codice girerà come parte in un programma multi-threaded	410
15.2	CP.2: Evitare i conflitti dei dati [data race]	412
15.3	CP.3: Minimizzare la condivisione esplicita dei dati scrivibili	415
15.4	CP.4: Pensare in termini di task, anziché di thread	416
15.5	CP.8: Non cercare di usare volatile per la sincronizzazione	417
15.6	CP.9: Quando possibile utilizzare i tool per validare il proprio codice concorrente	418
15.7	CP.con: Concorrenza	419
15.8	CP.coro: Coroutine	436
15.9	CP.par: Parallelismo	441
15.10	CP.mess: Passaggio dei messaggi	441
15.11	CP.vec: Vettorizzazione	444
15.12	CP.free: Programmazione senza lock	445
15.13	CP.etc: Ecc. regole della concorrenza	450
16	E: Gestione degli errori [Error handling]	453
16.1	E.1: Sviluppare una strategia di gestione degli errori nelle prime fasi di un progetto	454
16.2	E.2: Generare un'eccezione per segnalare che una funzioni non può eseguire il proprio compito	455
16.3	E.3: Usare le eccezioni solamente per la gestione degli errori	456
16.4	E.4: Progettarsi la propria strategia di gestione degli errori basandosi sugli invarianti	457
16.5	E.5: Consentire ad un costruttore di stabilire un invariante, e sollevare un errore se non può	458
16.6	E.6: Usare il RAI per evitare i leak	459
16.7	E.7: Dichiarare le proprie pre-condizioni	461
16.8	E.8: Dichiarare le proprie post-condizioni	462
16.9	E.12: Usare noexcept uscendo da una funzione quando un throw (un'eccezione) è impossibile o inaccettabile	462

16.10	E.13: Mai sollevare eccezioni quando si è i diretti proprietari [owner] di un oggetto	463
16.11	E.14: Usare tipi appositamente progettati o [user-defined] come eccezioni (non i tipi [built-in])	464
16.12	E.15: Eseguire il «throw» per valore, il «catch» di eccezioni da una gerarchia per riferimento	465
16.13	E.16: I distruttori, la de-allocazione, swap e la costruzione copia/spostamento dell'eccezione, non devono mai fallire	467
16.14	E.17: Non cercare di catturare tutte le eccezioni da tutte le funzioni	468
16.15	E.18: Minimizzare l'uso di try/catch espliciti	469
16.16	E.19: Usare un oggetto final_action per la pulizia [cleanup] se non è disponibile un gestore delle risorse adatto	470
16.17	E.25: Se non è possibile sollevare eccezioni, simulare il RAII per la gestione delle risorse	471
16.18	E.26: Se non è possibile sollevare eccezioni, si prenda in considerazione un veloce fallimento	473
16.19	E.27: Se non è possibile sollevare eccezioni, si usino sistematicamente i codici di errore	474
16.20	E.28: Evitare la gestione degli errori basata su uno stato globale (p.es. errno)	477
16.21	E.30: Non utilizzare le specifiche delle eccezioni	478
16.22	E.31: Ordinare in modo appropriato le proprie istruzioni catch	479
17	Con: Costanti e immutabilità	481
17.1	Con.1: Per default, creare oggetti immutabili	481
17.2	Con.2: Per default, creare le funzioni membro const	482
17.3	Con.3: Per default, passare puntatori e riferimenti ai const	484
17.4	Con.4: Utilizzare const per definire oggetti con valori che non cambiano dopo la costruzione	485
17.5	Con.5: Utilizzare constexpr per i valori calcolabili durante la compilazione	486
18	T: Template e programmazione generica	487
18.1	T.gp: Programmazione generica	490
18.2	T.concepts: Regole sui concetti	496
18.3	T.con-use: Uso del concetto	497
18.4	T.concepts.def: Regole sulla definizione dei concetti	500
18.5	Interfacce template	510
18.6	T.def: Definizioni dei template	519
18.7	T.temp-hier: Regole sulla gerarchia e i template:	527
18.8	T.var: Regole sui template variadici	532
18.9	T.meta: Meta-programmazione template (TMP)	534
18.10	Altre regole sui template	538
19	CPL: Programmazione C-style	543
19.1	CPL.1: Preferire il C++ al C	543
19.2	Se si deve usare il C, utilizzare il sotto-insieme comune al C e al C++, e compilare il codice C come C++	544
19.3	CPL.3: Se si deve usare il C per le interfacce, usare il C++ nel codice chiamante utilizzando tali interfacce	545

20	SF: File sorgenti	547
20.1	SF.1: Usare un suffisso <code>.cpp</code> per i file del codice e <code>.h</code> per i file delle interfacce nei propri progetti se non si sta già seguendo un'altra convenzione	548
20.2	SF.2: Un file header non deve contenere definizioni di oggetti né definizioni di funzioni non inline	548
20.3	SF.3: Usare file header per tutte le dichiarazioni usate in più file sorgenti . . .	549
20.4	SF.4: Includere i file header prima di altre dichiarazioni in un file	550
20.5	SF.5: Un file <code>.cpp</code> deve includere file header che ne definiscono l'interfaccia .	551
20.6	SF.6: Usare le direttive <code>using namespace</code> per la transizione, per le librerie di base (come la <code>std</code>), o (solamente) all'interno di uno scope locale	552
20.7	SF.7: Non scrivere <code>using namespace</code> nello scope globale in un file header . .	554
20.8	SF.8: Usare la protezione degli <code>#include</code> per tutti i file header	555
20.9	SF.9: Evitare le dipendenze cicliche tra i file sorgenti	555
20.10	SF.10: Evitare dipendenze da nomi inclusi con <code>#include</code> implicitamente . . .	556
20.11	SF.11: I file header devono essere autonomi [self-contained]	558
20.12	SF.12: Preferire la forma virgolettata di <code>#include</code> per i file relativi a quello principale e la forma con parentesi angolari negli altri casi	559
20.13	SF.13: Usare identificatori portatili di header nelle istruzioni <code>#include</code>	560
20.14	SF.20: Usare i namespace per esprimere le strutture logiche	561
20.15	SF.21: Non usare un namespace senza nome (anonimo) in un header	561
20.16	SF.22: Usare un namespace senza nome (anonimo) per tutte le entità interne/non-esportate	562
21	SL: La Libreria Standard [Standard Library]	565
21.1	SL.1: Usare le librerie dove possibile	566
21.2	SL.2: Preferire la libreria standard ad altre librerie	566
21.3	SL.3: Non aggiungere entità non-standard al namespace <code>std</code>	566
21.4	SL.4: Usare la libreria standard in modo sicuro per i tipi [type-safe]	567
21.5	SL.con: Contenitori	567
21.6	SL.str: String	573
21.7	SL.io: Iostream	580
21.8	SL.regex: Regex	584
21.9	SL.chrono: Time	584
21.10	SL.C: La Libreria Standard del C	584
22	A: Idee architetturali	587
22.1	A.1: Separare il codice stabile da quello instabile	587
22.2	A.2: Esprimere, in una libreria, le parti potenzialmente riutilizzabili	588
22.3	A.4: Non ci dovrebbero essere ciclicità tra le librerie	588
23	NR: Non-Regole e miti	589
23.1	NR.1: Non insistere sul fatto che tutte le dichiarazioni dovrebbero stare all'inizio di una funzione	590
23.2	NR.2: Non insistere nell'avere un'unica istruzione <code>return</code> in una funzione . .	591
23.3	NR.3: Non evitare le eccezioni	592
23.4	NR.4: Non insistere nel voler mettere ogni definizione di classe nel proprio file sorgente	594
23.5	NR.5: Non usare l'inizializzazione a due fasi [two-phase]	595

23.6	NR.6: Non mettere tutte le operazioni di ripulitura alla fine di una funzione e il goto exit	597
23.7	NR.7: Non rendere tutti i dati membro come protected	598
24	RF: Riferimenti	601
24.1	RF.rules: Regole di codifica	602
24.2	RF.books: Libri con linee-guida sulla codifica	603
24.3	RF.C++: C++ Programming (C++11/C++14)	603
24.4	RF.web: Siti web	604
24.5	RS.video: Video sul «C++ moderno»	604
24.6	RF.man: Manuali	605
24.7	RF.core: Materiali sulle «Core Guidelines»	605
24.8	Ringraziamenti	605
25	Pro: Profili	607
25.1	Pro.safety: Profilo [Type-safety]	608
25.2	Pro.bounds: Profilo [Bounds safety]	609
25.3	Pro.lifetime: Profilo sulla sicurezza del ciclo-di-vita [lifetime]	610
26	GSL: Libreria di supporto alle linee-guida [Guidelines support library]	613
26.1	GSL.view: Viste	614
26.2	GSL.owner: Puntatori proprietari	616
26.3	GSL.assert: Asserzioni	616
26.4	GSL.util: Utilità	616
26.5	GSL.concept: Concetti	617
27	NL: Suggerimenti per la nomenclatura e il layout	619
27.1	NL.1: Non scrivere nei commenti ciò che è chiaramente affermato nel codice	620
27.2	NL.2: Nei commenti dichiarare le intenzioni	621
27.3	NL.3: Rendere i commenti all'essenziale	621
27.4	NL.4: Mantenere uno stile coerente di indentazione	622
27.5	NL.5: Evitare di codificare il tipo nei nomi	623
27.6	NL.7: La lunghezza del nome deve essere proporzionale all'ampiezza del suo scope	625
27.7	NL.8: Mantenere uno stile coerente di indentazione	625
27.8	NL.9: Usare il TUTTO_IN_MAIUSCOLO solo per i nomi delle macro	627
27.9	NL.10: Preferire i nomi in underscore_style	627
27.10	NL.11: Rendere leggibili i letterali	628
27.11	NL.15: Usare gli spazi con parsimonia	629
27.12	NL.16: Usare un ordine convenzionale per la dichiarazione dei membri di una classe	630
27.13	NL.17: Usare il layout derivato dal K&R	631
27.14	NL.18: Usare il layout dei dichiaratori in stile C++	633
27.15	NL.19: Evitare nomi facilmente travisabili	634
27.16	NL.20: Non mettere due istruzioni sulla stessa riga	634
27.17	NL.21: Dichiarare un (solo) nome per ogni dichiarazione	635
27.18	NL.25: Non usare void come tipo di un argomento	635
27.19	NL.26: Usare la notazione convenzionale const	636
27.20	NL.27: Usare un suffisso .cpp per il file del codice e .h per quelli dell'interfaccia	637

28	FAQ: Risposte a domande frequenti	639
28.1	FAQ.1: Quali sono gli obiettivi di queste linee-guida?	639
28.2	FAQ.2: Quando e dove è stato annunciato questo lavoro per la prima volta? . .	639
28.3	FAQ.3: Chi sono gli autori e i manutentori di queste linee-guida?	640
28.4	FAQ.4: Come si può contribuire?	640
28.5	FAQ.5: Come si diventa editore/manutentore?	640
28.6	FAQ.6: Queste linee guida sono state approvate dal comitato di standardizzazione ISO C++? Hanno il consenso del comitato?	640
28.7	FAQ.7: Se queste linee guida non sono approvate dal comitato, perché stanno in <code>github.com/isocpp</code> ?	640
28.8	FAQ.8: Ci sarà una versione per il C++98 di queste Linee-guida? una versione per il C++11?	641
28.9	FAQ.9: Queste linee guida propongono nuove funzionalità del linguaggio? . .	641
28.10	FAQ.10: Quale versione di Markdown utilizzano queste linee-guida?	641
28.11	FAQ.50: Che cos'è la GSL (libreria di supporto alle linee-guida [guidelines support library])?	641
28.12	FAQ.51: <code>github.com/Microsoft/GSL</code> è la GSL?	642
28.13	FAQ.52: Perché non fornire una reale implementazione della GSL in/con queste linee-guida?	642
28.14	FAQ.53: Perché i tipi GSL non sono stati proposti tramite Boost?	642
28.15	FAQ.54: La GSL (libreria di supporto delle linee guida) è stata approvata dal comitato ISO dello standard del C++?	642
28.16	FAQ.55: Se si stanno usando i tipi standard quando sono disponibili, perché la <code>span<char></code> della GSL è diversa dalla <code>string_view</code> del [Library Fundamentals 1 Technical Specification and C++17 Working Paper]? Perché non usare semplicemente la <code>string_view</code> approvata dal comitato?	643
28.17	FAQ.56: L'owner [proprietario] è lo stesso <code>observer_ptr</code> proposto?	643
28.18	FAQ.57: Lo <code>stack_array</code> è lo stesso array standard?	643
28.19	FAQ.58: Il <code>dyn_array</code> è lo stesso di <code>vector</code> o del <code>dynarray</code> proposto? . . .	643
28.20	FAQ.59: <code>Expects</code> è lo stesso di <code>assert</code> ?	644
28.21	FAQ.60: <code>Ensures</code> è lo stesso di <code>assert</code> ?	644
29	Appendice A: Librerie	645
30	Appendice B: Modernizzazione del codice	647
31	Appendice C: Discussione	649
31.1	Discussione: Definire e inizializzare i dati membro secondo l'ordine di dichiarazione dei membri	649
31.2	Discussione: Uso di <code>=</code> , <code>{}</code> e <code>()</code> come inizializzatori	650
31.3	Discussione: Usare una funzione <code>factory</code> se c'è bisogno di un «comportamento virtuale» durante l'inizializzazione	650
31.4	Discussione: Rendere pubblici e virtuali i distruttori della classe base, o <code>protected</code> e <code>non-virtual</code>	652
31.5	Discussione: Uso di <code>noexcept</code>	655
31.6	Discussione: Distruttori, <code>de-allocazione</code> , e <code>swap</code> non devono mai fallire	655
31.7	Definire la copia, lo spostamento e la distruzione in modo coerente	658
32	Appendice D: Tool di supporto	669

32.1	Tools: Clang-tidy	669
32.2	Tools: CppCoreCheck	669
33	Glossario	671
34	To-do: Proto-regole non classificate	679
35	Bibliografia	683
36	Contribuire alle C++ Core Guidelines	687
37	Accordo di Licenza per i Collaboratori	689
38	Pull request	691
38.1	Linee-guida sullo Stile del Documento	691
38.2	Aggiornamento del dizionario	692
38.3	Miscellanea	692
39	Policy di Sicurezza	693
39.1	Riportare una Vulnerabilità	693



CORE GUIDELINES

«All'interno del C++ c'è un più piccolo, semplice e sicuro linguaggio, che lotta per uscire fuori». – Bjarne Stroustrup

Le *C++ Core Guidelines* costituiscono un lavoro di gruppo guidato da Bjarne Stroustrup, proprio come lo stesso linguaggio C++. Sono il risultato di molti anni-uomo di discussione e progettazione in diverse organizzazioni. Per come sono progettate incoraggiano una generale applicabilità ed un'ampia adozione ma si possono liberamente copiare e modificare per soddisfare le esigenze della propria organizzazione.

CAPITOLO 1

Per iniziare

Le stesse «guidelines» si trovano in [CppCoreGuidelines](#). Il documento è in [GH-flavored Markdown](#). Viene intenzionalmente mantenuto semplice, principalmente in ASCII, per consentire un post-processing automatico come la traduzione e la riformattazione. I redattori ne mantengono una [versione formattata per la lettura](#). Si noti che viene integrato manualmente e può essere leggermente più datato della versione nel branch principale. (NDT: La versione formattata in italiano è facilmente ottenibile con [Pandoc](#). Cfr. [Readme.md](#)).

Le Linee-guida costituiscono un documento in continua evoluzione senza una rigida cadenza di «rilasci». Bjarne Stroustrup rivede periodicamente il documento incrementando il numero della versione nell'introduzione. [I checkin che incrementano il numero della versione](#) vengono taggati in git.

Molte delle linee-guida usano l'header unico della Guidelines Support Library. Un'implementazione è disponibile su [GSL: Guidelines Support Library](#).

CAPITOLO 2

Background e scopo

Lo scopo delle linee-guida è quello di aiutare le persone ad usare il C++ moderno in modo efficace. Per «C++ moderno» si intende il C++11 e versioni successive. In altre parole, come vorreste che fosse il vostro codice tra 5 anni, potendo iniziare adesso? E tra 10 anni?

Le linee-guida si concentrano sulle questioni di livello relativamente più alto, come le interfacce, la gestione delle risorse, la gestione della memoria e la concorrenza. Queste regole riguardano l'applicazione dell'architettura e il design della libreria. Seguire le regole porterà ad un codice staticamente type-safe, senza leak [perdite] di risorse, e che intercetta molti più errori logici di programmazione di quanto avvenga nel normale codice oggi. E girerà velocemente – ci si può permettere di fare le cose nel modo giusto.

Ci si occupa un po' meno dei problemi di basso livello, come le convenzioni sui nomi e lo stile della indentazione. Tuttavia, niente di ciò che può aiutare il programmatore è fuori luogo.

Il gruppo iniziale di regole enfatizza la sicurezza (sotto varie forme) e la semplicità. Potrebbero essere fin troppo severe. Ci si aspetta di dover introdurre più eccezioni per venire meglio incontro alle esigenze del mondo reale. Altre regole sono necessarie.

Alcune delle regole risulteranno contrarie alle proprie aspettative e persino contrarie alla propria esperienza. Se non vi abbiamo convinto a modificare in alcun modo lo stile del vostro codice, abbiamo fallito! Provate a verificare o confutare le regole! In particolare, si vorrebbe davvero avere su alcune regole un sostegno con misure ed esempi migliori.

Alcune regole risulteranno ovvie o addirittura banali. Si ricordi che lo scopo di una linea-guida è quello di aiutare qualcuno che ha meno esperienza o che proviene da un diverso background o da un diverso linguaggio, a mettersi al passo.

Le regole sono progettate per essere supportate da uno strumento di analisi. Le violazioni alle regole verranno contrassegnate con riferimenti (o link) alla regola violata. Non ci aspettiamo che memorizzate tutte le regole senza aver prima provato a scrivere il codice.

Le regole sono pensate per essere introdotte gradualmente in un codice. Per questo c'è in programma la realizzazione di tool e si spera che anche altri lo facciano.

CAPITOLO 3

Contributi e LICENZA

I commenti e i suggerimenti per migliorare sono sempre benvenuti. Si prevede di modificare ed estendere questo documento man mano che migliora la nostra comprensione, il linguaggio o l'insieme delle librerie disponibili. Ulteriori dettagli si trovano su [CONTRIBUTI](#) e LICENZA.

Grazie alla [DigitalOcean](#) per ospitare il sito web della Standard C++ Foundation.

C++ Core Guidelines

3 ottobre 2024

Editori:

- [Bjarne Stroustrup](#)
- [Herb Sutter](#) Traduzione: [Baldassarre Cesarano](#)

Questo è un documento vivo in costante miglioramento. Se fosse stato un progetto open-source (software), starebbe alla release 0.8. La copia, l'uso, la modifica e la creazione di opere derivate da questo progetto sono concesse con una licenza simile a quella del MIT. Per contribuire a questo progetto si richiede l'accettazione di una «Licenza per Collaboratori» [Contributor License]. Per i dettagli, vedere il file [LICENSE](#). Questo progetto è a disposizione degli «utenti amichevoli» per usarlo, copiarlo, modificarlo e ricavarne altri lavori, sperando in input costruttivi.

I commenti e i suggerimenti per migliorare sono sempre benvenuti. Si prevede di modificare ed estendere questo documento man mano che migliora la nostra comprensione, il linguaggio o l'insieme delle librerie disponibili. Nel commentare, si tenga presente *l'introduzione* che delinea i nostri obiettivi e l'approccio generale. L'elenco dei contributori si trova *qui*.

Problemi:

- I gruppi di regole non sono stati totalmente controllati per quanto riguarda la completezza, la consistenza e l'obbligatorietà.
- Tre punti interrogativi (???) contrassegnano la riconosciuta mancanza di informazioni
- Le sezioni dei riferimenti [reference] sono aggiornate; molte fonti antecedenti al C++11 sono troppo vecchie.
- Per un elenco più o meno aggiornato di cose da fare: *To-do: Proto-regole non classificate*

Si può leggere una spiegazione dello scopo e sulla struttura di questa Guida o semplicemente proseguire oltre:

- *In: Introduzione*
- *P: Filosofia*
- *I: Interfacce*
- *F: Funzioni*
- *C: Classi e gerarchie di classi*
- *Enum: Enumerazioni*
- *R: Gestione delle risorse*
- *ES: Espressioni e istruzioni*
- *Per: Prestazione*
- *CP: Concorrenza e parallelismo*
- *E: Gestione degli errori*
- *Con: Costanti e immutabilità*
- *T: Template e programmazione generica*
- *CPL: Programmazione C-style*
- *SF: File sorgenti*
- *SL: La Libreria Standard*

Sezioni di supporto:

- *A: Idee architettureali*
- *NR: Non-Regole e miti*
- *RF: Riferimenti*
- *Pro: Profili*
- *GSL: Libreria di Supporto alle Linee-guida*
- *NL: Suggerimenti per la nomenclatura e il layout*
- *FAQ: Risposte a domande frequenti*
- *Appendix A: Librerie*
- *Appendix B: Modernizzazione del codice*
- *Appendice C: Discussione*
- *Appendice D: Tool di supporto*
- *Glossario*
- *To-do: Proto-regole non classificate*

Si possono provare le regole per delle specifiche funzionalità del linguaggio:

- **assignment:** *tipi regolari – preferire l’inizializzazione – copia – spostamento – altre operazioni – default*
- **class:** *dato – invariante – membri – helper – tipi concreti – costruttori, =, e distruttori – gerarchia – operatori*
- **concetto:** *rules – nella programmazione generica – argomenti template – semantica*
- **costruttore:** *invariante – stabilire l’invariante – eccezioni `throw` – default – non necessario – esplicito – delegante – virtuale*
- **classe derivata:** *quando usarla – come interfaccia – distruttori – copia – getter e setter – ereditarietà multipla – overloading – slicing – `dynamic_cast`*
- **distruttore:** *e costruttori – quando è necessario? – non deve fallire*
- **eccezione:** *errori – `throw` – solo per gli errori – `noexcept` – minimizzare i `try` – e se non ci fossero eccezioni?*
- **for:** *range-for e for – for e while – for-initializer – body vuoto – variabile del loop – tipo della variabile del loop ???*
- **funzione:** *nomenclatura – operazione singola – senza `throw` – argomenti – passaggio di argomenti – valori di ritorno multipli – puntatori – lambda*
- **inline:** *piccole funzioni – negli header*
- **inizializzazione:** *sempre – preferire `{}` – lambda – inizializzatori membro di default – membri della classe – funzioni factory*
- **espressione lambda:** *quando usarla*
- **operatore:** *convenzionale – evitare la conversione degli operatori – e le lambda*
- **public, private, e protected:** *occultamento delle informazioni – consistenza – `protected`*
- **static_assert:** *controllo in fase di compilazione – e concetti*
- **struct:** *per organizzare i dati – usare se non sono invarianti – senza membri privati*
- **template:** *astrazione – contenitori – concetti*
- **unsigned:** *e signed – manipolazione dei bit*
- **virtual:** *interfacce – non `virtual` – distruttore – mai fallire*

Potete vedere le bozze dei progetti usati per esprimere le regole:

- **assertion:** ???
- **error:** ???
- **eccezione:** garanzia dell’eccezione (???)
- **failure:** ???
- **invariante:** ???
- **leak:** ???

- libreria: ???
- preconditione: ???
- post-condizione: ???
- risorsa: ???

CAPITOLO 5

Sommario

Questo documento è un insieme di linee-guida sul buon uso del C++. Lo scopo delle linee-guida è quello di aiutare le persone ad usare il C++ moderno in modo efficace. Per «C++ moderno» si intende l'uso efficace del C++ standard ISO (attualmente C++17, ma quasi tutte le raccomandazioni si applicano anche al C++17, C++14 e al C++11). In altre parole, come vorreste che fosse il vostro codice tra 5 anni, potendo iniziare adesso? E tra 10 anni?

Le linee-guida si concentrano sulle questioni di livello relativamente più alto, come le interfacce, la gestione delle risorse, la gestione della memoria e la concorrenza. Queste regole riguardano l'applicazione dell'architettura e il design della libreria. Seguire le regole porterà ad un codice staticamente type-safe, senza leak [perdite] di risorse, e che intercetta molti più errori logici di programmazione di quanto avvenga nel normale codice oggi. E girerà velocemente – ci si può permettere di fare le cose nel modo giusto.

Ci si occupa un po' meno dei problemi di basso livello, come le convenzioni sui nomi e lo stile della indentazione. Tuttavia, niente di ciò che può aiutare il programmatore è fuori luogo.

Il gruppo iniziale di regole enfatizza la sicurezza (sotto varie forme) e la semplicità. Potrebbero benissimo essere troppo severe. Ci si aspetta di dover introdurre più eccezioni per venire meglio incontro alle esigenze del mondo reale. Altre regole sono necessarie.

Alcune delle regole risulteranno contrarie alle proprie aspettative e persino contrarie alla propria esperienza. Se non vi abbiamo suggerito di modificare in alcun modo di cambiare lo stile del vostro codice, abbiamo fallito! Provate a verificare o confutare le regole! In particolare, si vorrebbe davvero avere su alcune regole un sostegno con misure ed esempi migliori.

Alcune regole risulteranno ovvie o addirittura banali. Si ricordi che lo scopo di una linea-guida è quello di aiutare qualcuno che ha meno esperienza o che proviene da un diverso background o da un diverso linguaggio, a mettersi al passo.

Molte delle regole sono progettate per essere supportate da un tool di analisi. Le violazioni alle regole verranno contrassegnate con riferimenti (o link) alla regola violata. Non ci aspettiamo

che memorizzate tutte le regole senza aver prima provato a scrivere il codice. Un modo di vedere queste linee-guida è come a una specifica per dei tool, ma leggibile dagli umani.

Le regole sono pensate per essere introdotte gradualmente in un codice. Per questo c'è in programma la realizzazione di tool e si spera che anche altri lo facciano.

I commenti e i suggerimenti per migliorare sono sempre benvenuti. Si prevede di modificare ed estendere questo documento man mano che migliora la nostra comprensione, il linguaggio o l'insieme delle librerie disponibili.

CAPITOLO 6

In: Introduzione

Questa è una serie di linee-guida basilari per il C++ moderno (attualmente il C++20 e il C++17) che tengono conto sia dei possibili futuri miglioramenti che delle ISO Technical Specifications (TS). L'obiettivo è quello di aiutare i programmatori C++ a scrivere codice più semplice, più efficiente e più manutenibile.

Sommario dell'introduzione:

- *In.target: Chi sono i lettori?*
- *In.aims: Obiettivi*
- *In.not: Non-obiettivi*
- *In.force: Imposizione*
- *In.struct: La struttura di questo documento*
- *In.sec: Sezioni principali*

6.1 In.target: Chi sono i lettori?

Tutti i programmatori C++. Tra cui *i programmatori che potrebbero prendere in considerazione il C.*

6.2 In.aims: Obiettivi

Lo scopo delle linee-guida è quello di aiutare gli sviluppatori ad adottare il C++ moderno (attualmente il C++20 e C++17) e per ottenere uno stile più uniforme nel codice.

Non ci si illude di vedere effettivamente applicate ognuna di queste regole a qualsiasi codice. L'aggiornamento dei vecchi sistemi è difficile. Tuttavia, si crede che un programma che usi una regola sia meno soggetto ad errori e più manutenibile di uno che non lo faccia. Spesso, le regole portano anche ad uno sviluppo iniziale più veloce/facile. Per quanto si sa, queste regole conducono ad un codice che funziona altrettanto bene, se non meglio, di quello più vecchio, con tecniche più convenzionali; sono pensate per seguire il principio dello «zero-overhead» («quello che non si usa, non si paga» e «quando si usa bene un meccanismo di astrazione, si ottengono almeno le stesse buone prestazioni di quelle col codice scritto manualmente utilizzando i costrutti del linguaggio di livello più basso»). Si considerino queste regole ideali per il nuovo codice, un'opportunità da sfruttare quando si lavora su vecchio codice e si tenti di avvicinarsi il più possibile a tali ideali. Da ricordare:

6.2.1 In.0: Non farsi prendere dal panico!

Ci si prenda il tempo necessario per capire le implicazioni di una regola di una linea-guida per il proprio programma.

Queste linee-guida sono progettate secondo il principio del «sottoinsieme di un insieme» (*Stroustrup05*). Non definiscono semplicemente un sottoinsieme del C++ da usare (per affidabilità, prestazioni o altro). Esse, invece, raccomandano fermamente l'uso di alcune semplici «estensioni» (*componenti della libreria*) che rendono ridondanti le funzionalità più soggette ad errori del C++, in modo che possano essere vietate (nel nostro set di regole).

Le regole enfatizzano la sicurezza del tipo statico e la sicurezza delle risorse. Per questo motivo, enfatizzano le possibilità di controllo del range, per evitare la de-referenziazione `nullptr`, per evitare il dangling [penzolamento] dei puntatori, e l'uso sistematico delle eccezioni (tramite il RAII). In parte per questo, e in parte per minimizzare la confusione nel codice come fonte di errori, le regole enfatizzano anche la semplicità e il dover nascondere la complessità necessaria dietro interfacce ben definite.

Molte delle regole sono normative. Ci si trova a disagio con regole che dicono semplicemente «non fare questo!» senza dare un'alternativa. Una conseguenza di ciò è che alcune regole possono essere supportate solo dall'euristica, anziché da controlli precisi e meccanicamente verificabili. Altre regole esprimono principi generali. Per queste regole più generali, di quelle più dettagliate e specifiche, si fornisce un controllo parziale.

Queste linee-guida riguardano il nucleo [core] del C++ e il suo utilizzo. Ci si aspetta che le maggiori organizzazioni, le specifiche aree applicative e persino i grandi progetti avranno bisogno di altre regole, forse di altre restrizioni e di un ulteriore supporto della libreria. Per esempio, i programmatori [hard-real-time] solitamente non possono usare liberamente il [free store] (memoria dinamica) e sono limitati nella scelta delle librerie. Noi incoraggiamo lo sviluppo di regole più specifiche da aggiungere a queste «core guidelines». Costruite le piccole basi della vostra libreria ideale ed usatela, anziché abbassare il livello di programmazione al glorificato codice assembly.

Le regole sono progettate per consentirne una *graduale adozione*.

Alcune regole mirano ad aumentare le varie forme di sicurezza mentre altre tendono a ridurre la probabilità di incidenti, molte fanno entrambe le cose. Le linee-guida volte alla prevenzione di incidenti spesso vietano codice C++ perfettamente legale. Tuttavia, quando ci sono due modi per esprimere un'idea e uno si è mostrato una comune fonte di errori e l'altro no, proviamo a guidare i programmatori verso quest'ultima.

6.3 In.not: Non-obiettivi

Le regole non intendono essere minime o ortogonali. In particolare, le regole generali possono essere semplici, ma impossibili da imporre. Inoltre, spesso è difficile comprendere le implicazioni di una regola generale. Regole più specializzate sono spesso più facili da capire e da applicare, ma senza regole generali si formerebbe solo un lungo elenco di casi speciali. Si forniscono regole volte ad aiutare i principianti ma anche regole a supporto degli esperti. Alcune delle regole si possono completamente imporre, ma altre sono basate sull'euristica.

Queste regole non sono pensate per essere lette in sequenza, come un libro. Si possono consultare usando i link. Tuttavia, il loro uso principale previsto è quello di essere usate per i tool. Cioè, un tool cerca le violazioni per poi restituire i link alle regole violate. Le regole quindi forniscono ragioni, esempi di potenziali conseguenze della violazione e suggeriscono rimedi.

Queste linee-guida non intendono sostituire un tutorial C++. Se serve un tutorial per un certo livello di esperienza, si consultino *i riferimenti*.

Questa non è una guida su come convertire del vecchio codice C++ in un codice più moderno. Essa ha lo scopo di articolare in modo concreto le idee per il nuovo codice. Tuttavia, si veda *la sezione sulla modernizzazione* per alcuni possibili approcci alla modernizzazione/ringiovanimento/aggiornamento. È importante sottolineare che le regole supportano l'adozione graduale: in genere è impossibile convertire completamente una grande quantità di codice in una volta sola.

Queste linee guida non sono pensate per essere complete ed esatte in ogni dettaglio tecnico-linguistico. Per l'ultima parola sui problemi di definizione del linguaggio, comprese tutte le eccezioni alle regole generali e ogni funzionalità, si veda lo standard ISO del C++.

Le regole non sono intese per obbligare a scrivere in un sottoinsieme impoverito del C++. Esse sono *enfaticamente* non intese per definire, per esempio, un sottoinsieme simil-Java del C++. Non sono intese a definire un unico «vero linguaggio C++». Apprezziamo espressività e prestazioni senza compromessi.

Le regole non sono indipendenti dal valore. Hanno lo scopo di rendere il codice più semplice e più corretto/più sicuro della maggior parte del codice C++ esistente, senza perdita di prestazioni. Hanno lo scopo di inibire del codice C++ perfettamente valido ma correlato ad errori, complessità superflua o basse prestazioni.

Le regole non sono precise al punto in cui una persona (o una macchina) le possa seguire senza riflettere. Le parti che lo impongono cercano di farlo, ma preferiremmo lasciare una regola o una definizione un po' vaga ed aperta all'interpretazione anziché specificare qualcosa di preciso e

sbagliato. A volte, la precisione arriva solo col tempo e l'esperienza. Il progetto non è (ancora) un formalismo matematico.

Le regole non sono perfette. Una regola può nuocere vietando qualcosa di utile in una determinata situazione. Una regola può nuocere non riuscendo a proibire qualcosa che apre la strada ad un errore grave in una determinata situazione. Una regola può causare molti danni essendo vaga, ambigua, inapplicabile o abilitando ogni soluzione a un problema. È impossibile soddisfare completamente il criterio del «non danneggiare». L'obiettivo, invece, è meno ambizioso: «Fai del tuo meglio per la maggior parte dei programmatori»; se non puoi vivere con una regola, contestala, ignorala, ma non diluirla fino a farle perdere di significato. Inoltre, suggerisci un miglioramento.

6.4 In.force: Imposizione

Le regole senza un'imposizione non sono gestibili per grandi basi di codice. L'imposizione di tutte le regole è possibile solo per un piccolo insieme di semplici regole o per una specifica comunità di utenti.

- Ma vogliamo molte regole e vogliamo regole che tutti possano usare.
- Ma persone diverse hanno esigenze diverse.
- Ma alle persone non piace leggere molte regole.
- Ma la gente non ricorda molte regole.

Quindi, abbiamo bisogno di una suddivisione per soddisfare le tante esigenze.

- Ma una suddivisione arbitraria porta al caos.

Vogliamo linee-guida che aiutino molte persone, rendano il codice più uniforme e incoraggino fortemente le persone a modernizzare il loro codice. Vogliamo incoraggiare le migliori pratiche, anziché lasciare tutto alle scelte individuali e alle pressioni del management. L'ideale è usare tutte le regole; questo porta i maggiori benefici.

Questo aggiunge parecchi interrogativi. Cerchiamo di risolvere quelli che utilizzano i tool. Ogni regola ha una sezione **Imposizione** [Enforcement] che elenca le idee per imporla. L'imposizione si può ottenere con la revisione del codice, l'analisi statica, col compilatore o con dei controlli durante l'esecuzione. Ove possibile, preferiamo il controllo «meccanico» (gli umani sono lenti, inaccurati e si annoiano facilmente) e quello statico. I controlli a run-time vengono suggeriti solo raramente laddove non esiste un'alternativa; non si desidera introdurre codice extra distribuito. Se opportuno, etichettiamo una regola (nelle sezioni **Imposizione**) col nome di gruppi di regole correlate (dette «profili»). Una regola può far parte di più profili o di nessuno. Per cominciare, abbiamo alcuni profili corrispondenti ai bisogni comuni (desideri, ideali):

- **type**: Nessuna violazione del tipo (reinterpretando una T come una U tramite i cast, le union o le vararg)
- **bounds**: Nessuna violazione dei limiti [bound] (accedere oltre il range di un array)

- **lifetime**: Nessun leak (non riuscire ad eseguire un `delete` o eseguire `delete` multipli) e nessun accesso ad oggetti invalidi (de-referenziazione di `nullptr`, usando un riferimento dangling [penzolante]).

I profili sono intesi per essere utilizzati dai tool, ma servono anche come aiuto per il lettore umano. Non limitiamo il nostro commento nelle sezioni **Imposizione** alle cose che sappiamo come imporre; alcuni commenti sono semplici desideri che potrebbero ispirare qualche produttore di tool.

I tool che implementano queste regole devono rispettare la sintassi seguente per sopprimere esplicitamente una regola:

```
[[gsl::suppress("tag")]]
```

e facoltativamente con un messaggio (seguendo la solita sintassi degli attributi dello standard C++11):

```
[[gsl::suppress("tag", justification: "message")]]
```

dove

- `"tag"` è una stringa letterale con il nome dell'ancora [anchor] dell'elemento in cui appare la regola di [Enforcement] (ad esempio, per *C.134* è «Rh-public»), il nome di un gruppo di regole di profilo («type», «bounds» o «lifetime»), o una regola specifica in un profilo (*type.4*, o *bounds.2*). Qualsiasi testo che non rientri tra questi dovrebbe essere rigettato.
- `"message"` è una stringa letterale

6.5 In.struct: La struttura di questo documento

Ogni regola (linea-guida, suggerimento) può avere diverse parti:

- La regola stessa – p.es., **nessun semplice new**
- Un numero di riferimento alla regola – p.es., **C.7** (la regola 7 relativa alle classi). Poiché le sezioni principali non sono intrinsecamente ordinate, utilizziamo le lettere come prima parte del «numero» di riferimento della regola. Lasciamo dei salti nella numerazione per ridurre al minimo le «interruzioni» nell'aggiungere o rimuovere regole.
- **Motivi** (ragioni, razionale, logica) – perché i programmatori hanno difficoltà a seguire regole che non capiscono
- **Esempi** – perché le regole sono difficili da capire in astratto; può essere positivo o negativo
- **Alternative** – per le regole del tipo «da non fare»
- **Eccezioni** – preferiamo semplici regole generali. Tuttavia, molte regole si applicano ampiamente, ma non universalmente, quindi è necessario elencare le eccezioni
- **Imposizione** – idee su come la regola potrebbe essere controllata «meccanicamente»
- **Si veda anche** – riferimenti a regole correlate e/o ulteriori discussioni (in questo documento o altrove)

- **Note** (commenti) – qualcosa che deve essere detto e che non rientra nelle altre classificazioni
- **Discussione** – riferimenti a motivazioni più ampie e/o esempi posti al di fuori delle liste principali di regole

Alcune regole sono difficili da verificare meccanicamente, ma tutte soddisfano i criteri minimi con cui un esperto programmatore possa individuare molte violazioni senza troppi problemi. Si spera che i tool «meccanici» migliorino col tempo per approssimare quello che nota un programmatore esperto. Si assume, inoltre, che le regole vengano perfezionate nel tempo per renderle più precise e verificabili.

Una regola mira ad essere semplice, piuttosto che essere ben formulata menzionando ogni caso alternativo e speciale. Tali informazioni si trovano nei paragrafi **Alternativa** e nelle sezioni *Discussione*. Se non si capisce una regola o non la si condivide, se ne visita la **Discussione**. Se si ritiene che manchi una discussione o sia incompleta, si inserisce un **Issue** [problema] spiegando le proprie motivazioni e possibilmente una corrispondente PR [Pull Request].

Gli esempi sono scritti per illustrare le regole.

- Gli esempi non pretendono di avere una qualità da produzione né intendono sostituire i vari tutorial. Per esempio, molti esempi sono tecnico-linguistici ed usano nomi come `f`, `base` e `x`.
- Cerchiamo di assicurarci che i «buoni» esempi seguano le «Core Guidelines».
- I commenti che illustrano le regole spesso sarebbero inutili e/o distraenti in un «codice reale».
- Si presuppone la conoscenza della libreria standard. Per esempio, usiamo il semplice `vector` anziché `std::vector`.

Questo non è un manuale del linguaggio. È pensato per essere utile, anziché completo, accuratissimo sui dettagli tecnici, o una guida al codice esistente. Le fonti di informazioni consigliate sono disponibili nei *riferimenti*.

6.6 In.sec: Sezioni principali

- *In: Introduzione*
- *P: Filosofia*
- *I: Interfacce*
- *F: Funzioni*
- *C: Classi e gerarchie di classi*
- *Enum: Enumerazioni*
- *R: Gestione delle risorse*
- *ES: Espressioni e istruzioni*
- *Per: Prestazione*

- *CP: Concorrenza e parallelismo*
- *E: Gestione degli errori*
- *Con: Costanti e immutabilità*
- *T: Template e programmazione generica*
- *CPL: Programmazione C-style*
- *SF: File sorgenti*
- *SL: La Libreria Standard*

Sezioni di supporto:

- *A: Idee architettureali*
- *NR: Non-Regole e miti*
- *RF: Riferimenti*
- *Pro: Profili*
- *GSL: Libreria di Supporto alle Linee-guida*
- *NL: Suggerimenti per la nomenclatura e il layout*
- *FAQ: Risposte a domande frequenti*
- *Appendix A: Librerie*
- *Appendix B: Modernizzazione del codice*
- *Appendice C: Discussione*
- *Appendice D: Tool di supporto*
- *Glossario*
- *To-do: Proto-regole non classificate*

Queste sezioni non sono ortogonali.

Ogni sezione (p.es., «P» per «Filosofia») e ogni sottosezione (p.es., «C.hier» per «Gerarchie di classi (OOP)») ha un'abbreviazione per facilitarne la ricerca ed il riferimento. Le abbreviazioni della sezione principale sono utilizzate anche nei numeri delle regole (p.es., «C.11» per «Rendere concreti i tipi regolari»).

CAPITOLO 7

P: Filosofia

Le regole in questa sezione sono molto generali.

Riepilogo delle regole sulla Filosofia:

- *P.1: Esprimere le idee direttamente nel codice*
- *P.2: Scrivere in C++ Standard ISO*
- *P.3: Esprimere le intenzioni*
- *P.4: Idealmente, un programma dovrebbe essere staticamente «type safe»*
- *P.5: Preferire il controllo durante la compilazione a quello durante l'esecuzione*
- *P.6: Ciò che non può essere verificato in fase di compilazione dovrebbe essere verificabile in fase di esecuzione*
- *P.7: Rilevare gli errori prima al run-time*
- *P.8: Non perdere alcuna risorsa [leak]*
- *P.9: Non sprecare tempo o spazio*
- *P.10: Preferire dati immutabili ai dati mutabili*
- *P.11: Incapsulare costrutti disordinati, anziché distribuirli nel codice*
- *P.12: Usare tool appropriati*
- *P.13: Usare librerie di supporto appropriate*

Le regole filosofiche non sono generalmente controllabili meccanicamente. Tuttavia, sono le singole regole che riflettono questi temi filosofici. Senza una base filosofica, le regole più concrete/specifiche/verificabili mancano di logica.

7.1 P.1: Esprimere le idee direttamente nel codice

7.1.1 Motivo

I compilatori non leggono i commenti (né i documenti dei progetti) e nemmeno molti programmatori (coerentemente). Ciò che è espresso nel codice ne ha definito la semantica e (in linea di principio) può essere verificato da compilatori e altri strumenti.

7.1.2 Esempio

```
class Date {  
public:  
    Month month() const;    // do  
    int month();            // don't  
    // ...  
};
```

La prima dichiarazione di `month` è esplicita sul fatto che restituisce un `Month` e che non modifica lo stato dell'oggetto `Date`. La seconda versione lascia indovinare al lettore e si espone a più possibilità di bug non rilevati.

7.1.3 Esempio, cattivo

Questo loop è una versione ridotta di `std::find`:

```
void f(vector<string>& v)  
{  
    string val;  
    cin >> val;  
    // ...  
    int index = -1;                // bad, plus should use ↪gsl::index  
    ↪gsl::index  
    for (int i = 0; i < v.size(); ++i) {  
        if (v[i] == val) {  
            index = i;  
            break;  
        }  
    }  
    // ...  
}
```

7.1.4 Esempio, buono

Un'espressione di intenti molto più chiara sarebbe:

```
void f(vector<string>& v)
{
    string val;
    cin >> val;
    // ...
    auto p = find(begin(v), end(v), val); // better
    // ...
}
```

Una libreria ben progettata esprime l'intento (cosa si deve fare, piuttosto che come si sta facendo qualcosa) molto meglio dell'uso diretto delle funzionalità del linguaggio.

Un programmatore C++ dovrebbe conoscere le basi della libreria standard e usarla dove appropriato. Qualsiasi programmatore dovrebbe conoscere le basi delle librerie fondamentali del progetto su cui si sta lavorando e usarle in modo appropriato. Qualsiasi programmatore che utilizza queste linee-guida deve conoscere la *guidelines support library* [Libreria di Supporto delle linee-guida] e usarla in modo appropriato.

7.1.5 Esempio

```
change_speed(double s); // bad: what does s signify?
// ...
change_speed(2.3);
```

Un approccio migliore deve essere esplicito sul significato del double (nuova velocità o delta rispetto alla velocità precedente?) e all'unità di misura usata:

```
change_speed(Speed s); // better: the meaning of s is specified
// ...
change_speed(2.3);      // error: no unit
change_speed(23_m / 10s); // meters per second
```

Avremmo potuto accettare un semplice double (senza unità di misura) come delta, ma sarebbe stato soggetto a errori. Se avessimo voluto sia la velocità assoluta che i delta, avremmo definito un tipo Delta.

7.1.6 Imposizione

In generale molto difficile.

- usare `const` in modo coerente (controllare se le funzioni membro modificano il loro oggetto; controllare se le funzioni modificano gli argomenti passati per puntatore o per riferimento)
- scarso uso dei cast (cast di sistema di tipo neutro)
- rilevare il codice che imita la libreria standard (difficile)

7.2 P.2: Scrivere in C++ Standard ISO

7.2.1 Motivo

Questo è un insieme di linee-guida per la scrittura secondo il C++ Standard ISO.

7.2.2 Nota

Esistono ambienti in cui sono necessarie estensioni, ad esempio per accedere alle risorse di sistema. In questi casi, localizzare l'uso delle estensioni necessarie e controllarne l'uso con le Coding Guidelines non-core. Se possibile, creare interfacce che incapsolino le estensioni in modo che possano essere disattivate e compilate su sistemi che non supportano tali estensioni.

Le estensioni spesso non hanno una semantica rigorosamente definita. Anche le estensioni comuni o implementate da più compilatori potrebbero avere comportamenti leggermente diversi e un diverso comportamento del caso limite come diretta conseguenza del *non* avere una definizione standard rigorosa. Con un sufficiente uso di una di queste estensioni, ci si dovrà aspettare un impatto sulla portabilità.

7.2.3 Nota

L'uso di un C++ ISO valido non ne garantisce la portabilità (per non parlare della correttezza). Evitare la dipendenza dai comportamenti indefiniti (p.es., *ordine di valutazione indefinito*) ed essere consapevoli dei costrutti con significato definito dall'implementazione (p.es., `sizeof(int)`).

7.2.4 Nota

Esistono ambienti in cui sono necessarie restrizioni sull'uso del linguaggio C++ standard e o delle funzionalità di libreria, p.es., per evitare l'allocazione dinamica della memoria come richiesto dagli standard del software di controllo degli aerei. In questi casi, controllarne l'uso con un'estensione a queste «Coding Guidelines» personalizzate per lo specifico ambiente.

7.2.5 Imposizione

Utilizzare un compilatore C++ aggiornato (attualmente C++20 o C++17) con una serie di opzioni che non accettano le estensioni.

7.3 P.3: Esprimere le intenzioni

7.3.1 Motivo

A meno che non venga dichiarato l'intento di parte del codice (p.es., nei nomi o nei commenti), è impossibile stabilire se il codice fa quello che dovrebbe fare.

7.3.2 Esempio

```
gsl::index i = 0;
while (i < v.size()) {
    // ... do something with v[i] ...
}
```

Lo scopo del «solo» ciclare sugli elementi di `v` qui non è espresso. I dettagli di implementazione di un indice sono esposti (quindi se ne può abusare), e `i` sopravvive allo scope del ciclo, che potrebbe o meno essere voluto. Il lettore non può capire solo da questo pezzo di codice.

Meglio:

```
for (const auto& x : v) { /* do something with the value of x */ }
```

Ora, non vi è alcuna menzione esplicita del meccanismo di iterazione e il ciclo opera su un riferimento `const` agli elementi in modo che non possano verificarsi modifiche accidentali. Se si desidera la modifica, si scrive così:

```
for (auto& x : v) { /* modify x */ }
```

Per ulteriori dettagli dell'istruzione `for`, cfr. *ES.71*. Talvolta è meglio usare un algoritmo predefinito con nome significativo. Questo esempio usa il `for_each` per i Range TS perché esprime direttamente lo scopo:

```
for_each(v, [](int x) { /* do something with the value of x */ });  
for_each(par, v, [](int x) { /* do something with the value of x */ });
```

L'ultima variante chiarisce che non si è interessati all'ordine con cui vengono gestiti gli elementi di `v`.

Un programmatore dovrebbe avere familiarità con

- *Libreria di Supporto alle Linee-guida*
- *La Libreria Standard C++ ISO*
- Qualunque libreria fondamentale si usi nel progetto corrente

7.3.3 Nota

Formula alternativa: dire cosa dovrebbe essere fatto, anziché solamente come lo si dovrebbe fare.

7.3.4 Nota

Alcuni costrutti del linguaggio esprimono le intenzioni meglio di altri.

7.3.5 Esempio

Se due `int` sono pensati per rappresentare le coordinate di un punto 2D, lo si dica:

```
draw_line(int, int, int, int); // obscure: (x1,y1,x2,y2)? (x,y,h,w)? .  
→...?                               // need to look up documentation to_  
→know  
  
draw_line(Point, Point); // clearer
```

7.3.6 Imposizione

Cercare schemi comuni per i quali esistono alternative migliori

- semplici cicli `for` rispetto ai cicli `range-for`
- interfacce `f(T*, int)` rispetto a interfacce `f(span<T>)`
- variabili dei loop in uno scope troppo ampio
- direttamente `new` e `delete`
- funzioni con molti parametri di tipi nativi

Vi è un ampio margine per l'intelligenza e una trasformazione semi-automatica del programma.

7.4 P.4: Idealmente, un programma dovrebbe essere staticamente type safe

7.4.1 Motivo

Idealmente, un programma dovrebbe essere completamente staticamente (durante la compilazione) type safe. Sfortunatamente, ciò non è possibile. Le aree problematiche sono:

- union
- cast
- decadimento di array [array decay]
- errori dei range
- Conversioni con riduzione [narrowing conversions]

7.4.2 Nota

Queste aree sono fonte di gravi problemi (p.es., crash e violazioni della sicurezza). Cerchiamo di fornire tecniche alternative.

7.4.3 Imposizione

Possiamo vietare, limitare o rilevare le singole categorie di problemi separatamente, come richiesto e fattibile per i singoli programmi. Suggerire sempre un'alternativa. Per esempio:

- unioni – usare `variant` (in C++17)
- cast – minimizzarne l'uso; i template possono aiutare
- array decay – usare `span` (dalle GSL)
- errori range – usare `span`
- conversioni narrowing – minimizzarne l'uso utilizzando `narrow` o `narrow_cast` (dalle GSL) dove sono necessarie

7.5 P.5: Preferire il controllo durante la compilazione a quello durante l'esecuzione

7.5.1 Motivo

Chiarezza del codice e prestazioni. Non è necessario scrivere «error handler» per gli errori rilevati durante la compilazione.

7.5.2 Esempio

```
// Int is an alias used for integers
int bits = 0;           // don't: avoidable code
for (Int i = 1; i; i <= 1)
    ++bits;
if (bits < 32)
    cerr << "Int too small\n";
```

Questo esempio non riesce a fare ciò che sta cercando di fare (perché l'overflow è indefinito) e lo si dovrebbe sostituire con un semplice `static_assert`:

```
// Int is an alias used for integers
static_assert(sizeof(Int) >= 4);    // do: compile-time check
```

O, meglio ancora, basta usare il sistema dei tipi e sostituire `Int` con `int32_t`.

7.5.3 Esempio

```
void read(int* p, int n);    // read max n integers into *p

int a[100];
read(a, 1000);              // bad, off the end
```

Meglio

```
void read(span<int> r); // read into the range of integers r

int a[100];
read(a);                // better: let the compiler figure out the number of
↳elements
```

Formula alternativa: Non rimandare al tempo dell'esecuzione ciò che si può fare bene in fase di compilazione.

7.5.4 Imposizione

- Cercare gli argomenti puntatori.
- Cercare i check a run-time per le violazioni di range.

7.6 P.6: Ciò che non può essere verificato in fase di compilazione dovrebbe essere verificabile in fase di esecuzione

7.6.1 Motivo

Lasciare errori difficili-da-rilevare in un programma espone a crash e risultati sbagliati.

7.6.2 Nota

Idealmente, si rilevano tutti gli errori (quelli che non sono errori logici del programmatore) in fase di compilazione o di esecuzione. È impossibile rilevare tutti gli errori in fase di compilazione e spesso non è conveniente rilevare tutti gli altri errori in fase di esecuzione. Tuttavia, si dovrebbe cercare di scrivere programmi che in linea di principio possano essere controllati, con sufficienti risorse (programmi di analisi, controlli a run-time, risorse-macchina, tempo).

7.6.3 Esempio, cattivo

```
// separately compiled, possibly dynamically loaded
extern void f(int* p);

void g(int n)
{
    // bad: the number of elements is not passed to f()
    f(new int[n]);
}
```

Qui, una parte cruciale delle informazioni (il numero degli elementi) è stato così accuratamente «oscurato» che l'analisi statica probabilmente non lo rileva e il controllo dinamico può risultare difficile quando `f()` è parte di un ABI [Application Binary Interface] che non fa «esaminare» questo puntatore. Si potrebbero includere informazioni utili nel [free store], ma richiederebbe modifiche globali e forse al compilatore. Quello che abbiamo qui è un progetto che rende molto difficile il rilevamento degli errori.

7.6.4 Esempio, cattivo

Ovviamente si può passare il numero di elementi insieme al puntatore:

```
// separately compiled, possibly dynamically loaded
extern void f2(int* p, int n);

void g2(int n)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
{
    f2(new int[n], m); // bad: a wrong number of elements can be
    ↪passed to f()
}
```

Passare il numero di elementi come argomento è meglio (e molto più comune) che passare solo il puntatore e fare affidamento su una convenzione (non dichiarata) per conoscere o scoprire il numero di elementi. Tuttavia (come mostrato), un semplice errore di battitura può introdurre un grave errore. La connessione tra i due argomenti di `f2()` è convenzionale, anziché esplicita.

Inoltre, è implicito che `f2()` dovrebbe eseguire un `delete` del suo argomento (o il chiamante ha fatto un secondo errore?).

7.6.5 Esempio, cattivo

I puntatori di gestione della libreria standard non riescono a passare la dimensione quando puntano ad un oggetto:

```
// separately compiled, possibly dynamically loaded
// NB: this assumes the calling code is ABI-compatible, using a
// compatible C++ compiler and the same stdlib implementation
extern void f3(unique_ptr<int[]>, int n);

void g3(int n)
{
    f3(make_unique<int[]>(n), m); // bad: pass ownership and size
    ↪separately
}
```

7.6.6 Esempio

Si deve passare il puntatore e il numero di elementi come un unico oggetto:

```
extern void f4(vector<int>&); // separately compiled, possibly
    ↪dynamically loaded
extern void f4(span<int>); // separately compiled, possibly
    ↪dynamically loaded
                                // NB: this assumes the calling code
    ↪is ABI-compatible, using a
                                // compatible C++ compiler and the
    ↪same stdlib implementation

void g3(int n)
{
    vector<int> v(n);
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
f4(v);                // pass a reference, retain ownership
f4(span<int>{v});      // pass a view, retain ownership
}
```

Questo progetto porta il numero di elementi come parte integrata di un oggetto, quindi gli errori sono improbabili e il controllo dinamico (a run-time) è sempre possibile, se non sempre conveniente.

7.6.7 Esempio

Come possiamo trasferire sia la proprietà [ownership] che tutte le informazioni necessarie a validarne l'uso?

```
vector<int> f5(int n)    // OK: move
{
    vector<int> v(n);
    // ... initialize v ...
    return v;
}

unique_ptr<int[]> f6(int n)    // bad: loses n
{
    auto p = make_unique<int[]>(n);
    // ... initialize *p ...
    return p;
}

owner<int*> f7(int n)    // bad: loses n and we might forget to delete
{
    owner<int*> p = new int[n];
    // ... initialize *p ...
    return p;
}
```

7.6.8 Esempio

- ???
- mostrare come dei possibili check sono evitati dalle interfacce che passano classi base polimorfiche, quando in effetti sanno di cosa hanno bisogno? O le stringhe come opzioni «free-style»

7.6.9 Imposizione

- Segnalare interfacce di tipo (puntatore, conteggio) (ciò evidenzierà un sacco di esempi che non si possono aggiustare per una questione di compatibilità)
- ???

7.7 P.7: Rilevamento degli errori a run-time all'inizio

7.7.1 Motivo

Evitare i crash «misteriosi». Evitare errori che portano a risultati sbagliati (forse non riconosciuti).

7.7.2 Esempio

```
void increment1(int* p, int n)    // bad: error-prone
{
    for (int i = 0; i < n; ++i) ++p[i];
}

void use1(int m)
{
    const int n = 10;
    int a[n] = {};
    // ...
    increment1(a, m);    // maybe typo, maybe m <= n is supposed
                        // but assume that m == 20
    // ...
}
```

Qui abbiamo fatto un piccolo errore in `use1` che porterà a dei dati corrotti o a un crash. L'interfaccia di tipo (puntatore, conteggio) lascia `increment1()` senza un modo realistico per potersi difendere da errori out-of-range. Se si potessero controllare gli indici per l'accesso oltre i limiti, allora l'errore non verrebbe scoperto finché non si accedesse a `p[10]`. Si potrebbe controllare in anticipo migliorando il codice:

```
void increment2(span<int> p)
{
    for (int& x : p) ++x;
}

void use2(int m)
{
    const int n = 10;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

int a[n] = {};
// ...
increment2({a, m});    // maybe typo, maybe m <= n is supposed
// ...
}

```

Ora, $m \leq n$ si può verificare nel punto della chiamata (in anticipo) anziché dopo. Se fosse stato solo un errore di battitura intendendo usare n come limite, il codice si potrebbe ulteriormente semplificare (eliminando la possibilità di un errore):

```

void use3(int m)
{
    const int n = 10;
    int a[n] = {};
    // ...
    increment2(a);    // the number of elements of a need not be
↳repeated
    // ...
}

```

7.7.3 Esempio, cattivo

Non controllare ripetutamente lo stesso valore. Non passare dati strutturati come stringhe:

```

Date read_date(istream& is);    // read date from istream

Date extract_date(const string& s);    // extract date from string

void user1(const string& date)    // manipulate date
{
    auto d = extract_date(date);
    // ...
}

void user2()
{
    Date d = read_date(cin);
    // ...
    user1(d.to_string());
    // ...
}

```

La data viene validata due volte (dal costruttore `Date`) e passata come stringa di caratteri (dati non strutturati).

7.7.4 Esempio

L'eccesso di controlli può essere costoso. Ci sono casi in cui il controllo anticipato è inefficiente perché si potrebbe non aver mai bisogno del valore o se ne potrebbe aver bisogno solo di una parte che sia più facile da testare rispetto all'intero valore. Allo stesso modo, non aggiungere controlli di validità che cambiano il comportamento asintotico della propria interfaccia (p.es., non aggiungere un check $O(n)$ ad un'interfaccia con una complessità media di $O(1)$).

```
class Jet {    // Physics says:  $e * e < x * x + y * y + z * z$ 
    float x;
    float y;
    float z;
    float e;
public:
    Jet(float x, float y, float z, float e)
        :x(x), y(y), z(z), e(e)
    {
        // Should I check here that the values are physically
        ↪meaningful?
    }

    float m() const
    {
        // Should I handle the degenerate case here?
        return sqrt(x * x + y * y + z * z - e * e);
    }

    ???
};
```

La legge fisica per un jet ($e * e < x * x + y * y + z * z$) non è un'invariante a causa della possibilità di errori di misura.

???

7.7.5 Imposizione

- Cercare puntatori ed array: Eseguire un preventivo controllo del range e non ripetutamente
- Cercare le conversioni: Eliminare o segnare le conversioni [narrowing]
- Cercare i valori non controllati provenienti dall'input
- Cercare i dati strutturati (oggetti o classi con degli invarianti) che vengono convertiti in stringhe
- ???

7.8 P.8: Non perdere alcuna risorsa [leak]

7.8.1 Motivo

Anche una poco crescente richiesta di risorse, col tempo, ne esaurirà la disponibilità. Questo è particolarmente importante per i programmi che girano a lungo, ma è un elemento essenziale del comportamento responsabile della programmazione.

7.8.2 Esempio, cattivo

```
void f(char* name)
{
    FILE* input = fopen(name, "r");
    // ...
    if (something) return;    // bad: if something == true, a file
    ↪handle is leaked
    // ...
    fclose(input);
}
```

Preferire il *RAII*:

```
void f(char* name)
{
    ifstream input {name};
    // ...
    if (something) return;    // OK: no leak
    // ...
}
```

Si veda anche: *La sezione Gestione delle risorse*

7.8.3 Nota

Un leak è colloquialmente «qualsiasi cosa che non viene pulito». La classificazione più importante è «tutto ciò che non può più essere ripulito». Per esempio, allocare un oggetto sull'heap e poi perdere l'ultimo puntatore che punta a tale allocazione. Questa regola non dovrebbe essere presa come obbligatoria, perché tutte le allocazioni di oggetti di lunga durata devono essere restituite alla chiusura del programma. Per esempio, affidarsi al cleanup garantito dal sistema, come la chiusura del file o la deallocazione della memoria all'arresto del processo, può semplificare il codice. Tuttavia, fare affidamento su astrazioni che ripuliscono implicitamente può essere altrettanto semplice e spesso più sicuro.

7.8.4 Nota

Imporre *il profilo di sicurezza a tutto il ciclo di vita* elimina i leak. Se combinato con la sicurezza delle risorse fornita dal *RAII*, elimina la necessità di «garbage collection» (non generando garbage [immondizia]). Combinarlo con l'applicazione dei *profili di tipo e bound* ottenendo una completa sicurezza sui tipi e sulle risorse, garantita dai tool.

7.8.5 Imposizione

- Cercare i puntatori: Classificarli in non-proprietari (il default) e proprietari [owner]. Laddove possibile, sostituire i proprietari con handle di risorse della libreria standard (come nell'esempio precedente). In alternativa, contrassegnare un proprietario come tale utilizzando owner dalla *GSL*.
- Cercare i new e i delete
- Cercare le funzioni note di allocazione delle risorse che restituiscono puntatori semplici (come fopen, malloc e strdup)

7.9 P.9: Non sprecare tempo o spazio

7.9.1 Motivo

Questo è il C++.

7.9.2 Nota

Il tempo e lo spazio spesi bene per raggiungere un obiettivo (p.es., rapidità nello sviluppo, sicurezza delle risorse, o semplificazione dei test) non vengono persi. «Un altro vantaggio della ricerca dell'efficienza è che il processo costringe a comprendere il problema in modo più approfondito». - Alex Stepanov

7.9.3 Esempio, cattivo

```
struct X {  
    char ch;  
    int i;  
    string s;  
    char ch2;  
  
    X& operator=(const X& a);  
    X(const X&);  
};
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

X waste(const char* p)
{
    if (!p) throw Nullptr_error{};
    int n = strlen(p);
    auto buf = new char[n];
    if (!buf) throw Allocation_error{};
    for (int i = 0; i < n; ++i) buf[i] = p[i];
    // ... manipulate buffer ...
    X x;
    x.ch = 'a';
    x.s = string(n);    // give x.s space for *p
    for (gsl::index i = 0; i < x.s.size(); ++i) x.s[i] = buf[i];    //
    ↪copy buf into x.s
    delete[] buf;
    return x;
}

void driver()
{
    X x = waste("Typical argument");
    // ...
}

```

Sì, questa è una caricatura, ma abbiamo visto ognuno di questi errori in codice di produzione, e anche di peggio. Si noti che il layout di `X` garantisce la perdita di almeno 6 byte (e molto probabilmente di più). La definizione spuria delle operazioni di copia disabilita la semantica del move rallentando l'operazione di ritorno (si noti che il Return Value Optimization [Ottimizzazione del Valore di Ritorno], RVO, qui non è garantita). L'uso di `new` e `delete` per `buf` è ridondante; se c'è davvero bisogno di una stringa locale, si dovrebbe usare una `string`. Ci sono molti altri bug prestazionali e complicazioni gratuite.

7.9.4 Esempio, cattivo

```

void lower(zstring s)
{
    for (int i = 0; i < strlen(s); ++i) s[i] = tolower(s[i]);
}

```

Questo è in effetti un esempio di un codice di produzione. Possiamo vedere che nelle nostre condizioni abbiamo `i < strlen(s)`. Questa espressione verrà valutata su ogni iterazione del ciclo, il che significa che `strlen` deve scorrere la stringa in ogni ciclo per scoprirne la lunghezza. Mentre il contenuto della stringa cambia, si presume che `tolower` non ne influenzerà la lunghezza, quindi è meglio memorizzare nella cache la lunghezza all'esterno del ciclo e non sostenere il costo a ogni iterazione.

7.9.5 Nota

Un singolo esempio di spreco è raramente significativo e, laddove lo fosse, viene in genere facilmente eliminato da un esperto. Tuttavia, gli sprechi diffusi su tutto il codice possono diventare facilmente significativi e gli esperti non sono sempre disponibili come si vorrebbe. Lo scopo di questa regola (e le regole più specifiche che la supportano) è quello di eliminare la maggior parte degli sprechi sull'uso del C++ prima che avvengano. Successivamente, si possono esaminare gli sprechi relativi agli algoritmi e ai requisiti, ma questo va oltre lo scopo di queste linee-guida.

7.9.6 Imposizione

Molte regole più specifiche mirano agli obiettivi generali della semplicità e dell'eliminazione di sprechi.

- Contrassegnare un valore di ritorno inutilizzato da una funzione postfix «definita dall'utente, non-di-default» `operator++` o `operator--` function. Preferire invece l'uso della forma prefissa. (Nota: «Definita dall'utente, non-di-default» ha lo scopo di ridurre la confusione. Rivedere questa imposizione se si rivela ancora confusa nella pratica).

7.10 P.10: Preferire dati immutabili ai dati mutabili

7.10.1 Motivo

È più facile ragionare sulle costanti che sulle variabili. Qualcosa di immutabile non può cambiare inaspettatamente. A volte l'immutabilità consente una migliore ottimizzazione. Non si può avere un conflitto su una costante.

Vedere *Con: Costanti e immutabilità*

7.11 P.11: Incapsulare costrutti disordinati, anziché distribuirli nel codice

7.11.1 Motivo

Il codice disordinato ha maggiori probabilità di nascondere bug ed è più difficile da scrivere. Una buona interfaccia è più semplice e sicura da usare. Codice disordinato, e di basso livello, genera più codice.

7.11.2 Esempio

```
int sz = 100;
int* p = (int*) malloc(sizeof(int) * sz);
int count = 0;
// ...
for (;;) {
    // ... read an int into x, exit loop if end of file is reached ...
    // ... check that x is valid ...
    if (count == sz)
        p = (int*) realloc(p, sizeof(int) * sz * 2);
    p[count++] = x;
    // ...
}
```

Questo è di basso livello, prolisso e soggetto a errori. Per esempio, si «dimentica» di testare l'esaurimento della memoria. Invece, si potrebbe usare `vector`:

```
vector<int> v;
v.reserve(100);
// ...
for (int x; cin >> x; ) {
    // ... check that x is valid ...
    v.push_back(x);
}
```

7.11.3 Nota

Le librerie standard e la GSL sono esempi di questa filosofia. Ad esempio, invece di fare confusione con le matrici, le union, i cast, i problemi coi cicli di vita, `gsl::owner`, ecc., che sono necessari per implementare astrazioni chiave, come `vector`, `span`, `lock_guard` e `future`, si usano le librerie progettate ed implementate da gente con molto più tempo ed esperienza di quanto solitamente si ha. Allo stesso modo, possiamo e dobbiamo progettare e implementare librerie più specializzate, piuttosto che lasciare agli utenti (spesso a noi stessi) il compito di ottenere ripetutamente un buon codice di basso livello. Questa è una variante del *principio del sottoinsieme di un insieme* che sta alla base di queste linee-guida.

7.11.4 Imposizione

- Cercare il «codice disordinato» come la gestione complessa di un puntatore e casting al di fuori dell'implementazione delle astrazioni.

7.12 P.12: Usare tool appropriati

7.12.1 Motivo

Ci sono molte cose che vengono fatte meglio «dalla macchina». I computer non si stancano né si annoiano a causa delle attività ripetitive. In genere abbiamo cose migliori da fare rispetto a svolgere ripetutamente attività di routine.

7.12.2 Esempio

Far girare un analizzatore statico per verificare che il codice segua le linee-guida che si desidera che seguano.

7.12.3 Nota

Cfr.

- [Tool di analisi statica](#)
- [Tool sulla concorrenza](#)
- [Tool per il test](#)

Esistono molti altri tipi di strumenti, come repository di sorgenti, tool per la compilazione, ecc., ma questi vanno oltre lo scopo di queste linee-guida.

7.12.4 Nota

Fare attenzione a non dipendere da catene di tool troppo elaborati o troppo specializzati. Potrebbero rendere il codice non-portabile.

7.13 P.13: Usare librerie di supporto appropriate

7.13.1 Motivo

L'uso di una libreria ben progettata, ben documentata e ben supportata consente di risparmiare tempo e fatica; tali qualità e documentazione sono probabilmente maggiori di quelle che si potrebbe fare se la maggior parte del tempo si dovesse impiegare in un'implementazione. Il costo (tempo, fatica, denaro, ecc.) di una libreria può essere suddiviso tra molti utenti. È più probabile che una libreria largamente utilizzata venga mantenuta aggiornata e trasferita su nuovi sistemi rispetto a una singola applicazione. La conoscenza di una biblioteca ampiamente utilizzata può far risparmiare tempo su altri/futuri progetti. Pertanto, se esiste una libreria adatta per il dominio dell'applicazione, utilizzarla.

7.13.2 Esempio

```
std::sort(begin(v), end(v), std::greater<>());
```

A meno che non si sia un esperto di algoritmi di ordinamento e si abbia un sacco di tempo, è più probabile che sia corretto e che funzioni più velocemente di qualsiasi cosa si scriva per un'applicazione specifica. È necessario un motivo per non utilizzare la libreria standard (o qualsiasi libreria di base utilizzata dall'applicazione) piuttosto che un motivo per utilizzarla.

7.13.3 Nota

Per default usare

- *La Libreria Standard C++ ISO*
- *La Libreria di Supporto alle Linee-guida*

7.13.4 Nota

Se non esiste una libreria ben progettata, ben documentata e ben supportata per un dominio importante, forse si dovrebbe progettare e implementarla, per poi utilizzarla.

I: Interfacce

Un'interfaccia è un contratto tra due parti di un programma. Indica con precisione cosa ci si aspetta da un fornitore di un servizio e un utente per cui quel servizio è essenziale. Avere buone interfacce (di facile comprensione, che ne incoraggino un uso efficiente, non soggette a errori, col supporto di test, ecc.) è probabilmente il solo aspetto più importante dell'organizzazione del codice.

Riepilogo delle regole sulle interfacce:

- *I.1: Rendere esplicite le interfacce*
- *I.2: Evitare variabili globali non-const*
- *I.3: Evitare i singleton*
- *I.4: Creare interfacce precisamente e fortemente tipizzate*
- *I.5: Precondizioni dello stato (se c'è)*
- *I.6: Preferire `Expects()` per esprimere le precondizioni*
- *I.7: Postcondizioni dello stato*
- *I.8: Preferire `Ensures()` per esprimere le postcondizioni*
- *I.9: Se un'interfaccia è un template, documentarne i parametri usando i concetti*
- *I.10: Usare le eccezioni per segnalare un errore nell'eseguire un compito richiesto*
- *I.11: Mai trasferire la proprietà con un semplice puntatore (`T*`) o un riferimento (`T&`)*
- *I.12: Dichiarare un puntatore che non dev'essere null con `not_null`*
- *I.13: Non passare un array come singolo puntatore*
- *I.22: Evitare complesse inizializzazioni di oggetti globali*
- *I.23: Mantenere basso il numero degli argomenti di una funzione*

- *I.24: Evitare parametri adiacenti che possono essere invocati dagli stessi argomenti in qualsiasi ordine con un diverso significato*
- *I.25: Preferire classi astratte vuote come interfacce alle gerarchie di classi*
- *I.26: Se si vuole un cross-compiler ABI, si usi un sottoinsieme in stile C*
- *I.27: Per una libreria ABI stabile, si consideri l'idioma Pimpl*
- *I.30: Incapsulare le violazioni alla regola*

Si veda anche:

- *F: Funzioni*
- *C.concrete: Tipi concreti*
- *C.hier: Gerarchie di classi*
- *C.over: Overloading e operatori overloaded*
- *C.con: Contenitori ed altri gestori di risorse*
- *E: Gestione degli errori*
- *T: Template e programmazione generica*

8.1 I.1: Rendere esplicite le interfacce

8.1.1 Motivo

Correttezza. I presupposti non indicati in un'interfaccia sono facilmente trascurati e difficili da testare.

8.1.2 Esempio, cattivo

Il controllo del comportamento di una funzione attraverso una variabile globale (scope del namespace) (una modalità di chiamata) è implicita e potenzialmente confusa. Per esempio:

```
int round(double d)
{
    return (round_up) ? ceil(d) : d;    // don't: "invisible"
    ↪ dependency
}
```

Non sarà ovvio ad un chiamante che il significato di due chiamate a `round(7.2)` possa avere risultati diversi.

8.1.3 Eccezione

A volte si controllano i dettagli di un insieme di operazioni tramite una variabile d'ambiente, p.es. output normale anziché verboso o debug anziché ottimizzato. L'uso di un controllo-non-locale è potenzialmente confuso, ma regola solo i dettagli implementativi di una semantica che sarebbe altrimenti fissa.

8.1.4 Esempio, cattivo

Il reporting tramite variabili non locali (p.es., `errno`) viene facilmente ignorato. Per esempio:

```
// don't: no test of fprintf's return value
fprintf(connection, "logging: %d %d %d\n", x, y, s);
```

Cosa succede se la connessione si interrompe così che non si produca alcun output del log? Cfr. I.???

Alternativa: Sollevare un'eccezione. Un'eccezione non può essere ignorata.

Formula alternativa: Evitare il passaggio di informazioni tramite un'interfaccia attraverso uno stato non-locale o implicito. Notare che le funzioni membro non-const passano le informazioni ad altre funzioni membro tramite lo stato del loro oggetto.

Formula alternativa: Un'interfaccia dovrebbe essere una funzione o un insieme di funzioni. Le funzioni possono essere funzioni template e gruppi di funzioni possono essere classi o classi template.

8.1.5 Imposizione

- (Semplice) Una funzione non dovrebbe prendere decisioni sul flusso di controllo in base ai valori delle variabili dichiarate nello scope del namespace.
- (Semplice) Una funzione non dovrebbe scrivere nelle variabili dichiarate nello scope del namespace

8.2 I.2: Evitare variabili globali non-const

8.2.1 Motivo

Le variabili globali non-const nascondono le dipendenze rendendole soggette a modifiche imprevedibili.

8.2.2 Esempio

```
struct Data {  
    // ... lots of stuff ...  
} data;           // non-const data  
  
void compute()    // don't  
{  
    // ... use data ...  
}  
  
void output()     // don't  
{  
    // ... use data ...  
}
```

Chi altri potrebbe modificare data?

Attenzione: L'inizializzazione degli oggetti globali non è completamente ordinata. Se si usa un oggetto globale, lo si inizializzi con una costante. Si noti che è possibile avere un'inizializzazione indefinita anche per oggetti `const`.

8.2.3 Eccezione

Un oggetto globale spesso è meglio di un singleton.

8.2.4 Nota

Le costanti globali sono utili.

8.2.5 Nota

La regola contro le variabili globali si applica anche alle variabili nello scope del namespace.

Alternativa: Se si usano dati globali (più in generale nello scope del namespace) per evitarne la copia, si prenda in considerazione il passare i dati come un oggetto per riferimento a `const`. Un'altra soluzione è quella di definire i dati come lo stato di alcuni oggetti e le operazioni come funzioni membro.

Warning: Attenzione ai conflitti sui dati: Se un thread può accedere a dati non-locali (o dati passati per riferimento) mentre un altro thread esegue il chiamato, si può avere un conflitto. Ogni puntatore o riferimento a dati mutabili è un potenziale conflitto.

L'uso di puntatori o riferimenti globali per accedere e modificare i dati non-costanti e, in caso contrario, non-globali, non è un'alternativa migliore alle variabili globali non-costanti poiché ciò non risolve il problema delle dipendenze nascoste o delle potenziali condizioni di conflitti dei dati.

8.2.6 Nota

Non è possibile avere una condizione di conflitto su dati immutabili.

Riferimenti: Si vedano le *regole per chiamate a funzioni*.

8.2.7 Nota

La regola è «evitare», non «non usare». Naturalmente ci saranno (rare) eccezioni, come cin, cout e cerr.

8.2.8 Imposizione

(Semplice) Riportare tutte le variabili non-const dichiarate nello scope del namespace e i puntatori/riferimenti globali a dati non-const.

8.3 I.3: Evitare i singleton

8.3.1 Motivo

I singleton sono fundamentalmente complicati oggetti globali sotto mentite spoglie.

8.3.2 Esempio

```
class Singleton {  
    // ... lots of stuff to ensure that only one Singleton object is_  
    ↪created,  
    // that it is initialized properly, etc.  
};
```

Esistono molte varianti dell'idea di singleton. Questo è parte del problema.

8.3.3 Nota

Se non si desidera modificare un oggetto globale, dichiararlo const o constexpr.

8.3.4 Eccezione

È possibile utilizzare il più semplice «singleton» (così semplice che spesso non viene considerato un singleton) per ottenerne l'inizializzazione al primo utilizzo, se presente:

```
X& myX()
{
    static X my_x {3};
    return my_x;
}
```

Questa è una delle soluzioni più efficaci ai problemi relativi all'ordine di inizializzazione. In un ambiente multi-thread, l'inizializzazione dell'oggetto statico non introduce un conflitto (a meno che non si acceda con noncuranza a un oggetto shared dal suo costruttore).

Si noti che l'inizializzazione di uno `static` locale non implica una condizione di conflitto. Tuttavia, se la distruzione di `X` implica un'operazione che dev'essere sincronizzata, si deve usare una soluzione meno semplice. Per esempio:

```
X& myX()
{
    static auto p = new X {3};
    return *p; // potential leak
}
```

Ora qualcuno deve eseguire il `delete` di quest'oggetto quell'oggetto in modo opportunamente sicuro per essere thread-safe. Questo è soggetto a errori, quindi questa tecnica non va usata a meno che

- `myX` stia in un codice multi-threaded,
- che l'oggetto `X` debba essere distrutto (p.es., perché rilascia una risorsa), e
- il codice del distruttore di `X` deve essere sincronizzato.

Se, come molti fanno, si definisce un singleton come una classe per cui viene creato un solo oggetto, funzioni come `myX` non sono dei singleton, e questa utile tecnica non fa eccezione alla regola no-singleton.

8.3.5 Imposizione

In generale molto difficile.

- Cercare le classi con `singleton` nel nome.
- Cercare classi per le quali viene creato un solo oggetto (contando gli oggetti o esaminando i costruttori).
- Se una classe `X` ha una funzione statica pubblica che contiene una funzione statica locale del tipo `X` della classe e restituisce un puntatore o un riferimento ad essa, vietarlo.

8.4 I.4: Creare interfacce precisamente e fortemente tipizzate

8.4.1 Motivo

I tipi costituiscono la più semplice e ottimale documentazione, migliorano la leggibilità grazie al loro significato ben definito e vengono controllati al momento della compilazione. Inoltre, il codice tipizzato con precisione viene spesso meglio ottimizzato.

8.4.2 Esempio, da non fare

Si consideri:

```
void pass(void* data);    // weak and under qualified type void* is_
↳suspicious
```

I chiamanti non sono sicuri di quali tipi siano ammessi e se i dati possano essere mutati come `const` se non specificato. Si noti che tutti i tipi di puntatori vengono convertiti implicitamente in `void*`, quindi è facile per i chiamanti fornire questo valore.

Il chiamato deve eseguire un `static_cast` dei dati ad un tipo non verificato per usarlo. Questo è soggetto a errori ed è prolisso.

Utilizzare solo `const void*` per passare i dati in progetti che sono indescrivibili in C++. Si consideri invece l'uso di un `variant` o un puntatore alla base.

Alternativa: Spesso, un parametro template può eliminare il `void*` trasformandolo in un `T*` o in un `T&`. Per il codice generico questi `T` possono essere parametri di template generali o vincolati al «concetto».

8.4.3 Esempio, cattivo

Si consideri:

```
draw_rect(100, 200, 100, 500); // what do the numbers specify?

draw_rect(p.x, p.y, 10, 20); // what units are 10 and 20 in?
```

È chiaro che il chiamante sta descrivendo un rettangolo, ma non è chiaro a quali parti si riferisca. Inoltre, un `int` può rappresentare forme arbitrarie di informazioni, compresi i valori di molte unità, quindi dobbiamo indovinare il significato dei quattro `int`. Molto probabilmente, i primi due sono una coppia di coordinate `x,y` ma cosa rappresentano gli ultimi due?

Commenti e nomi di parametri possono essere d'aiuto, ma si può essere espliciti:

```
void draw_rectangle(Point top_left, Point bottom_right);
void draw_rectangle(Point top_left, Size height_width);

draw_rectangle(p, Point{10, 20}); // two corners
draw_rectangle(p, Size{10, 20}); // one corner and a (height, width)_
→pair
```

Ovviamente, non si possono rilevare tutti gli errori attraverso il sistema dei tipi statici (p.es., il fatto che un primo argomento sia considerato un punto in alto a sinistra è lasciato alla convenzione (nomenclatura e commenti)).

8.4.4 Esempio, cattivo

Si consideri:

```
set_settings(true, false, 42); // what do the numbers specify?
```

I tipi dei parametri e i loro valori non comunicano quali impostazioni vengono specificate o cosa significano quei valori.

Questo progetto è più esplicito, sicuro e leggibile:

```
alarm_settings s{};
s.enabled = true;
s.displayMode = alarm_settings::mode::spinning_light;
s.frequency = alarm_settings::every_10_seconds;
set_settings(s);
```

Nel caso di un insieme di valori booleani prendere in considerazione l'uso di un flag enum; un costruito (pattern) che esprima un insieme di valori booleani.

```
enable_lamp_options(lamp_option::on | lamp_option::animate_state_
→transitions);
```

8.4.5 Esempio, cattivo

Nel seguente esempio, dall'interfaccia non è chiaro cosa significhi `time_to_blink`: Secondi? Millisecondi?

```
void blink_led(int time_to_blink) // bad -- the unit is ambiguous
{
    // ...
    // do something with time_to_blink
    // ...
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void use()
{
    blink_led(2);
}
```

8.4.6 Esempio, buono

`std::chrono::duration` i tipi aiutano a rendere esplicita l'unità di durata del tempo.

```
void blink_led(milliseconds time_to_blink) // good -- the unit is_
→explicit
{
    // ...
    // do something with time_to_blink
    // ...
}

void use()
{
    blink_led(1500ms);
}
```

La funzione può anche essere scritta in modo tale da accettare qualsiasi unità di durata.

```
template<class rep, class period>
void blink_led(duration<rep, period> time_to_blink) // good -- accepts_
→any unit
{
    // assuming that millisecond is the smallest relevant unit
    auto milliseconds_to_blink = duration_cast<milliseconds>(time_to_
→blink);
    // ...
    // do something with milliseconds_to_blink
    // ...
}

void use()
{
    blink_led(2s);
    blink_led(1500ms);
}
```

8.4.7 Imposizione

- (Semplice) Segnalare l'uso di `void*` come parametro o tipo di ritorno.
- (Semplice) Segnalare l'uso di più di un parametro `bool`.
- (Difficile da fare bene) Cercare le funzioni che usano troppi argomenti di tipo primitivo.

8.5 I.5: Precondizioni dello stato (se c'è)

8.5.1 Motivo

Gli argomenti hanno un significato che potrebbe limitarne l'uso corretto nel chiamato.

8.5.2 Esempio

Si consideri:

```
double sqrt(double x);
```

Qui `x` dev'essere non-negativo. Il sistema dei tipi non può esprimerlo (facilmente e naturalmente), quindi si devono usare altri mezzi. Per esempio:

```
double sqrt(double x); // x must be non-negative
```

Alcune precondizioni possono essere espresse come asserzioni. Per esempio:

```
double sqrt(double x) { Expects(x >= 0); /* ... */ }
```

Idealmente, quell'`Expects(x >= 0)` dovrebbe far parte dell'interfaccia di `sqrt()` ma ciò non si fa facilmente. Per ora, lo si inserisce nella definizione (corpo della funzione).

Riferimenti: `Expects()` è descritto nella [GSL](#).

8.5.3 Nota

Preferire una specifica formale dei requisiti, come `Expects(p);`. Se ciò non è possibile, utilizzare il testo inglese nei commenti, ad esempio `// the sequence [p:q) is ordered using <`.

8.5.4 Nota

La maggior parte delle funzioni membro ha come preconditione alcune invarianti della classe. Tale invariante è stabilito da un costruttore e deve essere ristabilito all'uscita da ogni funzione membro chiamata dall'esterno della classe. Non è necessario menzionarlo per ciascuna funzione membro.

8.5.5 Imposizione

(Non imponibile)

Si veda anche: Le regole per il passaggio dei puntatori. ???

8.6 I.6: Preferire `Expects()` per esprimere le precondizioni

8.6.1 Motivo

Per chiarire che la condizione è una preconditione e per abilitare l'uso del tool.

8.6.2 Esempio

```
int area(int height, int width)
{
    Expects(height > 0 && width > 0);           // good
    if (height <= 0 || width <= 0) my_error();  // obscure
    // ...
}
```

8.6.3 Nota

Le precondizioni si possono stabilire in molti modi, inclusi i commenti, istruzioni `if` e `assert()`. Questo può rendere arduo distinguerle dal normale codice, difficile da aggiornarle, difficile da gestirle con tool, e potrebbero avere la semantica sbagliata (si vuol sempre abortire in debug e mai controllare durante l'esecuzione in produzione?).

8.6.4 Nota

Le precondizioni dovrebbero far parte dell'interfaccia anziché far parte dell'implementazione, ma non c'è ancora il supporto del linguaggio per farlo. Quando sarà disponibile il supporto del linguaggio (p.es., si veda [contract proposal](#)) si adotterà la versione standard delle precondizioni, delle postcondizioni e delle asserzioni.

8.6.5 Nota

`Expects()` si può usare anche per controllare una condizione in mezzo ad un algoritmo.

8.6.6 Nota

No, l'uso di `unsigned` non è un buon modo per bypassare il problema per *assicurarsi che il valore sia non-negativo*.

8.6.7 Imposizione

(Non imponibile) Trovare i diversi modi con cui asserire le precondizioni non è fattibile. Attenzione a quelli facilmente identificabili (`assert()`) ha un valore discutibile in assenza del supporto del linguaggio.

8.7 I.7: Postcondizioni dello stato

8.7.1 Motivo

Per rilevare incomprensioni sul risultato e forse catturare implementazioni errate.

8.7.2 Esempio, cattivo

Si consideri:

```
int area(int height, int width) { return height * width; } // bad
```

Qui, abbiamo (incautamente) escluso la specifica della precondizione, quindi non è esplicito che altezza e larghezza debbano essere positive. Abbiamo anche tralasciato la specifica della postcondizione, quindi non è ovvio che l'algoritmo (`height * width`) sia sbagliato per le aree più grandi dell'intero più grande. Può capitare un overflow. Si consideri di usare:

```
int area(int height, int width)
{
    auto res = height * width;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
Ensures(res > 0);  
return res;  
}
```

8.7.3 Esempio, cattivo

Si prenda in considerazione un famoso bug di sicurezza:

```
void f()    // problematic  
{  
    char buffer[MAX];  
    // ...  
    memset(buffer, 0, sizeof(buffer));  
}
```

Non è stata dichiarata alcuna postcondizione che il buffer dev'essere ripulito e l'ottimizzatore ha eliminato le apparentemente ridondanti chiamate a `memset()`:

```
void f()    // better  
{  
    char buffer[MAX];  
    // ...  
    memset(buffer, 0, sizeof(buffer));  
    Ensures(buffer[0] == 0);  
}
```

8.7.4 Nota

Le postcondizioni sono spesso dichiarate in modo informale in un commento che indica lo scopo di una funzione; si può usare `Ensures()` per renderlo più sistematico, visibile e verificabile.

8.7.5 Nota

Le postcondizioni sono particolarmente importanti quando si riferiscono a qualcosa che non si riflette direttamente in un risultato restituito.

8.7.6 Esempio

Si consideri una funzione che gestisce un `Record`, con un `mutex` per evitare conflitti:

```
mutex m;

void manipulate(Record& r)    // don't
{
    m.lock();
    // ... no m.unlock() ...
}
```

Qui abbiamo «dimenticato» di dichiarare che il `mutex` dovrebbe essere rilasciato, quindi non sappiamo se il fallimento per assicurare il rilascio del `mutex` fosse un bug o voluto. Il dichiarare la postcondizione lo avrebbe chiarito:

```
void manipulate(Record& r)    // postcondition: m is unlocked upon exit
{
    m.lock();
    // ... no m.unlock() ...
}
```

Il bug ora è ovvio (ma solo ad un umano che legga i commenti).

Meglio ancora, usare il *RAII* per assicurarsi che la postcondizione («il lock dev'essere rilasciato») sia scolpita nel codice:

```
void manipulate(Record& r)    // best
{
    lock_guard<mutex> _ {m};
    // ...
}
```

8.7.7 Nota

Idealmente, le postcondizioni sono indicate nell'interfaccia/dichiarazione in modo che gli utenti possano facilmente vederle. Nell'interfaccia è possibile specificare solo le postcondizioni relative agli utenti. Le postcondizioni relative solo allo stato interno, appartengono alla definizione/implementazione.

8.7.8 Imposizione

(Non imponibile) Questa è una linea-guida filosofica che è impossibile da controllare direttamente nel caso generale. Controlli specifici al dominio (come i controlli per la ritenzione del lock) esistono in molti tool.

8.8 I.8: Preferire Ensures() per esprimere le postcondizioni

8.8.1 Motivo

Per chiarire che la condizione è una postcondizione e per consentire l'uso di tool.

8.8.2 Esempio

```
void f()
{
    char buffer[MAX];
    // ...
    memset(buffer, 0, MAX);
    Ensures(buffer[0] == 0);
}
```

8.8.3 Nota

Le postcondizioni possono essere dichiarate in molti modi, inclusi i commenti, istruzioni `if` e `assert()`. Questo può rendere arduo distinguerle dal normale codice, difficile da aggiornarle, difficile da gestirle con tool e potrebbero avere la semantica sbagliata.

Alternativa: Le post-condizioni di tipo «questa risorsa dev'essere rilasciata» si esprimono meglio col *RAII*.

8.8.4 Nota

Idealmente, questo `Ensures` dovrebbe far parte dell'interfaccia, ma ciò non è facile da fare. Per ora, lo si inserisce nella definizione (corpo della funzione). Quando sarà disponibile il supporto del linguaggio (p.es., si veda [contract proposal](#)) si adotterà la versione standard delle precondizioni, delle postcondizioni e delle asserzioni.

8.8.5 Imposizione

(Non imponibile) Trovare i diversi modi con cui asserire le postcondizioni non è fattibile. Attenzione a quelli facilmente identificabili (`assert()`) ha un valore discutibile in assenza del supporto del linguaggio.

8.9 I.9: Se un'interfaccia è un template, documentarne i parametri usando i concetti

8.9.1 Motivo

Rendere l'interfaccia esattamente specificata e controllabile durante la compilazione in un (non molto distante) futuro.

8.9.2 Esempio

Usare lo stile C++20 della specifica dei requisiti. Per esempio:

```
template<typename Iter, typename Val>
    requires input_iterator<Iter> && equality_comparable_with<iter_value_
→t<Iter>, Val>
Iter find(Iter first, Iter last, Val v)
{
    // ...
}
```

Si veda anche: *Programmazione generica concetti*.

8.9.3 Imposizione

Viene emesso un warning se un parametro template non-variadic non è vincolato [constrained] da un «concept» (nella sua dichiarazione o menzionato in una clausola `requires`).

8.10 I.10: Usare le eccezioni per segnalare un errore nell'eseguire un compito richiesto

8.10.1 Motivo

Non dovrebbe essere possibile ignorare un errore perché ciò potrebbe lasciare il sistema o una elaborazione in uno stato indefinito (o imprevisto). Questa è una delle principali fonti di errori.

8.10.2 Esempio

```
int printf(const char* ...);    // bad: return negative number if
    ↪ output fails

template<class F, class ...Args>
// good: throw system_error if unable to start the new thread
explicit thread(F&& f, Args&&... args);
```

8.10.3 Nota

Che cos'è un errore?

Un errore indica che la funzione non può raggiungere lo scopo dichiarato (incluse l'instaurazione delle postcondizioni). Chiamare del codice che ignora un errore può portare a risultati errati o a uno stato indefinito del sistema. Ad esempio, non essere in grado di connettersi a un server remoto non è di per sé un errore: il server può rifiutare una connessione per tutta una serie di motivi, quindi la cosa naturale è quella di restituire un risultato che il chiamante dovrebbe sempre controllare. Tuttavia, se il non riuscire a stabilire una connessione viene considerato un errore, allora tale errore dovrebbe generare un'eccezione.

8.10.4 Eccezione

Molte funzioni di interfacce (p.es., gli handler dei signal di UNIX) usano codici di errore (p.es., `errno`) per segnalare quali sono realmente i codici dello stato, piuttosto che degli errori. Se non si ha una buona alternativa all'uso di questi, allora il chiamarli non viola la regola.

8.10.5 Alternativa

Se non si possono usare le eccezioni (p.es., perché il proprio codice è pieno di puntatori vecchio stile o perché ci sono seri vincoli di real-time), si considera l'uso di uno stile che restituisca una coppia di valori:

```
int val;
int error_code;
tie(val, error_code) = do_something();
if (error_code) {
    // ... handle the error or exit ...
}
// ... use val ...
```

Questo stile sfortunatamente porta a variabili non inizializzate. A partire da C++17 si può usare la funzionalità delle «structured bindings» per inizializzare le variabili direttamente dai valori di ritorno:

```
auto [val, error_code] = do_something();
if (error_code) {
    // ... handle the error or exit ...
}
// ... use val ...
```

8.10.6 Nota

Non consideriamo le «prestazioni» un motivo valido per non usare le eccezioni.

- Spesso, il controllo e la gestione esplicita degli errori consumano tanto tempo e spazio quanto la gestione delle eccezioni.
- Spesso, un codice più pulito produce migliori prestazioni con le eccezioni (semplificando la tracciabilità dei percorsi attraverso il programma e la loro ottimizzazione).
- Una buona regola per le prestazioni del codice critico è quella di spostare il controllo all'esterno della parte *critica* del codice.
- Alla lunga, un codice più regolare si ottimizza meglio.
- *Misurare* sempre e accuratamente prima di lamentarsi delle prestazioni.

Si veda anche: *I.5* e *I.7* per riportare violazioni di pre-condizione e post-condizione.

8.10.7 Imposizione

- (Non imponibile) Questa è una linea-guida filosofica che è impossibile da controllare direttamente.
- Cercare `errno`.

8.11 I.11: Mai trasferire la proprietà con un semplice puntatore (T*) o un riferimento (T&)

8.11.1 Motivo

In caso di dubbi sul fatto che sia il chiamante o il chiamato a possedere un oggetto, si possono avere dei leak o una prematura distruzione.

8.11.2 Esempio

Si consideri:

```
X* compute(args)    // don't
{
    X* res = new X{};
    // ...
    return res;
}
```

Chi esegue il delete dell'X restituito? Il problema sarebbe più difficile da individuare se compute restituisse un riferimento. Si valuti di restituire il risultato per valore (si usa la semantica move se il risultato è grande):

```
vector<double> compute(args) // good
{
    vector<double> res(100000);
    // ...
    return res;
}
```

Alternativa: *Passaggio della proprietà* usando uno «smart pointer», come un `unique_ptr` (per l'ownership esclusiva) e `shared_ptr` (per una proprietà condivisa). Tuttavia, è meno elegante e spesso meno efficiente rispetto al restituire l'oggetto stesso, quindi usare gli smart pointer solo se è necessaria la semantica del riferimento.

Alternativa: Talvolta il codice pre-esistente non si può modificare a causa dei requisiti di compatibilità ABI o per mancanza di risorse. In tal caso, contrassegnare i puntatori proprietari utilizzando `owner` dalla *guidelines support library*:

```
owner<X*> compute(args)    // It is now clear that ownership is
↳ transferred
{
    owner<X*> res = new X{};
    // ...
    return res;
}
```

Questo dice ai tool di analisi che `res` è un owner [proprietario]. Cioè, il suo valore deve subire un `delete` o dev'essere trasferito ad un altro owner, come viene fatto qui dal `return`.

`owner` viene utilizzato in modo simile nell'implementazione degli handle delle risorse.

8.11.3 Nota

Si presume che ogni oggetto passato come semplice puntatore (o iteratore) sia proprietà del chiamante, in modo che il suo ciclo di vita sia gestito dal chiamante. In altri termini: le API che trasferiscono la proprietà sono relativamente rare rispetto alle API che passano puntatori, quindi il default è «nessun trasferimento della proprietà».

Si veda anche: *Passaggio di argomenti, uso di argomenti smart pointer e valore di ritorno.*

8.11.4 Imposizione

- (Semplice) Un warning su un `delete` di un puntatore semplice che non sia un `owner<T>`. Suggeriamo l'uso dell'handle delle risorse della libreria standard o l'uso di `owner<T>`.
- (Semplice) Un warning o in caso di errore del `reset` o l'esplicito `delete` di un puntatore `owner` su ogni percorso del codice.
- (Semplice) Un warning se il valore di ritorno di un `new` o il valore di ritorno `owner` di una chiamata a una funzione viene assegnato ad un puntatore o ad un riferimento non-`owner`.

8.12 I.12: Dichiarare un puntatore che non dev'essere null con `not_null`

8.12.1 Motivo

Per evitare la de-referenziazione degli errori `nullptr`. Per migliorare le prestazioni evitando controlli ridondanti per `nullptr`.

8.12.2 Esempio

```
int length(const char* p);           // it is not clear whether_
↪length(nullptr) is valid

length(nullptr);                     // OK?

int length(not_null<const char*> p); // better: we can assume that p_
↪cannot be nullptr

int length(const char* p);           // we must assume that p can be_
↪nullptr
```

Dichiarando l'intento nel sorgente, gli implementatori e i tool possono eseguire una diagnostica migliore, come la ricerca di alcune classi di errore con l'analisi statica ed eseguire delle ottimizzazioni quali la rimozione di branch e test nulli.

8.12.3 Nota

`not_null` è definito nella *guidelines support library*.

8.12.4 Nota

L'assunzione che il puntatore a `char` punti ad una stringa C-style (una stringa di caratteri terminata con zero) era ancora implicita ed una potenziale sorgente di confusione e di errori. Usare `cstring` preferendola a `const char*`.

```
// we can assume that p cannot be nullptr
// we can assume that p points to a zero-terminated array of characters
int length(not_null<cstring> p);
```

Nota: `length()` è, ovviamente, uno `std::strlen()` in incognito.

8.12.5 Imposizione

- (Semplice) ((Foundation)) Se una funzione controlla se un parametro puntatore è `nullptr` prima di accedervi, su tutti i percorsi del flusso di controllo, allora si emette un warning sul fatto che dovrebbe essere dichiarato `not_null`.
- (Complesso) Se una funzione con puntatore come valore di ritorno si accerta che non sia `nullptr` su tutti i path di ritorno, allora si emette un warning sul fatto che il tipo restituito si dovrebbe dichiarare `not_null`.

8.13 I.13: Non passare un array come singolo puntatore

8.13.1 Motivo

Le interfacce di tipo (puntatore, dimensione) sono soggette ad errori. Inoltre, un semplice puntatore (ad un array) deve fare affidamento su una convenzione per consentire al chiamato di determinarne la dimensione.

8.13.2 Esempio

Si consideri:

```
void copy_n(const T* p, T* q, int n); // copy from [p:p+n) to [q:q+n)
```

Cosa succede se sono presenti meno di `n` elementi nell'array puntato da `q`? Allora, probabilmente si sovrascrive della memoria esterna. Cosa succede se sono presenti meno di `n` elementi nell'array puntato da `p`? Allora, probabilmente, si leggerà da una memoria esterna. O è un comportamento indefinito o un bug potenzialmente molto pericoloso.

8.13.3 Alternativa

Si consideri l'uso di uno span esplicito:

```
void copy(span<const T> r, span<T> r2); // copy r to r2
```

8.13.4 Esempio, cattivo

Si consideri:

```
void draw(Shape* p, int n); // poor interface; poor code
Circle arr[10];
// ...
draw(arr, 10);
```

Passare `10` per l'argomento `n` potrebbe risultare un errore: la convenzione più comune è assumere `[0:n)` ma non è scritto da nessuna parte. Peggio ancora è che la chiamata a `draw()` non viene compilata affatto: c'è stata una conversione implicita da un array a un puntatore (array decay) e poi un'altra conversione implicita da `Circle` a `Shape`. Non è possibile che `draw()` possa iterare in sicurezza per tutto quell'array: non ha modo di conoscere la dimensione degli elementi.

Alternativa: Utilizzare una classe di supporto per garantire che il numero di elementi sia corretto e per prevenire conversioni implicite pericolose. Per esempio:

```
void draw2(span<Circle>);
Circle arr[10];
// ...
draw2(span<Circle>(arr)); // deduce the number of elements
draw2(arr);              // deduce the element type and array size

void draw3(span<Shape>);
draw3(arr);              // error: cannot convert Circle[10] to span<Shape>
```

Questo `draw2()` passa la stessa quantità di informazioni a `draw()`, ma rende esplicito il fatto che si supponga essere un range di `Circle`. Cfr. ???.

8.13.5 Eccezione

Usare `zstring` e `czstring` per rappresentare stringhe C-style e zero-terminated. Ma quando lo si fa, si usa `std::string_view` o `span<char>` della [GSL](#) per evitare errori di range.

8.13.6 Imposizione

- (Semplice) ((Bounds)) Segnalare un warning per ogni espressione che si baserebbe sulla conversione implicita da un tipo di array ad un tipo di puntatore. Consentire delle eccezioni per tipi di puntatori `zstring/czstring`.
- (Semplice) ((Bounds)) Segnalare un warning per ogni operazione aritmetica o espressione di tipo puntatore che risulti nel valore di un tipo puntatore. Consentire delle eccezioni per tipi di puntatori `zstring/czstring`.

8.14 I.22: Evitare complesse inizializzazioni di oggetti globali

8.14.1 Motivo

Una inizializzazione complessa può portare ad un ordine indefinito di esecuzione.

8.14.2 Esempio

```
// file1.c

extern const X x;

const Y y = f(x);    // read x; write y

// file2.c

extern const Y y;

const X x = g(y);    // read y; write x
```

Poiché `x` e `y` stanno in unità di traduzione diverse, l'ordine delle chiamate a `f()` e `g()` non è definito; si accederà ad un `const` non inizializzato. Ciò dimostra che il problema dell'ordine di inizializzazione per gli oggetti globali (scope del namespace) non è limitato alle *variabili* globali.

8.14.3 Nota

I problemi sull'ordine di inizializzazione diventano particolarmente difficili da gestire nel codice concorrente. Di solito è meglio evitare del tutto gli oggetti globali (scope del namespace).

8.14.4 Imposizione

- Segnalare gli inizializzatori dei globali che chiamano funzioni non-constexpr
- Segnalare gli inizializzatori dei globali che accedono ad oggetti extern

8.15 I.23: Mantenere basso il numero degli argomenti di una funzione

8.15.1 Motivo

Avere molti argomenti espone a delle opportunità di confusione. Passare molti argomenti spesso è costoso rispetto a delle alternative.

8.15.2 Discussione

I due motivi più comuni del perché le funzioni hanno troppi parametri sono:

1. *Manca di un'astrazione.* Manca un'astrazione, quindi è un valore composto passato come singoli elementi anziché come un singolo oggetto che impone un invariante. Questo non solo espande la lista dei parametri, ma porta ad errori perché i valori dei componenti non sono più protetti da un invariante imposto.
2. *Violazione di «una funzione, una responsabilità».* La funzione sta tentando di fare di più di una cosa e probabilmente necessita di un refactoring.

8.15.3 Esempio

La funzione `merge()` della standard-library è al limite di ciò che si può gestire comodamente:

```
template<class InputIterator1, class InputIterator2, class ↪OutputIterator, class Compare>
OutputIterator merge(InputIterator1 first1, InputIterator1 last1,
                    InputIterator2 first2, InputIterator2 last2,
                    OutputIterator result, Compare comp);
```

Si noti che ciò è dovuto al problema 1 precedente – mancanza di un'astrazione. Anziché passare un range (astrazione), la STL passa una coppia di iteratori (valori non incapsulati dei componenti).

Qui, si hanno quattro argomenti template e sei argomenti funzione. Per semplificarne gli usi più frequenti e più semplici, si può assegnare, per default, l'argomento di confronto <:

```
template<class InputIterator1, class InputIterator2, class
    ↪OutputIterator>
OutputIterator merge(InputIterator1 first1, InputIterator1 last1,
                    InputIterator2 first2, InputIterator2 last2,
                    OutputIterator result);
```

Ciò non riduce la complessità totale, ma riduce la complessità di superficie presentata a molti utenti. Per ridurre davvero il numero di argomenti, si devono raggruppare gli argomenti in astrazioni ad un livello più alto:

```
template<class InputRange1, class InputRange2, class OutputIterator>
OutputIterator merge(InputRange1 r1, InputRange2 r2, OutputIterator
    ↪result);
```

Raggruppare gli argomenti in «bundle» è una tecnica generale per ridurre il numero degli argomenti e per aumentare la possibilità di controllo.

In alternativa, potremmo utilizzare un concetto di libreria standard per definire la nozione di tre tipi che devono essere utilizzabili per il “merge”:

```
template<class In1, class In2, class Out>
    requires mergeable<In1, In2, Out>
Out merge(In1 r1, In2 r2, Out result);
```

8.15.4 Esempio

I “Profili” di sicurezza consigliano di sostituire

```
void f(int* some_ints, int some_ints_length); // BAD: C style, unsafe
```

con

```
void f(gsl::span<int> some_ints); // GOOD: safe, bounds-
    ↪checked
```

Qui, l'utilizzo di un'astrazione presenta vantaggi in termini di sicurezza e robustezza e riduce naturalmente anche il numero dei parametri.

8.15.5 Nota

Quanti parametri sono troppi? Provare ad usarne meno di quattro (4) parametri. Ci sono funzioni che vengono meglio espresse con quattro parametri singoli, ma non di più.

Alternativa: Usare un'astrazione migliore: Raggruppare gli argomenti in oggetti significativi e passare gli oggetti (per valore o per riferimento).

Alternativa: Usare gli argomenti di default o gli overload per consentire le forme più comuni di chiamate da effettuarsi con pochi argomenti.

8.15.6 Imposizione

- Avvisare quando una funzione dichiara due iteratori (compresi i puntatori) dello stesso tipo anziché un range o una view.
- (Non imponibile) Questa è una linea-guida filosofica che è impossibile da controllare direttamente.

8.16 I.24: Evitare parametri adiacenti che possono essere invocati dagli stessi argomenti in qualsiasi ordine con un diverso significato

8.16.1 Motivo

Argomenti adiacenti dello stesso tipo si possono facilmente scambiare per errore.

8.16.2 Esempio, cattivo

Si consideri:

```
void copy_n(T* p, T* q, int n); // copy from [p:p + n) to [q:q + n)
```

Questa è una brutta variante dell'interfaccia in stile K&R C. È facile invertire gli argomenti «to» e «from».

Usare `const` per l'argomento «from»:

```
void copy_n(const T* p, T* q, int n); // copy from [p:p + n) to [q:q + n)
↪
```

8.16.3 Eccezione

Se l'ordine dei parametri non è importante, non ci sono problemi:

```
int max(int a, int b);
```

8.16.4 Alternativa

Non passare array come puntatori, passare un oggetto rappresentante un range (p.es., uno `span`):

```
void copy_n(span<const T> p, span<T> q); // copy from p to q
```

8.16.5 Alternativa

Definire una `struct` come il tipo del parametro e denominare adeguatamente i campi di tali parametri:

```
struct SystemParams {  
    string config_file;  
    string output_path;  
    seconds timeout;  
};  
void initialize(SystemParams p);
```

Questo tende a renderne chiare le invocazioni ai futuri lettori, poiché i parametri vengono spesso compilati per nome dal lato della chiamata.

8.16.6 Nota

Solo il progettista dell'interfaccia può affrontare adeguatamente la fonte delle violazioni di questa linea guida.

8.16.7 Strategia di applicazione

(Semplice) Sollevare un warning se due parametri consecutivi condividono lo stesso tipo

Stiamo ancora cercando un'applicazione meno semplice.

8.17 I.25: Preferire classi astratte vuote come interfacce alle gerarchie di classi

8.17.1 Motivo

Le classi astratte vuote (non hanno dati membri non-statici) hanno maggiori probabilità di essere stabili rispetto alle classi base con uno stato.

8.17.2 Esempio, cattivo

Si sapeva che Shape sarebbe comparso da qualche parte :-)

```
class Shape { // bad: interface class loaded with data
public:
    Point center() const { return c; }
    virtual void draw() const;
    virtual void rotate(int);
    // ...
private:
    Point c;
    vector<Point> outline;
    Color col;
};
```

Ciò costringerà ogni classe derivata a calcolare un centro, anche se non è un'operazione banale e se il centro non viene mai utilizzato. Similmente, non tutte le Shape hanno un Color, e molte Shape vengono meglio rappresentate senza un contorno definito come una sequenza di Point. Usare una classe astratta è meglio:

```
class Shape { // better: Shape is a pure interface
public:
    virtual Point center() const = 0; // pure virtual functions
    virtual void draw() const = 0;
    virtual void rotate(int) = 0;
    // ...
    // ... no data members ...
    // ...
    virtual ~Shape() = default;
};
```

8.17.3 Imposizione

(Semplice) Avvisare se un puntatore/riferimento ad una classe C viene assegnata ad un puntatore/riferimento ad una base di C e la classe base contiene dai dati membro.

8.18 I.26: Se si vuole un cross-compiler ABI, si usi un sottoinsieme in stile C

8.18.1 Motivo

Compilatori diversi implementano layout binari diversi per le classi, la gestione delle eccezioni, i nomi delle funzioni e altri dettagli di implementazione.

8.18.2 Eccezione

Su alcune piattaforme stanno emergendo delle ABI comuni (Application Binary Interface) [Interfacce Binarie di Applicazioni] che liberano dalle restrizioni più draconiane (rigorose).

8.18.3 Nota

Se si usa un solo compilatore, si può usare pienamente il C++ nelle interfacce. Ciò potrebbe richiedere la ricompilazione dopo un aggiornamento a una nuova versione del compilatore.

8.18.4 Imposizione

(Non imponibile) È difficile identificare in modo affidabile dove un'interfaccia faccia parte di un ABI.

8.19 I.27: Per una libreria ABI stabile, si consideri l'idioma Pimpl

8.19.1 Motivo

Dato che i dati-membro privati partecipano al layout di una classe e le funzioni-membro private partecipano alla risoluzione degli overload, la modifica di tali dettagli implementativi richiede la ricompilazione di tutti i chiamanti della classe. Una classe interfaccia non polimorfica contenente un puntatore ad un'implementazione (Pimpl [Pointer to implementation]) può isolare i chiamanti della classe dalle modifiche della sua implementazione al costo di un indirizzamento.

8.19.2 Esempio

interfaccia (widget.h)

```
class widget {
    class impl;
    std::unique_ptr<impl> pimpl;
public:
    void draw(); // public API that will be forwarded to the
    ↪implementation
    widget(int); // defined in the implementation file
    ~widget();   // defined in the implementation file, where impl is
    ↪a complete type
    widget(widget&&) noexcept; // defined in the implementation file
    widget(const widget&) = delete;
    widget& operator=(widget&&) noexcept; // defined in the
    ↪implementation file
    widget& operator=(const widget&) = delete;
};
```

implementazione (widget.cpp)

```
class widget::impl {
    int n; // private data
public:
    void draw(const widget& w) { /* ... */ }
    impl(int n) : n(n) {}
};
void widget::draw() { pimpl->draw(*this); }
widget::widget(int n) : pimpl{std::make_unique<impl>(n)} {}
widget::widget(widget&&) noexcept = default;
widget::~~widget() = default;
widget& widget::operator=(widget&&) noexcept = default;
```

8.19.3 Note

Cfr. [GOTW #100](#) e [cppreference](#) per valutazioni [trade-offs] e ulteriori dettagli implementativi associati a questo idiom.

8.19.4 Imposizione

(Non imponibile) È difficile identificare in modo affidabile dove un'interfaccia faccia parte di un ABI.

8.20 I.30: Incapsulare le violazioni alla regola

8.20.1 Motivo

Per mantenere il codice semplice e sicuro. A volte sono necessarie tecniche brutte, insicure o soggette a errori per motivi logici o prestazionali. In tal caso, si mantengono locali, anziché «infettare» le interfacce in modo che gruppi più grandi di programmatori abbiano a che fare con i particolari. La complessità dell'implementazione non dovrebbe, se possibile, attraverso le interfacce passare nel codice utente.

8.20.2 Esempio

Si consideri un programma che, a seconda di una qualche forma di input (p.es., gli argomenti di main), dovrebbe prendere l'input da un file, dalla riga di comando o dallo standard input. Si potrebbe scrivere

```
bool owned;
owner<istream*> inp;
switch (source) {
case std_in:      owned = false; inp = &cin;
    ↪break;
case command_line: owned = true;  inp = new istringstream{argv[2]};
    ↪break;
case file:        owned = true;  inp = new  ifstream{argv[2]};
    ↪break;
}
istream& in = *inp;
```

Ciò viola la regola *contro le variabili non inizializzate*, la regola *contro il trascurare la proprietà*, e la regola *contro le costanti magiche*. In particolare, qualcuno si deve ricordare di scrivere da qualche parte

```
if (owned) delete inp;
```

Si potrebbe gestire questo particolare esempio con `unique_ptr` con uno speciale deleter che non fa niente per `cin`, ma è complicato per i principianti (che possono facilmente incappare in questo problema) e l'esempio è per un più generale problema dove la proprietà che si vorrebbe considerare statica (qui, l'ownership) talvolta deve essere affrontata in fase di esecuzione. Gli esempi più comuni, più frequenti e più sicuri si possono gestire staticamente, quindi non vi si vuol aggiungere un costo o complessità. Ma si deve far fronte anche ai casi rari, meno sicuri e necessariamente più costosi. Tali esempi sono discussi in [\[Str15\]](#).

Quindi, si scrive una classe

```
class Istream { [[gsl::suppress("lifetime")]]
public:
    enum Opt { from_line = 1 };
    Istream() { }
    Istream(czstring p) : owned{true}, inp{new ifstream{p}} {}
    ↪ // read from file
    Istream(czstring p, Opt) : owned{true}, inp{new istream{p}}
    ↪{} // read from command line
    ~Istream() { if (owned) delete inp; }
    operator istream&() { return *inp; }
private:
    bool owned = false;
    istream* inp = &cin;
};
```

Ora, la natura dinamica della proprietà di `istream` è stata incapsulata. Presumibilmente, si dovranno aggiungere in un codice reale un po' di controlli per i potenziali errori.

8.20.3 Imposizione

- Difficile, è difficile decidere quale codice rompi-regola sia essenziale
- Si segnala la soppressione della regola che abilita la violazione della regola attraverso le interfacce

F: Funzioni

Una funzione specifica un'azione o un calcolo che porta il sistema da uno stato consistente al successivo. È l'elemento fondamentale dei programmi.

Dovrebbe essere possibile dare un nome significativo a una funzione, specificare i requisiti dei suoi argomenti e indicare chiaramente la relazione tra gli argomenti e il risultato. Un'implementazione non è una specifica. Si provi a pensare a cosa fa una funzione e a come lo fa. Le funzioni costituiscono la parte più critica nella maggior parte delle interfacce, quindi si vedano le regole per le interfacce.

Riepilogo delle regole sulle funzioni:

Regole di definizione di una funzione:

- *F.1: «Impacchettare» le operazioni significative in funzioni dando loro un nome adeguato*
- *F.2: Una funzione dovrebbe eseguire una sola operazione logica*
- *F.3: Le funzioni devono essere brevi e semplici*
- *F.4: Se una funzione potrebbe essere valutata in fase di compilazione, la si dichiara `constexpr`*
- *F.5: Se una funzione è molto piccola e time-critical, la si dichiara `inline`*
- *F.6: Se la funzione non deve sollevare errori, dichiararla `noexcept`*
- *F.7: Per un uso generale, si prendono gli argomenti `T*` o `T&` anziché gli smart pointer*
- *F.8: Preferire le funzioni pure*
- *F.9: I parametri inutilizzati devono essere senza nome*
- *F.10: Se un'operazione può essere riutilizzata, le si assegna un nome*
- *F.11: Usare una lambda anonima se c'è bisogno di un semplice oggetto funzione in un posto soltanto*

Regole per l'espressione del passaggio dei parametri:

- *F.15: Preferire metodi semplici e convenzionali per il passaggio delle informazioni*
- *F.16: Per i parametri «in», si passano i tipi copiati “a buon prezzo” per valore e gli altri per riferimento a `const`*
- *F.17: I parametri «in-out», si passano per riferimento a non-`const`*
- *F.18: I parametri «si-sposterà-da», si passano per `X&&` e `std::move`*
- *F.19: Per i parametri «forward», si passano per `TP&&` si esegue `std::forward` solo per il parametro*
- *F.20: Per i valori «out» output values, preferire i valori di ritorno ai parametri di output*
- *F.21: Per il return di valori «out» multipli, preferire la restituzione di una struct*
- *F.60: Preferire `T*` a `T&` quando «nessun argomento» è una valida opzione*

Regole sulla semantica del passaggio dei parametri:

- *F.22: Utilizzare `T*` o `owner<T*>` per designare un singolo oggetto*
- *F.23: Utilizzare `not_null<T>` per indicare che «null» non è un valore valido*
- *F.24: Utilizzare `span<T>` o `span_p<T>` per indicare una sequenza semiaperta*
- *F.25: Utilizzare `zstring` o `not_null<zstring>` per indicare una stringa C-style*
- *F.26: Utilizzare `unique_ptr<T>` per trasferire l'ownership dove è necessario un puntatore*
- *F.27: Utilizzare `shared_ptr<T>` per condividere l'ownership*

Regole sulla semantica del valore di ritorno::

- *F.42: Restituire `T*` per indicare (solo) una posizione*
- *F.43: Mai (direttamente o indirettamente) restituire un puntatore o un riferimento ad un oggetto locale*
- *F.44: Restituire `T&` quando la copia è indesiderabile e non è necessario «restituire nessun oggetto»*
- *F.45: Non restituire un `T&&`*
- *F.46: `int` è il tipo restituito da `main()`*
- *F.47: Restituire `T&` dagli operatori di assegnamento*
- *F.48: Non restituire `std::move(local)`*
- *F.49: Non restituire un `const T`*

Altre regole sulle funzioni:

- *F.50: Usare una lambda quando non è possibile una funzione (per acquisire le variabili locali o scrivere una funzione locale))*
- *F.51: Potendo scegliere, si preferiscano gli argomenti con default rispetto all'overloading*

- *F.52: Preferire l'acquisizione per riferimento nelle lambda da usare localmente, compresi quelli passati agli algoritmi*
- *F.53: Evitare l'acquisizione per riferimento nelle lambda che non si useranno localmente, compresi quelli restituiti, memorizzati nell'heap o passati da un altro thread*
- *F.54: Quando si scrive una lambda che cattura `this` o qualsiasi dato membro di classe, non usare il «default capture» [=]*
- *F.55: Non usare gli argomenti `va_arg`*
- *F.56: Evitare inutili condizioni di annidamento*

Le funzioni hanno forti somiglianze con le lambda e gli oggetti funzione.

Si veda anche: *C.lambdas: Oggetti funzione e lambda*

9.1 F.def: Definizioni di funzioni

Una definizione di funzione è una dichiarazione di una funzione che specifica anche l'implementazione della funzione, il corpo della funzione.

9.1.1 F.1: «Impacchettare» le operazioni significative in funzioni dando loro un nome adeguato

Motivo

Escludere il le parti in comune rende il codice più leggibile, più riutilizzabile e limita gli errori del codice complicato. Se qualcosa è un'azione ben specificata, la si separa dal codice circostante e gli si dà un nome.

Esempio, da non fare

```
void read_and_print(istream& is)    // read and print an int
{
    int x;
    if (is >> x)
        cout << "the int is " << x << '\n';
    else
        cerr << "no int on input\n";
}
```

In `read_and_print` è sbagliato quasi tutto. Legge, scrive (su un `ostream` fisso), scrive i messaggi di errore (su un `ostream` fisso), gestisce solo degli `int`. Non c'è nulla da riutilizzare, le operazioni separate logicamente sono mischiate e le variabili locali restano visibili dopo l'uso. Per un piccolo esempio, questo sembra OK, ma se l'operazione di input, quella di output e la

gestione degli errori fossero state più complicate, il groviglio potrebbe diventare difficile da capire.

Nota

Se si scrive una lambda non banale che potenzialmente si possa utilizzare in più posti, le si dà un nome e la si assegna ad una variabile (di solito non locale).

Esempio

```
sort(a, b, [](T x, T y) { return x.rank() < y.rank() && x.value() < y.  
→value(); });
```

Dando un nome alla lambda, si spezza l'espressione nelle sue parti logiche fornendo un forte spunto al senso della lambda.

```
auto lessT = [](T x, T y) { return x.rank() < y.rank() && x.value() <  
→y.value(); };  
  
sort(a, b, lessT);
```

Il codice più breve non è sempre il migliore per prestazioni o manutenibilità.

Eccezione

I corpi dei loop, comprese le lambda usate come corpi dei loop, raramente necessitano di avere un nome. Tuttavia, grandi loop (p.es., decine di righe o decine di pagine) possono costituire un problema. La regola *Le funzioni devono essere brevi e semplici* implica «I corpi dei loop devono essere brevi». Allo stesso modo, le lambda usate come argomenti di callback talvolta non sono banali, ma è improbabile che siano riutilizzabili.

Imposizione

- Cfr. *Le funzioni devono essere brevi e semplici*
- Evidenziare le lambda identiche, o molto simili, utilizzate in più posti.

9.1.2 F.2: Una funzione dovrebbe eseguire una sola operazione logica

Motivo

Una funzione che esegue una sola operazione è più semplice da comprendere, testare e riutilizzare.

Esempio

Si consideri:

```
void read_and_print()    // bad
{
    int x;
    cin >> x;
    // check for errors
    cout << x << "\n";
}
```

Questo è un monolite che ha a che fare con uno specifico input e non avrà mai un altro (diverso) uso. Invece, suddividiamo le funzioni in parti logiche appropriate e parametrizzate:

```
int read(istream& is)    // better
{
    int x;
    is >> x;
    // check for errors
    return x;
}

void print(ostream& os, int x)
{
    os << x << "\n";
}
```

In questo modo si può riutilizzare dove necessario:

```
void read_and_print()
{
    auto x = read(cin);
    print(cout, x);
}
```

Se fosse necessario, si potrebbero ulteriormente «templatizzare» `read()` e `print()` sul tipo di dato, il meccanismo di I/O, la risposta agli errori, ecc. Esempio:

```
auto read = [](auto& input, auto& value)    // better
{
    input >> value;
    // check for errors
};

void print(auto& output, const auto& value)
{
    output << value << "\n";
}
```

Imposizione

- Sospettare delle funzioni con più di un parametro «out». Utilizzare, invece, i valori di ritorno, comprese le tuple per restituire valori multipli.
- Sospettare delle «grandi» funzioni che non rientrano in una schermata dell'editor. Si consideri di riscrivere la funzione come sotto-operazioni più piccole e con dei nomi adeguati.
- Si considerino sospette le funzioni con più di 7 parametri.

9.1.3 F.3: Le funzioni devono essere brevi e semplici

Motivo

Le funzioni di grandi dimensioni sono difficili da leggere, hanno maggiori probabilità di contenere codice complesso e hanno maggiori probabilità di avere variabili in vita oltre il loro scope. Le funzioni con strutture di controllo complesse hanno maggiori probabilità di essere lunghe e hanno maggiori probabilità di nascondere errori logici.

Esempio

Si consideri:

```
double simple_func(double val, int flag1, int flag2)
    // simple_func: takes a value and calculates the expected ASIC_
    ↪output,
    // given the two mode flags.
{
    double intermediate;
    if (flag1 > 0) {
        intermediate = func1(val);
        if (flag2 % 2)
            intermediate = sqrt(intermediate);
    }
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

}
else if (flag1 == -1) {
    intermediate = func1(-val);
    if (flag2 % 2)
        intermediate = sqrt(-intermediate);
    flag1 = -flag1;
}
if (abs(flag2) > 10) {
    intermediate = func2(intermediate);
}
switch (flag2 / 10) {
case 1: if (flag1 == -1) return finalize(intermediate, 1.171);
        break;
case 2: return finalize(intermediate, 13.1);
default: break;
}
return finalize(intermediate, 0.);
}

```

Questo è troppo complicato. Come essere certi di aver gestito correttamente tutte le possibili alternative? Sì, infrange anche altre regole.

Si può riscrivere:

```

double func1_muon(double val, int flag)
{
    // ???
}

double func1_tau(double val, int flag1, int flag2)
{
    // ???
}

double simple_func(double val, int flag1, int flag2)
    // simple_func: takes a value and calculates the expected ASIC_
    ↪output,
    // given the two mode flags.
{
    if (flag1 > 0)
        return func1_muon(val, flag2);
    if (flag1 == -1)
        // handled by func1_tau: flag1 = -flag1;
        return func1_tau(-val, flag1, flag2);
    return 0.;
}

```

Nota

«Non rientra nello schermo» è spesso una buona definizione pratica di «troppo grande». Le funzioni tra una e cinque righe dovrebbero considerarsi la norma.

Nota

Suddividere le grandi funzioni in funzioni più piccole e con nomi significativi. Le funzioni piccole e semplici si mettono facilmente inline laddove il costo di una call è significativo.

Imposizione

- Segnalare le funzioni che non «rientrano nello schermo». Quanto è grande uno schermo? Provare 60 righe per 140 caratteri; questo è all'incirca il massimo di una comoda pagina di un libro.
- Segnalare le funzioni troppo complesse. Quanto è complesso il troppo complesso? Si potrebbe usare la complessità ciclomatica. Provare «più di 10 percorsi logici». Un semplice switch vale un percorso.

9.1.4 F.4: Se una funzione potrebbe essere valutata in fase di compilazione, la si dichiara constexpr

Motivo

constexpr serve per dire al compilatore di consentirne la valutazione durante la compilazione.

Esempio

Il famoso o famigerato fattoriale:

```
constexpr int fac(int n)
{
    constexpr int max_exp = 17;      // constexpr enables max_exp to
    ↪be used in Expects
    Expects(0 <= n && n < max_exp);  // prevent silliness and overflow
    int x = 1;
    for (int i = 2; i <= n; ++i) x *= i;
    return x;
}
```

Questo è C++14. Per il C++11, si usa una formulazione ricorsiva di fac().

Nota

`constexpr` non garantisce la valutazione in fase di compilazione; garantisce solo che la funzione può essere valutata al momento della compilazione per degli argomenti costanti se il programmatore lo richiede o se il compilatore decide di farlo per ottimizzare.

```
constexpr int min(int x, int y) { return x < y ? x : y; }

void test(int v)
{
    int m1 = min(-1, 2);           // probably compile-time evaluation
    constexpr int m2 = min(-1, 2); // compile-time evaluation
    int m3 = min(-1, v);           // run-time evaluation
    constexpr int m4 = min(-1, v); // error: cannot evaluate at_
    ↪ compile time
}
```

Nota

Non cercare di rendere tutte le funzioni `constexpr`. La maggior parte dei calcoli viene fatta meglio durante l'esecuzione.

Nota

Qualsiasi API che potrebbe eventualmente dipendere da una configurazione a run-time di alto livello o da logiche aziendali non dovrebbe essere `constexpr`. Tale personalizzazione non può essere valutata dal compilatore, e qualsiasi funzione `constexpr` che dipenda da quell'API dovrebbe essere riscritta o non dev'essere `constexpr`.

Imposizione

Impossibile e non necessario. Il compilatore genera un errore se viene chiamata una funzione non-`constexpr` dove è richiesta una costante.

9.1.5 F.5: Se una funzione è molto piccola e time-critical, la si dichiara inline

Motivo

Alcuni ottimizzatori riescono a mettere inline senza tale suggerimento del programmatore, ma è meglio non farci affidamento. Misurare! Negli ultimi 40 anni circa, ci sono stati promessi compilatori che mettessero inline meglio degli umani senza alcun suggerimento. Stiamo ancora aspettando. Specificando inline (esplicitamente, o implicitamente quando si scrivono funzioni membro nella definizione di una classe) si invoglia il compilatore a fare un lavoro migliore.

Esempio

```
inline string cat(const string& s, const string& s2) { return s + s2; }
```

Eccezione

Non mettere `inline` una funzione in quella che dovrebbe essere un'interfaccia stabile a meno di non essere certi che non cambierà. Una funzione `inline` è parte dell'ABI [Application Binary Interface].

Nota

`constexpr` implica `inline`.

Nota

Le funzioni membro definite nella classe sono per default `inline`.

Eccezione

Le funzioni template (comprese le funzioni membro delle classi template `A<T>::function()` e le funzioni template membro `A::function<T>()`) vengono di norma definite negli header e quindi sono `inline`.

Imposizione

Segnalare le funzioni `inline` che hanno più di tre istruzioni e che potrebbero essere dichiarate non `inline` (come le funzioni membro delle classi).

9.1.6 F.6: Se la funzione non deve andare in errore, la si dichiara `noexcept`

Motivo

Se non si suppone che venga generata un'eccezione, non si può assumere che il programma la gestisca e dev'essere terminato al più presto. Dichiarando una funzione `noexcept` si aiutano gli ottimizzatori a ridurre il numero di percorsi di esecuzione alternativi. Si accelera anche l'uscita dopo un errore.

Esempio

Si inserisce `noexcept` su tutte le funzioni scritte totalmente in C o un qualsiasi altro linguaggio che non gestisca le eccezioni. La C++ Standard Library lo fa implicitamente per tutte le funzioni nella C Standard Library.

Nota

Le funzioni `constexpr` possono andare in errore quando vengono valutate a runtime, quindi potrebbe essere necessario un `noexcept` condizionale per alcune di esse.

Esempio

Si può usare `noexcept` anche su funzioni che possono andare in errore:

```
vector<string> collect(istream& is) noexcept
{
    vector<string> res;
    for (string s; is >> s;)
        res.push_back(s);
    return res;
}
```

Se `collect()` esaurisce la memoria, il programma va in crash. A meno che il programma non sia concepito per sopravvivere all'esaurimento della memoria, questa potrebbe essere la cosa giusta da fare; `terminate()` potrebbe generare delle adeguate informazioni sugli errori (ma con la memoria esaurita è difficile fare qualcosa di intelligente).

Nota

Si deve essere consapevoli dell'ambiente di esecuzione in cui gira il proprio codice quando si decide di dichiarare una funzione `noexcept`, specialmente per i problemi causati dagli errori e dalle allocazioni. Un codice per essere perfettamente generale (come la libreria standard ed il codice di altre utility simili) deve supportare ambienti dove un'eccezione `bad_alloc` potrebbe essere gestita in modo significativo. Tuttavia, la maggior parte dei programmi e degli ambienti di esecuzione non è in grado di gestire in modo significativo un errore di allocazione e, in quei casi, l'interruzione del programma è la risposta più pulita e semplice a un errore di allocazione. Se si sa che il codice non possa rispondere ad un errore di allocazione, potrebbe essere opportuno aggiungere `noexcept` anche alle funzioni che allocano.

In altri termini: Nella maggior parte dei programmi, la maggior parte delle funzioni può andare in errore (p.es., perché usano `new`, chiamano funzioni che lo fanno o usano funzioni di libreria che riportano un errore da gestire), quindi non ci si limiti a spargere i `noexcept` dappertutto senza considerare se sia possibile gestire gli errori.

`noexcept` è più utile (e chiaramente più corretta) per le funzioni a basso livello usate di frequente.

Nota

I distruttori, le funzioni `swap`, le operazioni `move`, e i costruttori di default non dovrebbero mai sollevare eccezioni. Si veda anche *C.44*.

Imposizione

- Segnalare le funzioni non `noexcept`, ma che non sollevano errori.
- Segnalare gli `swap`, i `move`, i distruttori e i costruttori di default.

9.1.7 F.7: Per un uso generale, si prendono gli argomenti `T*` o `T&` anziché gli smart pointer

Motivo

Il passaggio di uno smart pointer trasferisce o condivide la proprietà e deve essere utilizzato solo quando si intende la semantica della proprietà. Una funzione che non gestisce il ciclo di vita dovrebbe, invece, accettare dei puntatori semplici o dei riferimenti.

Il passaggio tramite smart pointer limita l'uso di una funzione ai chiamanti che usano gli smart pointer. Una funzione che necessita di un widget dovrebbe essere in grado di accettare qualsiasi oggetto widget, non solo quelli la cui durata è gestita da un particolare tipo di smart pointer.

Il passaggio di uno smart pointer shared (p.es., `std::shared_ptr`) implica un costo a run-time.

Esempio

```
// accepts any int*
void f(int*);

// can only accept ints for which you want to transfer ownership
void g(unique_ptr<int>);

// can only accept ints for which you are willing to share ownership
void g(shared_ptr<int>);

// doesn't change ownership, but requires a particular ownership of
// → the caller
void h(const unique_ptr<int>&);

// accepts any int
void h(int&);
```

Esempio, cattivo

```
// callee
void f(shared_ptr<widget>& w)
{
    // ...
    use(*w); // only use of w -- the lifetime is not used at all
    // ...
};

// caller
shared_ptr<widget> my_widget = /* ... */;
f(my_widget);

widget stack_widget;
f(stack_widget); // error
```

Esempio, buono

```
// callee
void f(widget& w)
{
    // ...
    use(w);
    // ...
};

// caller
shared_ptr<widget> my_widget = /* ... */;
f(*my_widget);

widget stack_widget;
f(stack_widget); // ok -- now this works
```

Nota

Si possono catturare molti casi comuni di puntatori «appesi» [dangling] staticamente (cfr. *profilo di sicurezza sul ciclo-di-vita [lifetime safety]*). Gli argomenti delle funzioni vivono naturalmente per tutta la durata della chiamata alla funzione e quindi hanno meno problemi di durata.

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se una funzione accetta come parametro un tipo di puntatore intelligente (che sovraccarica [overload] `operator->` o `operator*`) che è copiabile ma la funzione chiama solo uno tra: `operator*`, `operator->` o `get()`. Suggestire, invece, di usare `T*` o `T&`.
- Segnalare un parametro di tipo smart pointer (un tipo che sovraccarica [overload] `operator->` o `operator*`) che è copiabile/spostabile ma non viene mai copiato/spostato nel corpo della funzione, che non viene mai modificato, e che non viene passato ad un'altra funzione che potrebbe farlo. Questo vuol dire che non viene usata la semantica della proprietà [ownership]. Suggestire, invece, di usare `T*` o `T&`.

Si veda anche:

- *Preferire `T*` a `T&` quando «nessun argomento» è una valida opzione*
- *Riepilogo delle regole sugli smart pointer*

9.1.8 F.8: Preferire le funzioni pure

Motivo

Sulle funzioni pure è più facile ragionarci, a volte sono più facili da ottimizzare (ed anche da parallelizzare), e talvolta si possono memoizzare [=memorizzare].

Esempio

```
template<class T>
auto square(T t) { return t * t; }
```

Imposizione

Non è possibile.

9.1.9 F.9: I parametri inutilizzati devono essere senza nome

Motivo

Leggibilità. Soppressione dei warning sui parametri inutilizzati.

Esempio

```
widget* find(const set<widget>& s, const widget& w, Hint);    // once
↳ upon a time, a hint was used
```

Nota

La possibilità di avere parametri senza nome è stata introdotta all'inizio del 1980 per risolvere questo problema.

Se i parametri sono condizionalmente inutilizzati, dichiararli con l'attributo `[[maybe_unused]]`. Per esempio:

```
template <typename Value>
Value* find(const set<Value>& s, const Value& v, [[maybe_unused]] Hint
↳ h)
{
    if constexpr (sizeof(Value) > CacheSize)
    {
        // a hint is used only if Value is of a certain size
    }
}
```

Imposizione

Segnalare i nomi dei parametri inutilizzati.

9.1.10 F.10: Se un'operazione può essere riutilizzata, le si assegna un nome

Motivo

Documentazione, leggibilità, possibilità di riutilizzo.

Esempio

```
struct Rec {
    string name;
    string addr;
    int id;        // unique identifier
};

bool same(const Rec& a, const Rec& b)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
{
    return a.id == b.id;
}

vector<Rec*> find_id(const string& name);    // find all records for
↳ "name"

auto x = find_if(vr.begin(), vr.end(),
    [&](Rec& r) {
        if (r.name.size() != n.size()) return false; // name to_
↳ compare to is in n
        for (int i = 0; i < r.name.size(); ++i)
            if (tolower(r.name[i]) != tolower(n[i])) return false;
        return true;
    }
);
```

Qui c'è una funzione nascosta (confronto «case insensitive» di stringhe), come spesso accade quando gli argomenti della lambda diventano grandi.

```
bool compare_insensitive(const string& a, const string& b)
{
    if (a.size() != b.size()) return false;
    for (int i = 0; i < a.size(); ++i) if (tolower(a[i]) !=_
↳ tolower(b[i])) return false;
    return true;
}

auto x = find_if(vr.begin(), vr.end(),
    [&](Rec& r) { return compare_insensitive(r.name, n); }
);
```

O forse (se si preferisce evitare il nome implicito legato a n):

```
auto cmp_to_n = [&n](const string& a) { return compare_insensitive(a,
↳ n); };

auto x = find_if(vr.begin(), vr.end(),
    [](const Rec& r) { return cmp_to_n(r.name); }
);
```


Nota

Se funzioni, lambda o operatori.

Eccezione

- Le lambda usate logicamente solo localmente, come un argomento di `for_each` e algoritmi simili per il controllo del flusso.
- Le lambda come *inizializzatori*

Imposizione

- (difficile) segnalare le lambda simili
- ???

9.1.11 F.11: Usare una lambda anonima se c'è bisogno di un semplice oggetto funzione in un posto soltanto

Motivo

Questo rende il codice conciso e offre una località migliore delle alternative.

Esempio

```
auto earlyUsersEnd = std::remove_if(users.begin(), users.end(),  
                                     [](const User &a) { return a.id > 100; }  
→ 100; });
```

Eccezione

Dare un nome ad una lambda può essere utile per chiarezza anche se viene usata una sola volta.

Imposizione

- Cercare lambda identiche o quasi identiche (da sostituire con nomi di funzioni o nomi di lambda).

9.2 F.call: Passaggio di parametri

Esistono vari modi per passare i parametri ad una funzione e per restituire dei valori.

9.2.1 F.15: Preferire metodi semplici e convenzionali per il passaggio delle informazioni

Motivo

L'uso di tecniche «insolite e ingegnose» provoca sorpresa, rallenta la comprensione da parte di altri programmatori e favorisce i bug. Se si sente veramente il bisogno di un'ottimizzazione al di là delle comuni tecniche, effettuare delle misure per essere sicuri che sia un effettivo miglioramento e si documenti/commenti perché la miglioria potrebbe non essere portabile.

Le seguenti tabelle riassumono i consigli nelle linee-guida seguenti, F.16-21.

Passaggio di parametri normale:

	Cheap or impossible to copy (e.g., int, unique_ptr)	Cheap to move (e.g., vector<T>, string) or Moderate cost to move (e.g., array<vector>, BigPOD) or Don't know (e.g., unfamiliar type, template)	Expensive to move (e.g., BigPOD[], array<BigPOD>)
Out	X f()		
In/Out	f(X&)		
In	f(X)	f(const X&)	
In & retain "copy"			

"Cheap" ≈ a handful of hot int copies
"Moderate cost" ≈ memcpy hot/contiguous ~1KB and no allocation

* or return unique_ptr<X>/make_shared_<X> at the cost of a dynamic allocation

Passaggio di parametri avanzato:

	Cheap or impossible to copy (e.g., int, unique_ptr)	Cheap to move (e.g., vector<T>, string) or Moderate cost to move (e.g., array<vector>, BigPOD) or Don't know (e.g., unfamiliar type, template)	Expensive to move (e.g., BigPOD[], array<BigPOD>)
Out	X f()		
In/Out	f(X&)		
In	f(X)	f(const X&)	
In & retain copy		f(const X&) + f(X&&) & move **	
In & move from		f(X&&) **	

* or return unique_ptr<X>/make_shared_<X> at the cost of a dynamic allocation

** special cases can also use perfect forwarding (e.g., multiple in+copy params, conversions)

Utilizzare le tecniche avanzate solo dopo averne dimostrato la necessità documentandola in un commento.

Per il passaggio di sequenze di caratteri, cfr. *String*.

Eccezione

Per esprimere la proprietà condivisa utilizzando i tipi `shared_ptr`, anziché seguire le linee guida F.16-21, seguire la R.34, la R.35 e la R.36.

9.2.2 F.16: Per i parametri «in», si passano i tipi copiati “a buon prezzo” per valore e gli altri per riferimento a `const`

Motivo

Entrambi comunicano al chiamante che una funzione non modificherà l'argomento ed entrambi consentono l'inizializzazione per `rvalue`.

Quello che è «economico da copiare» dipende dall'architettura della macchina, ma due o tre word (double, puntatori, riferimenti) solitamente è meglio passarli per valore. Quando la copia è economica, nulla ne batte la semplicità e la sicurezza e per gli oggetti piccoli (fino a due o tre word) è anche più veloce del passaggio per riferimento perché non richiede, alla funzione, una indirizione extra per l'accesso.

Esempio

```
void f1(const string& s); // OK: pass by reference to const; always
↳ cheap

void f2(string s);       // bad: potentially expensive

void f3(int x);          // OK: Unbeatable

void f4(const int& x);    // bad: overhead on access in f4()
```

Per i (soli) usi avanzati, dove c'è davvero bisogno di ottimizzare gli `rvalue` passati come parametri «input-only»:

- Se la funzione eseguirà incondizionatamente un move dell'argomento, prenderlo per `&&`. Cfr. F.18.
- Se la funzione manterrà una copia modificabile localmente dell'argomento solo per il proprio uso locale, prenderla per valore va bene
- Se la funzione manterrà una copia dell'argomento da passare a un'altra destinazione (a un'altra funzione o da archiviare in una posizione non locale), oltre a passare `const&` (per `lvalue`), si aggiunge un overload che passa il parametro tramite `&&` (per `rvalue`) e nel

corpo `std::move` lo porta alla sua destinazione. In sostanza, questi overload aggiungono un «si-sposterà-da»; cfr. *F.18*.

- In casi speciali, come i parametri «input + copia» multipli, si considera l'uso del “perfect forwarding”. Cfr. *F.19*.

Esempio

```
int multiply(int, int); // just input ints, pass by value

// suffix is input-only but not as cheap as an int, pass by const&
string& concatenate(string&, const string& suffix);

void sink(unique_ptr<widget>); // input only, and moves ownership of ↵
↵the widget
```

Evitare «tecniche esoteriche» come il passaggio di argomenti come T&& «per efficienza». La maggior parte delle voci sulle prestazioni del passaggio per && sono false o deboli (ma si vedano *F.18* e *F.19*).

Note

Si può assumere che un riferimento riguardi un oggetto valido (regola de linguaggio). Non esiste un (legittimo) «riferimento null». Se si necessita della nozione di un valore opzionale, si usa un puntatore, `std::optional` o un valore speciale usato per denotare «nessun valore».

Imposizione

- (Semplice) ((Foundation)) Si emette un warning quando un parametro che viene passato per valore ha una dimensione maggiore di `2 * sizeof(void*)`. Sugerire di usare, invece, un riferimento a `const`.
- (Semplice) ((Foundation)) Si emette un warning quando un parametro passato per riferimento a `const` ha una dimensione inferiore a `2 * sizeof(void*)`. Sugerire, invece, di passare per valore.
- (Semplice) ((Foundation)) Si emette un warning quando un parametro passato per riferimento a `const`, subisce un `move`.

Eccezione

Per esprimere la proprietà condivisa utilizzando i tipi `shared_ptr`, seguire *R.34* o *R.36*, a seconda che la funzione accetti o meno incondizionatamente un riferimento all'argomento.

9.2.3 F.17: I parametri «in-out», si passano per riferimento non-const

Motivo

Ciò chiarisce ai chiamanti che si presuppone che l'oggetto verrà modificato.

Esempio

```
void update(Record& r); // assume that update writes to r
```

Nota

Alcuni tipi user-defined e della libreria standard, come `span<T>` e gli iteratori sono *economici da copiare* e si possono passare per valore, così facendo ha una semantica di riferimento «mutable» (in-out):

```
void increment_all(span<int> a)
{
    for (auto&& e : a)
        ++e;
}
```

Nota

Un argomento T& può passare informazioni ad una funzione così come estrarne. Quindi T& potrebbe essere un parametro-in-out. Questo di per sé può essere un problema e una fonte di errori:

```
void f(string& s)
{
    s = "New York"; // non-obvious error
}

void g()
{
    string buffer = ".....";
    f(buffer);
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// ...  
}
```

Qui, chi ha scritto `g()` sta fornendo un buffer a `f()` da riempire, ma `f()` semplicemente lo sostituisce (ad un costo leggermente superiore della semplice copia dei caratteri). Un brutto errore logico può aversi se chi scrive `g()` assume erroneamente la dimensione del buffer.

Imposizione

- (Moderato) ((Foundation)) Emette un warning per le funzioni relative a riferimenti di parametri non-`const` che *not* scrivono in essi.
- (Semplice) ((Foundation)) Emette un warning quando un parametro non-`const` passato per riferimento [viene spostato] ne viene fatto un `move`.

9.2.4 F.18: I parametri «si-sposterà-da», si passano per `X&&` o con `std::move` the parameter

Motivo

È efficiente ed elimina i bug dal lato della chiamata: `X&&` si lega [bind] agli rvalue, cosa che richiede una esplicita `std::move` dal lato del chiamante se si passa un lvalue.

Esempio

```
void sink(vector<int>&& v) // sink takes ownership of whatever the_
→argument owned
{
    // usually there might be const accesses of v here
    store_somewhere(std::move(v));
    // usually no more use of v here; it is moved-from
}
```

Si noti che `std::move(v)` consente a `store_somewhere()` di lasciare `v` in uno stato spostato [moved-from]. *Questo potrebbe essere pericoloso.*

Eccezione

I tipi a proprietà unica che sono move-only ed economici-da-spostare, come `unique_ptr`, si possono passare anche per valore, cosa che è più semplice da scrivere e si ha lo stesso effetto. Passando per valore si genera un'operazione extra (economica) di move, ma è da preferire innanzitutto la semplicità e la chiarezza.

Per esempio:

```
template<class T>
void sink(std::unique_ptr<T> p)
{
    // use p ... possibly std::move(p) onward somewhere else
} // p gets destroyed
```

Eccezione

Se il parametro «si-sposterà-da» è uno `shared_ptr` seguire [R.34](#) e passare `shared_ptr` per valore.

Imposizione

- Segnalare tutti i parametri `X&&` (dove `X` non è il nome di un parametro di tipo template) dove il corpo della funzione li usa senza `std::move`.
- Segnalare l'accesso a oggetti spostati [moved-from].
- Non spostare condizionalmente oggetti

9.2.5 F.19: Per i parametri «forward», si passano per `TP&&` e si esegue `std::forward` solo per il parametro

Motivo

Se l'oggetto deve essere passato ad altro codice e non direttamente usato da questa funzione, si vuol rendere questa funzione agnostica rispetto all'argomento `const` e `rvalue`.

In quel caso, e solo in quel caso, si rende il parametro `TP&&` dove `TP` è un parametro di tipo template – esso contemporaneamente *ignora* e *preserva* l'essere `const` e `rvalue`. Pertanto, qualsiasi codice che utilizza un `TP&&` dichiara implicitamente non prende in considerazione che le variabili siano `const` o `rvalue` (perché lo ignora), ma che intende passare il valore ad un altro codice che si occuperà dell'essere `const` o `rvalue` (dato che è preservato). Se usato come parametro `TP&&` è sicuro perché qualsiasi oggetto temporaneo passato dal chiamante vivrà per tutta la durata della chiamata alla funzione. Un parametro di tipo `TP&&` deve essenzialmente essere sempre inoltrato tramite `std::forward` nel corpo della funzione.

Esempio

Di solito si inoltra l'intero parametro (o pacchetto di parametri, utilizzando ...) esattamente una volta su ogni percorso di flusso di controllo statico:

```
template<class F, class... Args>
inline decltype(auto) invoke(F&& f, Args&&... args)
{
    return forward<F>(f)(forward<Args>(args)...);
}
```

Esempio

A volte si può inoltrare [forward] un parametro composito a pezzi, un sotto-oggetto per volta per ogni percorso di flusso di controllo statico:

```
template<class PairLike>
inline auto test(PairLike&& pairlike)
{
    // ...
    f1(some, args, and, forward<PairLike>(pairlike).first);           /
    ↪/ forward .first
    f2(and, forward<PairLike>(pairlike).second, in, another, call);  /
    ↪/ forward .second
}
```

Imposizione

- Si segnala una funzione che prende un parametro TP&& (dove TP è il nome di un parametro di tipo template) e ci fa qualsiasi cosa che non sia `std::forward` esattamente una sola volta su ogni percorso statico, o `std::forward` inviandolo più di una volta ma qualificato con un membro dati diverso esattamente una volta su ciascun percorso statico.

9.2.6 F.20: Per i valori «out», preferire i valori di ritorno ai parametri di output

Motivo

Un valore restituito è auto-documentante, mentre un & potrebbe essere sia in-out che solo-out e potrebbe essere usato erroneamente.

Ciò include anche grandi oggetti come i contenitori standard che usano operazioni implicite di spostamento [move] per una questione di prestazioni e per evitare una esplicita gestione della memoria.

Se ci sono più valori da restituire, si *usa una tuple* o un simile tipo multi-membro.

Esempio

```
// OK: return pointers to elements with the value x
vector<const int*> find_all(const vector<int>&, int x);

// Bad: place pointers to elements with value x in-out
void find_all(const vector<int>&, vector<const int*>& out, int x);
```

Nota

Una struct di molti (singolarmente economici per il move) elementi potrebbe risultare costosa per il move.

Eccezioni

- Per i tipi «non-concreti», come quelli in una gerarchia di ereditarietà, si restituisce un oggetto con `unique_ptr` o con `shared_ptr`.
- Se un tipo è costoso da spostare (p.es., `array<BigTrivial>`), si consideri di allocarlo nel [free store] e restituirne un handle (p.es., `unique_ptr`), o passandolo in un riferimento ad un oggetto destinazione non-const da riempire (da usarsi come parametro di uscita).
- Per riutilizzare un oggetto che porta il suo contenuto (p.es., `std::string`, `std::vector`) attraverso più chiamate alla funzione in un loop interno: lo si *tratta come un parametro in/out e lo si passa per riferimento*.

Esempio

Supponendo che `Matrix` abbia le operazioni move (probabilmente mantenendo i suoi elementi in un `std::vector`):

```
Matrix operator+(const Matrix& a, const Matrix& b)
{
    Matrix res;
    // ... fill res with the sum ...
    return res;
}

Matrix x = m1 + m2; // move constructor

y = m3 + m3;        // move assignment
```

Nota

L'ottimizzazione del valore di ritorno non gestisce il caso dell'assegnazione, ma l'assegnazione move lo fa.

Esempio

```
struct Package {          // exceptional case: expensive-to-move object
    char header[16];
    char load[2024 - 16];
};

Package fill();           // Bad: large return value
void fill(Package&);      // OK

int val();                // OK
void val(int&);           // Bad: Is val reading its argument
```

Imposizione

- Segnalare il riferimento a parametri non-const che non vengono letti prima di essere scritti e sono di un tipo economico da restituire; questi dovrebbero essere valori di ritorno in «out».

9.2.7 F.21: Per il return di valori «out» multipli, preferire la restituzione di una struct

Motivo

Un valore di ritorno si auto-dichiara come valore «output-only». Si noti che il C++ ha valori multipli restituiti, per convenzione utilizzando tipi simili a tuple (struct, array, tuple, ecc.), possibilmente con la comodità aggiuntiva dei [binding] strutturati (C++17) nel sito della chiamata. Se possibile, preferire l'uso di una struct con un nome. Altrimenti, è utile una tuple nei template variadici.

Esempio

```
// BAD: output-only parameter documented in a comment
int f(const string& input, /*output only*/ string& output_data)
{
    // ...
    output_data = something();
    return status;
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

}

// GOOD: self-documenting
struct f_result { int status; string data; };

f_result f(const string& input)
{
    // ...
    return {status, something()};
}

```

La libreria standard di C++98 utilizzava questo stile in alcuni punti, restituendo `pair` [coppie] in alcune funzioni. Per esempio, dato un `set<string> my_set`, si consideri:

```

// C++98
pair<set::iterator, bool> result = my_set.insert("Hello");
if (result.second)
    do_something_with(result.first);    // workaround

```

Con C++17 siamo in grado di utilizzare «binding strutturati» per assegnare un nome a ciascun membro:

```

if (auto [ iter, success ] = my_set.insert("Hello"); success)
    do_something_with(iter);

```

Una `struct` con nomi significativi è più comune nel moderno C++. Vedere per esempio `ranges::min_max_result`, `from_chars_result`, e altri.

Eccezione

A volte c'è bisogno di passare un oggetto ad una funzione per modificarne lo stato. In questi casi, passare l'oggetto per riferimento `T&` è solitamente la tecnica giusta. Restituire esplicitamente un parametro in-out ancora come valore di ritorno spesso non è necessario. Per esempio:

```

istream& operator>>(istream& in, string& s);    // much like std::operator>>()

for (string s; in >> s; ) {
    // do something with line
}

```

Qui, sia `s` che `in` vengono usati come parametri in-out. Si passa `in` per riferimento (non-`const`) per essere in grado di modificarne lo stato. Si passa `s` per evitare ripetute allocazioni. Riutilizzando `s` (passato per riferimento), si alloca nuova memoria solo quando è necessario espandere la capacità di `s`. Questa tecnica è talvolta detta schema di «out allocato-dal-chiamante» ed è particolarmente utile per i tipi, come `string` e `vector`, che eseguono allocazioni nel [free store].

Per fare un confronto, se distribuissimo tutti i valori come valori di ritorno, scriveremmo qualcosa del genere:

```
struct get_string_result { istream& in; string s; };

get_string_result get_string(istream& in) // not recommended
{
    string s;
    in >> s;
    return { in, move(s) };
}

for (auto [in, s] = get_string(cin); in; s = get_string(in).s) {
    // do something with string
}
```

Si ritiene che sia notevolmente meno elegante e con prestazioni significativamente meno performanti.

Per una lettura veramente rigorosa di questa regola (F.21), l'eccezione non è realmente un'eccezione perché si basa su parametri in-out, anziché su parametri di out citati nella regola. Tuttavia, si preferisce essere espliciti, piuttosto che criptici.

Nota

Nella maggior parte dei casi, è utile restituire un tipo specifico, definito dall'utente. Per esempio:

```
struct Distance {
    int value;
    int unit = 1; // 1 means meters
};

Distance d1 = measure(obj1); // access d1.value and d1.unit
auto d2 = measure(obj2); // access d2.value and d2.unit
auto [value, unit] = measure(obj3); // access value and unit; somewhat
→redundant

// to people who know measure()
auto [x, y] = measure(obj4); // don't; it's likely to be
→confusing
```

Le eccessivamente generiche `pair` e `tuple` dovrebbero essere utilizzate solo quando il valore restituito rappresenta entità indipendenti invece che un'astrazione.

Un'altra possibilità è quella di usare `optional<T>` o `expected<T, error_code>`, invece di `pair` e `tuple`. Se utilizzati in modo appropriato, questi tipi trasmettono più informazioni su cosa significano i membri rispetto a `pair<T, bool>` e a `pair<T, error_code>`.

Nota

Quando l'oggetto da restituire viene inizializzato da variabili locali che sono costose da copiare, un `move` esplicito può essere utile per evitare la copia:

```
pair<LargeObject, LargeObject> f(const string& input)
{
    LargeObject large1 = g(input);
    LargeObject large2 = h(input);
    // ...
    return { move(large1), move(large2) }; // no copies
}
```

Alternativamente,

```
pair<LargeObject, LargeObject> f(const string& input)
{
    // ...
    return { g(input), h(input) }; // no copies, no moves
}
```

Si noti che questo è diverso da `return move(...)` dell'anti-pattern dall'*ES.56*

Imposizione

- I parametri di output devono essere sostituiti da valori di ritorno. Un parametro di output è quello in cui la funzione scrive, invoca una funzione membro non-const o lo passa come non-const.
- I tipi restituiti `pair` e `tuple` dovrebbero essere sostituiti da `struct`, quando possibile. Nei template variadici, `tuple` è spesso inevitabile.

9.2.8 F.60: Preferire T* a T& quando «nessun argomento» è una valida opzione

Motivo

Un puntatore (T*) può essere un `nullptr` mentre un riferimento (T&) non può, non c'è nessun valido «riferimento null». A volte avere `nullptr`, anziché indicare «nessun oggetto», è utile, ma in caso contrario, un riferimento è una notazione più semplice e può produrre un codice migliore.

Esempio

```
string zstring_to_string(zstring p) // zstring is a char*; that is a C-
→style string
{
    if (!p) return string{};    // p might be nullptr; remember to
→check
    return string{p};
}

void print(const vector<int>& r)
{
    // r refers to a vector<int>; no check needed
}
```

Nota

È possibile, ma non è un valido C++, costruire un riferimento che sia essenzialmente un nullptr (p.es., `T* p = nullptr; T& r = *p;`). Questo errore è molto raro.

Nota

Se si preferisce la notazione del puntatore (`->` e/o `*` rispetto a `.`), `not_null<T*>` fornisce le stesse garanzie di `T&`.

Imposizione

- Segnalare ???

9.2.9 F.22: Utilizzare `T*` o `owner<T*>` per designare un singolo oggetto

Motivo

Leggibilità: chiarisce il significato di un semplice puntatore. Consente un significativo supporto di tool.

Nota

Nel tradizionale codice C e C++, si usa un semplice `T*` per molti scopi e molto diversi, come:

- Identificare un (singolo) oggetto (da non cancellare in questa funzione)
- Puntare ad un oggetto allocato nel [free store] (e cancellarlo in seguito)
- Contenere il `nullptr`
- Identificare una stringa C-style (array di caratteri “zero-terminated”)
- Identificare un array con una lunghezza specificata separatamente
- Identificare una posizione in un array

Questo rende difficile capire cosa fa il codice e cosa dovrebbe fare. Complica il controllo e il supporto dei tool.

Esempio

```
void use(int* p, int n, char* s, int* q)
{
    p[n - 1] = 666; // Bad: we don't know if p points to n elements;
                    // assume it does not or use span<int>
    cout << s;      // Bad: we don't know if that s points to a zero-
    ↪terminated array of char;
                    // assume it does not or use zstring
    delete q;       // Bad: we don't know if *q is allocated on the
    ↪free store;
                    // assume it does not or use owner
}
```

Meglio

```
void use2(span<int> p, zstring s, owner<int*> q)
{
    p[p.size() - 1] = 666; // OK, a range error can be caught
    cout << s; // OK
    delete q;  // OK
}
```

Nota

`owner<T*>` rappresenta la proprietà [ownership], `zstring` rappresenta una stringa C-style.

Inoltre: Si suppone che un `T*` ottenuto da uno smart pointer a `T` (p.es., `unique_ptr<T>`) punti ad un singolo elemento.

Si veda anche: *Support library*

Si veda anche: *Non passare un array come singolo puntatore*

Imposizione

- (Semplice) ((Bounds)) Segnalare un warning per ogni operazione aritmetica o espressione di tipo puntatore che risulti nel valore di un tipo puntatore.

9.2.10 F.23: Utilizzare `not_null<T>` per indicare che «null» non è un valore valido

Motivo

Chiarezza. Una funzione con un parametro `not_null<T>` chiarisce che il chiamante della funzione è responsabile di tutti i controlli `nullptr` che potrebbero essere necessari. Allo stesso modo, una funzione con un valore di ritorno `not_null<T>` chiarisce che il chiamante della funzione non deve controllare per `nullptr`.

Esempio

`not_null<T*>` rende ovvio ad un lettore (umano o una macchina) che un test per `nullptr` non è necessario prima di dereferenziare. Inoltre, durante il debug, `owner<T*>` e `not_null<T>` si possono automatizzare per il controllo della correttezza.

Si consideri:

```
int length(Record* p);
```

Quando si chiama `length(p)` si deve prima verificare se `p` sia `nullptr`? L'implementazione di `length()` dovrebbe verificare se `p` è `nullptr`?

```
// it is the caller's job to make sure p != nullptr
int length(not_null<Record*> p);

// the implementor of length() must assume that p == nullptr is
↳ possible
int length(Record* p);
```


Nota

Si presume che un `not_null<T*>` non sia `nullptr`; un `T*` potrebbe essere il `nullptr`; entrambi si possono rappresentare in memoria come un `T*` (quindi non è implicito alcun overhead a run-time).

Nota

`not_null` non è solo per i puntatori nativi [built-in]. Funziona con `unique_ptr`, `shared_ptr`, ed altri tipi di puntatori.

Imposizione

- (Semplice) Emette un warning se un puntatore semplice [raw] viene de-referenziato senza essere testato contro i `nullptr` (o equivalente) in una funzione, suggerendo che, invece, sia dichiarato `not_null`.
- (Semplice) Solleva un errore se un puntatore [raw] viene a volte dereferenziato dopo un test per `nullptr` (o equivalente) in una funzione e talvolta non lo è.
- (Semplice) Emette un warning se un puntatore `not_null` viene testato per `nullptr` in una funzione.

9.2.11 F.24: Utilizzare `span<T>` o `span_p<T>` per indicare una sequenza semiaperta

Motivo

Intervalli informali/non-espliciti sono fonte di errori.

Esempio

```
X* find(span<X> r, const X& v);    // find v in r

vector<X> vec;
// ...
auto p = find({vec.begin(), vec.end()}, X{}); // find X{} in vec
```

Nota

Gli intervalli sono estremamente comuni nel codice C++. In genere, sono impliciti e il loro corretto utilizzo è molto difficile da garantire. In particolare, data una coppia di argomenti (p, n) che designa un array [p:p+n), è generalmente impossibile sapere se ci sono davvero n elementi a cui accedere dopo *p. `span<T>` e `span_p<T>` sono semplici classi di supporto [helper] che designano, rispettivamente, un intervallo [range] [p:q) e un intervallo che inizia con p e termina con il primo elemento per cui un predicato è vero.

Esempio

Uno `span` rappresenta un intervallo di elementi, ma come si possono manipolare gli elementi di quell'intervallo?

```
void f(span<int> s)
{
    // range traversal (guaranteed correct)
    for (int x : s) cout << x << '\n';

    // C-style traversal (potentially checked)
    for (gsl::index i = 0; i < s.size(); ++i) cout << s[i] << '\n';

    // random access (potentially checked)
    s[7] = 9;

    // extract pointers (potentially checked)
    std::sort(&s[0], &s[s.size() / 2]);
}
```

Nota

Un oggetto `span<T>` non possiede i suoi elementi ed è così piccolo che si può passare per valore.

Passare un oggetto `span` come argomento è esattamente tanto efficiente quanto passare, come argomenti, una coppia di puntatori o passare un puntatore ed un contatore intero.

Si veda anche: [*Support library*](#)

Imposizione

(Complicato) Sollevare un warning dove gli accessi ai parametri puntatore sono limitati da altri parametri che siano di tipo intero e suggerire che si dovrebbe, invece, usare `span`.

9.2.12 F.25: Utilizzare `zstring` o `not_null<zstring>` per indicare una stringa C-style

Motivo

Le stringhe in stile C sono onnipresenti. Sono definite per convenzione: array di caratteri terminate con zero. Si deve far distinzione tra le stringhe C-style e i puntatori ad un singolo carattere o i puntatori vecchio stile ad un array di caratteri.

Se non c'è bisogno della terminazione null, si usa `string_view`.

Esempio

Si consideri:

```
int length(const char* p);
```

Quando si chiama `length(s)` si deve controllare prima se `s` è `nullptr`? L'implementazione di `length()` dovrebbe verificare se `p` è `nullptr`?

```
// the implementor of length() must assume that p == nullptr is
↳possible
int length(zstring p);

// it is the caller's job to make sure p != nullptr
int length(not_null<zstring> p);
```

Nota

`zstring` non rappresenta la proprietà [ownership].

Si veda anche: *Support library*

9.2.13 F.26: Utilizzare `unique_ptr<T>` per trasferire l'ownership dove è necessario un puntatore

Motivo

L'uso di `unique_ptr` è il modo più economico per passare un puntatore in modo sicuro.

Si veda anche: *C.50* a proposito di quando restituire uno `shared_ptr` da una factory.

Esempio

```
unique_ptr<Shape> get_shape(istream& is) // assemble shape from input
↳stream
{
    auto kind = read_header(is); // read header and identify the next
↳shape on input
    switch (kind) {
    case kCircle:
        return make_unique<Circle>(is);
    case kTriangle:
        return make_unique<Triangle>(is);
    // ...
    }
}
```

Nota

Bisogna passare un puntatore anziché un oggetto se quello che si sta trasferendo è un oggetto di una gerarchia di classi che deve essere usato attraverso un'interfaccia (classe base).

Imposizione

(Semplice) Solleva un warning se una funzione restituisce un semplice puntatore allocato localmente. Suggestire, invece, di usare o `unique_ptr` o `shared_ptr` instead.

9.2.14 F.27: Utilizzare `shared_ptr<T>` per condividere l'ownership

Motivo

L'uso dello `std::shared_ptr` è il modo standard per rappresentare la proprietà [ownership] condivisa. Ovvero, l'ultimo proprietario cancella l'oggetto.

Esempio

```
{
    shared_ptr<const Image> im { read_image(somewhere) };

    std::thread t0 {shade, args0, top_left, im};
    std::thread t1 {shade, args1, top_right, im};
    std::thread t2 {shade, args2, bottom_left, im};
    std::thread t3 {shade, args3, bottom_right, im};
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// detaching threads requires extra care (e.g., to join before
// main ends), but even if we do detach the four threads here ...
}
// ... shared_ptr ensures that eventually the last thread to
// finish safely deletes the image
```

Nota

Preferire un `unique_ptr` rispetto a uno `shared_ptr` se non c'è mai più di un solo proprietario per volta. `shared_ptr` è per la proprietà condivisa [shared].

Si noti che l'uso pervasivo di `shared_ptr` ha un costo (le operazioni atomiche sul contatore dei riferimenti dello `shared_ptr` hanno un costo globale misurabile).

Alternativa

Avere un solo oggetto proprietario dell'oggetto condiviso (p.es. un oggetto in uno scope) e distruggerlo (preferibilmente implicitamente) quando tutte le utenze sono completate.

Imposizione

(Non imponibile) Questo è un pattern troppo complesso per essere rilevato affidabilmente.

9.2.15 F.42: Restituire T* per indicare (solo) una posizione

Motivo

Ecco a cosa servono i puntatori. Restituire un T* per trasferire la proprietà è un uso improprio.

Esempio

```
Node* find(Node* t, const string& s) // find s in a binary tree of
↳ Nodes
{
    if (!t || t->name == s) return t;
    if ((auto p = find(t->left, s))) return p;
    if ((auto p = find(t->right, s))) return p;
    return nullptr;
}
```

Se non è `nullptr`, il puntatore restituito da `find` indica un `Node` contenente `s`. È importante sottolineare che ciò non implica un trasferimento della proprietà dell'oggetto puntato al chiamante.

Nota

Le posizioni possono anche essere trasferite da iteratori, indici e riferimenti. Un riferimento è spesso un'alternativa superiore ad un puntatore *se non c'è bisogno di usare `nullptr` o se l'oggetto a cui si fa riferimento non deve cambiare*.

Nota

Non restituire un puntatore a qualcosa che non rientra nello scope del chiamante; cfr. F.43.

Si veda anche: *discussione sulla prevenzione dei puntatori “appesi” [dangling]*

Imposizione

- Segnalare i `delete`, `std::free()`, ecc. applicati a un semplice `T*`. Solo i proprietari [owner] possono cancellare.
- Segnalare i `new`, `malloc()`, ecc. assegnati a semplici `T*`. Solo i proprietari dovrebbero essere responsabili della cancellazione.

9.2.16 F.43: Mai (direttamente o indirettamente) restituire un puntatore o un riferimento ad un oggetto locale

Motivo

Per evitare i crash e la corruzione dei dati che avviene a causa dei puntatori “appesi” [dangling].

Esempio, cattivo

All'uscita da una funzione i suoi oggetti locali non esistono più:

```
int* f()
{
    int fx = 9;
    return &fx;  // BAD
}

void g(int* p)  // looks innocent enough
{
    int gx;
    cout << "*p == " << *p << '\n';
    *p = 999;
    cout << "gx == " << gx << '\n';
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void h()
{
    int* p = f();
    int z = *p; // read from abandoned stack frame (bad)
    g(p);       // pass pointer to abandoned stack frame to function.
    ↪(bad)
}
```

Qui su una popolare implementazione si ottiene l'output:

```
*p == 999
gx == 999
```

C'era da aspettarselo in quanto la chiamata a `g()` riutilizza lo spazio abbandonato dello stack della chiamata a `f()` quindi `*p` fa riferimento ad uno spazio occupato, ora, da `gx`.

- Si immagini cosa accadrebbe se `fx` e `gx` fossero di tipi diversi.
- Si immagini cosa accadrebbe se `fx` e `gx` fossero di un tipo con un invariante.
- Si immagini cosa accadrebbe se si passassero più puntatori “appesi” [dangling] in un gruppo più esteso di funzioni.
- Si immagini cosa potrebbe fare un cracker con quel puntatore “appeso” [dangling].

Fortunatamente, la maggior parte (tutti?) i moderni compilatori intercettano ed avvisano se capita questo semplice caso.

Nota

Questo vale anche per i riferimenti:

```
int& f()
{
    int x = 7;
    // ...
    return x; // Bad: returns reference to object that is about to be
    ↪destroyed
}
```

Nota

Questo vale solo per le variabili locali non-`static`. Tutte le variabili `static` sono (come indica il nome) allocate staticamente, quindi i puntatori ad esse non possono essere “appesi”.

Esempio, cattivo

Non tutti gli esempi di perdita [leaking] di un puntatore ad una variabile locale sono così ovvi:

```
int* glob;          // global variables are bad in so many ways

template<class T>
void steal(T x)
{
    glob = x();  // BAD
}

void f()
{
    int i = 99;
    steal([&] { return &i; });
}

int main()
{
    f();
    cout << *glob << '\n';
}
```

Qui si riesce a leggere la locazione abbandonata dalla chiamata a `f`. Il puntatore memorizzato in `glob` potrebbe essere utilizzato molto più tardi provocando problemi imprevedibili.

Nota

L'indirizzo di una variabile locale si può «restituire»/persa: con un comando return, con un parametro di out T&, come membro di un oggetto restituito, come elemento di un array restituito ed in altri modi.

Nota

Esempi simili si possono costruire «appendendo» [leaking] un puntatore da uno scope più interno verso uno più esterno; tali esempi vengono gestiti in modo equivalente ai [leak] dei puntatori uscendo da una funzione.

Una variante leggermente diversa del problema consiste nel piazzare i puntatori in un contenitore che sopravvive agli oggetti a cui punta.

Si veda anche: Un altro modo per ottenere puntatori appesi [dangling] è l'*invalidazione del puntatore*. Si può rilevare/prevenire con tecniche simili.

Imposizione

- I compilatori tendono ad intercettare il return di un riferimento ad un valore locale e in molti casi anche il rilevamento di puntatori a valori locali.
- L'analisi statica può rilevare molti pattern comuni sull'uso dei puntatori che si riferiscono a delle posizioni (eliminando, quindi, i puntatori appesi [dangling])

9.2.17 F.44: Restituire T& quando la copia è indesiderabile e non è necessario «restituire nessun oggetto»

Motivo

Il linguaggio garantisce che un T& faccia riferimento ad un oggetto, quindi non è necessario il test per il nullptr.

Si veda anche: La restituzione di un riferimento non implica il trasferimento della proprietà: *discussione sulla prevenzione dei puntatori “appesi” [dangling] e discussione sulla proprietà [ownership]*.

Esempio

```
class Car
{
    array<wheel, 4> w;
    // ...
public:
    wheel& get_wheel(int i) { Expects(i < w.size()); return w[i]; }
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// ...  
};  
  
void use()  
{  
    Car c;  
    wheel& w0 = c.get_wheel(0); // w0 has the same lifetime as c  
}
```

Imposizione

Si evidenziano le funzioni dove nessuna espressione `return` potrebbe restituire `nullptr`

9.2.18 F.45: Non restituire un T&&

Motivo

Si sta chiedendo di restituire un riferimento a un oggetto temporaneo distrutto. Un `&&` è una calamita per gli oggetti temporanei.

Esempio

Un riferimento a rvalue restituito esce dallo scope alla fine di tutta l'espressione da cui viene restituito:

```
auto&& x = max(0, 1); // OK, so far  
foo(x);              // Undefined behavior
```

Questo tipo di utilizzo è una frequente fonte di bug, spesso è erroneamente segnalato come un bug del compilatore. Un implementatore di una funzione dovrebbe evitare queste trappole agli utenti.

Il *profilo di sicurezza della durata* (quando è completamente implementato) intercetterà questi problemi.

Esempio

Restituire un riferimento rvalue va bene quando il riferimento all'oggetto temporaneo viene passato «all'interno» di una chiamata; in quel caso, è garantito che il temporaneo sopravviva alla chiamata a funzione (cfr. F.18 e F.19). Tuttavia, non va bene quando si passa questo riferimento «salendo» verso uno scope più ampio. Per le funzioni passanti [passthrough] che trasferiscono i parametri (per normale riferimento o un perfetto forwarding) e vogliono restituire dei valori, si restituisce il semplice tipo dedotto da `auto` (non `auto&&`).

Si supponga che `F` ritorni per valore:

```
template<class F>
auto&& wrapper(F f)
{
    log_call(typeid(f)); // or whatever instrumentation
    return f();          // BAD: returns a reference to a temporary
}
```

Meglio:

```
template<class F>
auto wrapper(F f)
{
    log_call(typeid(f)); // or whatever instrumentation
    return f();          // OK
}
```

Eccezione

`std::move` e `std::forward` restituiscono `&&`, ma quelli sono solo cast – usati per convenzione solo in contesti di espressioni dove un riferimento ad un oggetto temporaneo viene passato nella stessa espressione prima che il temporaneo venga distrutto. Non si conoscono altri buoni esempi per restituire `&&`.

Imposizione

Segnalare qualsiasi uso di `&&` come tipo di ritorno, eccetto in `std::move` e `std::forward`.

9.2.19 F.46: `int` è il tipo restituito da `main()`

Motivo

È una regola del linguaggio ma violata con delle «estensioni al linguaggio» così spesso che vale la pena citarla. Dichiarare il `main` (l'unico `main` globale di un programma) `void` limita la portabilità.

Esempio

```
void main() { /* ... */ }; // bad, not C++

int main()
{
    std::cout << "This is the way to do it\n";
}
```

Nota

Ne parliamo solo a causa della persistenza di questo errore nella comunità. Si noti che, nonostante il tipo restituito non-void, la funzione principale non richiede un’istruzione di ritorno esplicita.

Imposizione

- Dovrebbe farlo il compilatore
- Se il compilatore non lo fa, lasciare che lo segnalino i tools

9.2.20 F.47: Restituire T& dagli operatori di assegnamento

Motivo

La convenzione per gli operatori di overload (specie sui tipi concreti) è per `operator=(const T&)` per eseguire l’assegnazione e poi ritornare (non-const) `*this`. Ciò garantisce la coerenza con i tipi della libreria standard e segue il principio «fa come fanno gli int».

Nota

Storicamente c’erano alcune indicazioni per fare in modo che l’operatore di assegnazione restituisse `const T&`. Questo principalmente per evitare il codice nella forma di `(a = b) = c` – tale codice non è abbastanza comune da giustificare la violazione della coerenza con i tipi standard.

Esempio

```
class Foo
{
public:
    ...
    Foo& operator=(const Foo& rhs)
    {
        // Copy members.
        ...
        return *this;
    }
};
```

Imposizione

Dovrebbe essere imposto dai tool controllando il tipo di ritorno (e il valore di ritorno) di qualsiasi operatore di assegnamento.

9.2.21 F.48: Non fare `return std::move(local)`

Motivo

La restituzione di una variabile locale la sposta implicitamente comunque. Un `std::move` esplicito è sempre peggiorativo, perché impedisce l'ottimizzazione del valore di ritorno [Return Value Optimization] (RVO),

Esempio, cattivo

```
S bad()
{
    S result;
    return std::move(result);
}
```

Esempio, buono

```
S good()
{
    S result;
    // Named RVO: move elision at best, move construction at worst
    return result;
}
```

Imposizione

Questo dovrebbe essere imposto con dei tool controllando l'espressione del `return`.

9.2.22 F.49: Non restituire un `const T`

Motivo

Non è consigliabile restituire un valore `const`. Un consiglio così vecchio è ormai obsoleto; non aggiunge valore e interferisce con la semantica di `move`.

Esempio

```
const vector<int> fct();    // bad: that "const" is more trouble than
→it is worth

void g(vector<int>& vx)
{
    // ...
    fct() = vx;    // prevented by the "const"
    // ...
    vx = fct();    // expensive copy: move semantics suppressed by the
→"const"
    // ...
}
```

L'argomento per aggiungere `const` ad un valore di ritorno è che impedisce (rarissimamente) accessi accidentali a un elemento temporaneo. L'argomento contrario è che impedisce (molto di frequente) l'uso della semantica di move.

Si veda anche: *F.20, l'argomento generale sulla «restituzione» dei valori in output*

Imposizione

- Segnalare la restituzione di un valore `const`. Per risolvere il problema: Rimuovere `const` nel restituire un valore non-`const`.

9.2.23 F.50: Usare una lambda quando una funzione non lo fa (per acquisire le variabili locali o scrivere una funzione locale)

Motivo

Le funzioni non possono acquisire variabili locali o essere definite nello scope locale; se ce n'è bisogno, è preferibile una lambda dove possibile altrimenti un oggetto funzione apposito. D'altra parte, lambda e oggetti funzione non consentono l'overload; se c'è bisogno dell'overload, è preferibile una funzione (le scappatoie per avere l'overload delle lambda sono tantissime). Se funzionano entrambi, è preferibile la scrittura di una funzione; si usa il tool necessario più semplice.

Esempio

```
// writing a function that should only take an int or a string
// -- overloading is natural
void f(int);
void f(const string&);

// writing a function object that needs to capture local state and
// appear
// at statement or expression scope -- a lambda is natural
vector<work> v = lots_of_work();
for (int tasknum = 0; tasknum < max; ++tasknum) {
    pool.run([=, &v] {
        /*
         * ...
         * ... process 1 / max - th of v, the tasknum - th chunk
         * ...
         */
    });
}
pool.join();
```

Eccezione

Le generiche lambda offrono un modo conciso di scrivere funzioni template e quindi possono risultare utili quando una normale funzione template farebbe lo stesso ma con un po' più di sintassi. Questo vantaggio probabilmente scomparirà in futuro quando tutte le funzioni avranno la possibilità di avere i parametri Concept.

Imposizione

- Genera un warning quando c'è il nome di una non-generica lambda (p.es., `auto x = [] (int i) { /*...*/; };`) che non cattura niente ed appare nello scope globale. Scrivere, invece, una normale funzione.

9.2.24 F.51: Potendo scegliere, si preferiscano gli argomenti con default rispetto all'overloading

Motivo

I default degli argomenti forniscono semplicemente delle interfacce alternative ad una singola implementazione. Non esiste alcuna garanzia che un insieme di funzioni sovraccaricate [overloaded] implementino tutte la stessa semantica. L'uso degli argomenti con default può evitare la replica del codice.

Nota

È possibile scegliere tra utilizzare l'argomento di default e l'overloading quando le alternative vengono da un set di argomenti con gli stessi tipi. Per esempio:

```
void print(const string& s, format f = {});
```

oppure

```
void print(const string& s); // use default format
void print(const string& s, format f);
```

Non c'è scelta quando un set di funzioni viene utilizzato per eseguire un'operazione semanticamente equivalente a un insieme di tipi. Per esempio:

```
void print(const char&);
void print(int);
void print(zstring);
```

Si veda anche

Argomenti di default per funzioni virtuali

Imposizione

- Solleva un warning su un insieme di overload dove questi hanno gli stessi parametri iniziali (p.es., `f(int)`, `f(int, const string&)`, `f(int, const string&, double)`). (Nota: Rivedere questa imposizione [enforcement] se è troppo confuso nella pratica).

9.2.25 F.52: Preferire l'acquisizione per riferimento nelle lambda da usare localmente, compresi quelle passate agli algoritmi

Motivo

Per efficienza e correttezza, si deve quasi sempre acquisire per riferimento quando si usa la lambda localmente. Questo comprende anche quando si scrivono o si chiamano algoritmi paralleli che sono locali perché si uniscono [join] prima di tornare.

Discussione

La considerazione sull'efficienza è che la maggior parte dei tipi sono più economici da passare per riferimento che per valore.

La considerazione sulla correttezza è che molte chiamate hanno degli effetti collaterali sull'oggetto originale dal lato del chiamante (si veda l'esempio sotto). Questo si evita col passaggio per valore.

Nota

Sfortunatamente, non esiste un modo semplice per acquisire per riferimento a `const` per ottenere l'efficienza di una chiamata locale ma per prevenire anche gli effetti collaterali.

Esempio

Qui, un oggetto di grandi dimensioni (un messaggio di rete) viene passato a un algoritmo iterativo e non è efficiente né corretto copiarlo (e potrebbe non essere copiabile):

```
std::for_each(begin(sockets), end(sockets), [&message](auto& socket)
{
    socket.send(message);
});
```

Esempio

Questa è una semplice pipeline parallela a tre stadi. Ogni oggetto `stage` [stadio] incapsula un thread worker ed una coda [queue], ha una funzione `process` per accodare il lavoro [work] e nel suo distruttore si blocca automaticamente aspettando lo svuotamento della coda prima di completare il thread.

```
void send_packets(buffers& bufs)
{
    stage encryptor([](buffer& b) { encrypt(b); });
    stage compressor([&](buffer& b) { compress(b); encryptor.
→process(b); });
    stage decorator([&](buffer& b) { decorate(b); compressor.
→process(b); });
    for (auto& b : bufs) { decorator.process(b); }
} // automatically blocks waiting for pipeline to finish
```

Imposizione

Segnalare una lambda che cattura per riferimento, ma viene usata non solo localmente nello scope della funzione o viene passata ad una funzione per riferimento. (Nota: Questa regola è un'approssimazione, segnala i passaggi per puntatore simili a quelli memorizzati dal chiamato, scrivendo in una locazione dell'heap cui si accede tramite un parametro, restituendo la lambda, ecc. Le regole [Lifetime] forniranno anche regole generali che segnalano i puntatori in fuga [escaping] e i riferimenti compresi quelli tramite le lambda).

9.2.26 F.53: Evitare l'acquisizione per riferimento nelle lambda che non si useranno localmente, compresi quelli restituiti, memorizzati nell'heap o passati da un altro thread

Motivo

Puntatori e riferimenti a locali non dovrebbero sopravvivere al loro scope. Le lambda che catturano per riferimento sono solo un altro posto in cui memorizzare un riferimento a un oggetto locale e non dovrebbero farlo se sopravvivono (o una loro copia) allo scope.

Esempio, cattivo

```
int local = 42;

// Want a reference to local.
// Note, that after program exits this scope,
// local no longer exists, therefore
// process() call will have undefined behavior!
thread_pool.queue_work([&] { process(local); });
```

Esempio, buono

```
int local = 42;
// Want a copy of local.
// Since a copy of local is made, it will
// always be available for the call.
thread_pool.queue_work([=] { process(local); });
```

Nota

Se è necessario catturare un puntatore non locale, prendere in considerazione l'utilizzo di `unique_ptr`; questo gestisce sia il ciclo di vita che la sincronizzazione.

Se deve essere catturato il puntatore `this`, considerare l'utilizzo della cattura di `[*this]`, che crea una copia dell'intero oggetto.

Imposizione

- (Semplice) Emette un warning quando la “capture-list” [lista dei parametri] contiene un riferimento ad una variabile definita localmente
- (Complesso) Emette un warning quando la “capture-list” contiene un riferimento ad una variabile dichiarata localmente e la lambda viene passata ad un contesto non-const e non-local

9.2.27 F.54: Quando si scrive una lambda che cattura `this` o un qualsiasi dato membro della classe, non usare il «default capture» [=]

Motivo

È confusionario. Scrivere [=] in una funzione membro sembra catturare per valore, mentre in realtà cattura tutti i dati membri per riferimento perché in effetti cattura il puntatore invisibile `this` per valore. Se si intende fare questo, si scriva esplicitamente `this`.

Esempio

```
class My_class {
    int x = 0;
    // ...

    void f()
    {
        int i = 0;
        // ...

        auto lambda = [=] { use(i, x); };    // BAD: "looks like" copy/
↪value capture

        x = 42;
        lambda(); // calls use(0, 42);
        x = 43;
        lambda(); // calls use(0, 43);
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// ...

    auto lambda2 = [i, this] { use(i, x); }; // ok, most explicit_
↪and least confusing

    // ...
}
};
```

Nota

Se si intende catturare una copia di tutti i dati membri di classe, si consideri il C++17 [`*this`].

Imposizione

- Segnalare qualsiasi capture-list di lambda che specifica un'acquisizione di [=] e cattura anche `this` (esplicitamente o tramite acquisizione di default e un uso di `this` nel corpo)

9.2.28 F.55: Non usare gli argomenti `va_arg`

Motivo

La lettura da un `va_arg` presuppone che sia stato passato effettivamente il tipo corretto. Il passaggio con `varargs` presuppone che sia letto il tipo corretto. Questo è alquanto fragile perché non può essere imposta la sicurezza nel linguaggio e quindi si affida alla disciplina del programmatore per la correttezza.

Esempio

```
int sum(...)
{
    // ...
    while (/*...*/)
        result += va_arg(list, int); // BAD, assumes it will be passed_
↪ints
    // ...
}

sum(3, 2); // ok
sum(3.14159, 2.71828); // BAD, undefined
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
template<class ...Args>
auto sum(Args... args) // GOOD, and much more flexible
{
    return (... + args); // note: C++17 "fold expression"
}

sum(3, 2); // ok: 5
sum(3.14159, 2.71828); // ok: ~5.85987
```

Alternative

- overloading
- template variadici
- argomenti variant
- initializer_list (omogenea)

Nota

La dichiarazione di un parametro ... talvolta è utile nelle tecniche che non implicano il passaggio dell'argomento corrente, in particolare per dichiarare le funzioni «acchiappa-tutto [take-anything]» i modo da disabilitare «tutto il resto» in un insieme di overload o per esprimere il caso “onnicomprensivo” [catchall] in un metaprogramma template.

Imposizione

- Emettere una diagnostica per l'uso di `va_list`, `va_start`, o `va_arg`.
- Emettere una diagnostica per il passaggio di un argomento ad un parametro `vararg` di una funzione che non offre un overload per un tipo più specifico nella posizione del `vararg`. Per risolvere: Usare una funzione diversa, o `[[suppress("type")]]`.

9.2.29 F.56: Evitare inutili condizioni di annidamento

Motivo

Un limitato annidamento delle condizioni rende il codice più facile da seguire. Ne rende anche più chiaro o scopo. Sforzarsi nel porre il codice essenziale nello scope più esterno, a meno che questo non nasconda l'intento del codice).

Esempio

Utilizza una [guard-clause] per gestire casi eccezionali e tornare prima.

```
// Bad: Deep nesting
void foo() {
    ...
    if (x) {
        computeImportantThings(x);
    }
}

// Bad: Still a redundant else.
void foo() {
    ...
    if (!x) {
        return;
    }
    else {
        computeImportantThings(x);
    }
}

// Good: Early return, no redundant else
void foo() {
    ...
    if (!x)
        return;

    computeImportantThings(x);
}
```

Esempio

```
// Bad: Unnecessary nesting of conditions
void foo() {
    ...
    if (x) {
        if (y) {
            computeImportantThings(x);
        }
    }
}

// Good: Merge conditions + return early
void foo() {
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
...  
if (!(x && y))  
    return;  
  
computeImportantThings(x);  
}
```

Imposizione

Segnalare un `else` ridondante. Segnalare una funzione il cui corpo è semplicemente un'istruzione condizionale che racchiude un blocco.

C: Classi e gerarchie di classi

Una classe è un tipo definito dall'utente, per il quale un programmatore può definire la rappresentazione, le operazioni e le interfacce. Le gerarchie di classi si usano per organizzare le classi correlate in strutture gerarchiche.

Riepilogo delle regole sulle classi:

- *C.1: Organizzare i dati correlati in strutture (`struct` o `class`)*
- *C.2: Utilizzare `class` se la classe ha un invariante; usare `struct` se i dati membro possono variare indipendentemente*
- *C.3: Rappresentare la distinzione tra un'interfaccia e un'implementazione utilizzando una classe*
- *C.4: Creare una funzione membro solo se è necessario l'accesso diretto alla rappresentazione di una classe*
- *C.5: Inserire le funzioni helper nello stesso namespace della classe che supportano*
- *C.7: Non definire una classe o un `enum` e dichiarare una variabile dello stesso tipo nella stessa istruzione*
- *C.8: Usare `class` anziché `struct` se uno dei membri è `non-public`*
- *C.9: Ridurre al minimo l'esposizione dei membri*

Sottosezioni:

- *C.concrete: Tipi concreti*
- *C.ctor: Costruttori, assegnazioni e distruttori*
- *C.con: Contenitori ed altri gestori di risorse*
- *C.lambdas: Oggetti funzione e `lambda`*

- *C.hier*: Gerarchie di classi (OOP)
- *C.over*: Overloading e operatori overloaded
- *C.union*: Unioni

10.1 C.1: Organizzare i dati correlati in strutture (struct o class)

10.1.1 Motivo

Facilità di comprensione. Se i dati sono correlati (per motivi di fondo), tale fatto dovrebbe riflettersi nel codice.

10.1.2 Esempio

```
void draw(int x, int y, int x2, int y2); // BAD: unnecessary implicit_
→relationships
void draw(Point from, Point to);        // better
```

10.1.3 Nota

Una semplice classe, senza funzioni virtuali, non implica né un aumento di spazio né di tempo.

10.1.4 Nota

Dal punto di vista del linguaggio class e struct differiscono solo per la visibilità di default dei loro membri.

10.1.5 Imposizione

Probabilmente impossibile. Forse è possibile una ricerca euristica di elementi di dati utilizzati insieme.

10.2 C.2: Utilizzare class se la classe ha un invariante; usare struct se i dati membro possono variare indipendentemente

10.2.1 Motivo

Leggibilità. Facilità di comprensione. L'uso di `class` avvisa il programmatore della necessità di un invariante. Questa è un'utile convenzione.

10.2.2 Nota

Un invariante, è una condizione logica per i membri di un oggetto che un costruttore deve stabilire, affinché le funzioni membro pubbliche la possano assumere. Dopo aver stabilito l'invariante (in genere in un costruttore), ogni funzione membro può essere chiamata per l'oggetto. Un invariante può essere dichiarato informalmente (p.es., in un commento) o più formalmente utilizzando `Expects`.

Se tutti i dati membro possono variare indipendentemente l'uno dall'altro, non è possibile alcun invariante.

10.2.3 Esempio

```
struct Pair { // the members can vary independently
    string name;
    int volume;
};
```

ma:

```
class Date {
public:
    // validate that {yy, mm, dd} is a valid date and initialize
    Date(int yy, Month mm, char dd);
    // ...
private:
    int y;
    Month m;
    char d;    // day
};
```

10.2.4 Nota

Se una classe ha dati `private`, un utente non può completamente inizializzare un oggetto senza l'uso di un costruttore. Quindi, chi definisce la classe fornirà un costruttore e deve specificarne il significato. Questo vuol dire effettivamente che chi definisce la classe deve definire un invariante.

Si veda anche:

- *definire una classe con dati privati con `class`*
- *In una classe, è preferibile piazzare prima l'interfaccia*
- *minimizzare l'esposizione dei membri*
- *Evitare dati `protected`*

10.2.5 Imposizione

Cercare le `struct` con tutti i dati privati e le `class` con tutti i membri pubblici.

10.3 C.3: Rappresentare la distinzione tra un'interfaccia e un'implementazione utilizzando una classe

10.3.1 Motivo

Una distinzione esplicita tra interfaccia e implementazione migliora la leggibilità e semplifica la manutenzione.

10.3.2 Esempio

```
class Date {
public:
    Date();
    // validate that {yy, mm, dd} is a valid date and initialize
    Date(int yy, Month mm, char dd);

    int day() const;
    Month month() const;
    // ...
private:
    // ... some representation ...
};
```

Ad esempio, ora possiamo cambiare la rappresentazione di una `Date` senza influire sui suoi utenti (è tuttavia probabile che si debba ricompilare). For example, we can now change the representation of a `Date` without affecting its users (recompilation is likely, though).

10.3.3 Nota

Ovviamente, usare una classe in questo modo per rappresentare la distinzione tra l'interfaccia e l'implementazione, non è l'unica maniera. Per esempio, possiamo usare un set di dichiarazioni di funzioni indipendenti in un namespace, una classe base astratta o una funzione template con i «concetti» per rappresentare un'interfaccia. Il problema più importante è distinguere esplicitamente tra un'interfaccia e i suoi «dettagli» di implementazione. Idealmente, e solitamente, un'interfaccia è molto più stabile delle sue implementazioni.

10.3.4 Imposizione

???

10.4 C.4: Creare una funzione membro solo se è necessario l'accesso diretto alla rappresentazione di una classe

10.4.1 Motivo

Meno accoppiamento c'è con le funzioni membro, meno funzioni ci saranno che possono causare problemi modificando lo stato dell'oggetto, e si riduce il numero delle funzioni che si devono modificare dopo averne cambiato la rappresentazione.

10.4.2 Esempio

```
class Date {  
    // ... relatively small interface ...  
};  
  
// helper functions:  
Date next_weekday(Date);  
bool operator==(Date, Date);
```

Le «funzioni helper» non hanno bisogno dell'accesso diretto alla rappresentazione di una `Date`.

10.4.3 Nota

Questa regola diventa ancora migliore se il C++ adotta la «[uniform function call](#)».

10.4.4 Eccezione

Il linguaggio richiede che delle funzioni `virtual` siano membri, e non tutte le funzioni `virtual` accedono direttamente ai dati. In particolare, i membri di una classe astratta raramente lo fanno.

Nota [multi-methods](#).

10.4.5 Eccezione

Il linguaggio richiede che gli operatori `=`, `()`, `[]` e `->` siano membri.

10.4.6 Eccezione

Un set di overload potrebbe avere dei membri che non accedono direttamente ai dati `private`:

```
class Foobar {
public:
    void foo(long x) { /* manipulate private data */ }
    void foo(double x) { foo(std::lround(x)); }
    // ...
private:
    // ...
};
```

10.4.7 Eccezione

Allo stesso modo, un insieme di funzioni potrebbe essere progettato per essere utilizzato in sequenze concatenate:

```
x.scale(0.5).rotate(45).set_color(Color::red);
```

In genere, alcune di queste funzioni, ma non tutte, accedono direttamente ai dati `private`.

10.4.8 Imposizione

- Cercare le funzioni membro non-virtual che non toccano direttamente i dati membro. L'intoppo è che molte funzioni membro che lo fanno non hanno bisogno di toccare direttamente i dati membro.
- Ignorare le funzioni virtual.
- Ignorare le funzioni che fanno parte di un set di overload di cui almeno una funzione accede ai membri private.
- Ignorare le funzioni che restituiscono `this`.

10.5 C.5: Inserire le funzioni helper nello stesso namespace della classe che supportano

10.5.1 Motivo

Una funzione helper è una funzione (solitamente fornita da chi scrive la classe) che non necessita di accedere direttamente alla rappresentazione della classe, ma viene vista come parte dell'interfaccia utile alla classe. Posizionandole nello stesso namespace della classe, si rende palese la loro relazione con la classe e consente loro di essere trovate cercando gli argomenti dipendenti.

10.5.2 Esempio

```
namespace Chrono { // here we keep time-related services

    class Time { /* ... */ };
    class Date { /* ... */ };

    // helper functions:
    bool operator==(Date, Date);
    Date next_weekday(Date);
    // ...
}
```

10.5.3 Nota

Ciò è particolarmente importante per gli *operatori overloaded*.

10.5.4 Imposizione

- Segnare le funzioni globali prendendo i tipi degli argomenti da un singolo namespace.

10.6 C.7: Non definire una classe o un enum e dichiarare una variabile dello stesso tipo nella stessa istruzione

10.6.1 Motivo

Mescolare una definizione di tipo e la definizione di un'altra entità nella stessa dichiarazione è confuso e non necessario.

10.6.2 Esempio, cattivo

```
struct Data { /*...*/ } data{ /*...*/ };
```

10.6.3 Esempio, buono

```
struct Data { /*...*/ };  
Data data{ /*...*/ };
```

10.6.4 Imposizione

- Segnalare se la } di una definizione di una classe o di una enumerazione non è seguita da un ;. Il ; è mancante.

10.7 C.8: Usare class anziché struct se uno dei membri è non-public

10.7.1 Motivo

Leggibilità. Per chiarire che qualcosa viene nascosto/astratto. Questa è un'utile convenzione.

10.7.2 Esempio, cattivo

```
struct Date {  
    int d, m;  
  
    Date(int i, Month m);  
    // ... lots of functions ...  
private:  
    int y; // year  
};
```

Non c'è nulla di sbagliato in questo codice per quanto riguarda le regole del C++, ma è quasi tutto sbagliato dal punto di vista del design. I dati privati sono nascosti lontano da quelli pubblici. I dati sono sparpagliati in più parti nella dichiarazione della classe. Le diverse parti di dati hanno un diverso accesso. Tutto ciò riduce la leggibilità e complica la manutenzione.

10.7.3 Nota

In una classe è preferibile piazzare prima l'interfaccia, *cfr. NL.16*.

10.7.4 Imposizione

Si segnalano le classi dichiarate con struct se c'è un membro private o protected.

10.8 C.9: Ridurre al minimo l'esposizione dei membri

10.8.1 Motivo

Incapsulamento. Nascondere le informazioni. Ridurre al minimo la possibilità di accesso involontario. Questo semplifica la manutenzione.

10.8.2 Esempio

```
template<typename T, typename U>
struct pair {
    T a;
    U b;
    // ...
};
```

Qualunque cosa si faccia nella parte `//`, un qualsiasi utente di una `pair` può arbitrariamente e indipendentemente cambiarne la `a` e la `b`. In una base di codice di grandi dimensioni, non si può facilmente trovare quale codice fa cosa ai membri della `pair`. Questo potrebbe essere esattamente voluto, ma volendo far rispettare una relazione tra i membri, bisogna renderli *private* e imporre tale relazione (invariante) tramite i costruttori e le funzioni membro. Per esempio:

```
class Distance {
public:
    // ...
    double meters() const { return magnitude*unit; }
    void set_unit(double u)
    {
        // ... check that u is a factor of 10 ...
        // ... change magnitude appropriately ...
        unit = u;
    }
    // ...
private:
    double magnitude;
    double unit;    // 1 is meters, 1000 is kilometers, 0.001 is
    ↪ millimeters, etc.
};
```

10.8.3 Nota

Se non è possibile determinare facilmente l'insieme degli utenti diretti di un insieme di variabili, il tipo o l'utilizzo di tale insieme non può essere (facilmente) cambiato/migliorato. Questo è generalmente il caso dei dati `public` e `protected`.

10.8.4 Esempio

Una classe può fornire due interfacce ai suoi utenti. Una per le classi derivate (`protected`) e una per gli utenti generici (`public`). Ad esempio, ad una classe derivata potrebbe essere consentito di saltare un controllo a runtime perché ne è già garantita la correttezza:

```
class Foo {
public:
    int bar(int x) { check(x); return do_bar(x); }
    // ...
protected:
    int do_bar(int x); // do some operation on the data
    // ...
private:
    // ... data ...
};

class Dir : public Foo {
    //...
    int mem(int x, int y)
    {
        /* ... do something ... */
        return do_bar(x + y); // OK: derived class can bypass check
    }
};

void user(Foo& x)
{
    int r1 = x.bar(1);      // OK, will check
    int r2 = x.do_bar(2);   // error: would bypass check
    // ...
}
```

10.8.5 Nota

I dati `protected` sono una cattiva idea.

10.8.6 Nota

Preferire l'ordine con i membri `public` prima dei membri `protected` prima dei membri `private`; vedere *NL.16*.

10.8.7 Imposizione

- *Segnare i dati protected.*
- Segnalare i mix di dati public e private

10.9 C.concrete: Tipi concreti

Riepilogo delle regole sui tipi concreti:

- *C.10: Preferire i tipi concreti alle gerarchie di classi*
- *C.11: Rendere concreti i tipi regolari*
- *C.12: Non creare dati membro const o riferimenti in un tipo copiabile o spostabile [movable]*

10.9.1 C.10: Preferire i tipi concreti alle gerarchie di classi

Motivo

Un tipo concreto è fondamentalmente più semplice di un tipo in una classe: più facile da progettare, più facile da implementare, più facile da usare, più facile da ragionarci, più piccolo e più veloce. È necessario un motivo (caso d'uso) per usare una gerarchia.

Esempio

```
class Point1 {
    int x, y;
    // ... operations ...
    // ... no virtual functions ...
};

class Point2 {
    int x, y;
    // ... operations, some virtual ...
    virtual ~Point2();
};

void use()
{
    Point1 p11 {1, 2};    // make an object on the stack
    Point1 p12 {p11};     // a copy

    auto p21 = make_unique<Point2>(1, 2);    // make an object on the stack
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
→ free store
    auto p22 = p21->clone();           // make a copy
    // ...
}
```

Se una classe fa parte di una gerarchia, se ne devono modificare gli oggetti (nel codice reale se non necessariamente nei piccoli esempi) tramite i puntatori o i riferimenti. Ciò implica più uso della memoria, più allocazioni e deallocazioni e più lavoro a run-time per eseguire le indirezioni risultanti.

Nota

I tipi concreti si possono allocare sullo stack e possono essere membri di altre classi.

Nota

L'uso dell'indirezione è fondamentale per le interfacce polimorfiche a run-time. L'overhead non è l'allocazione/deallocazione (questo è solo il caso più comune). Possiamo usare una classe base come interfaccia di un oggetto nello scope di una classe derivata. Questo viene fatto laddove l'allocazione dinamica è proibita (p.es. hard-real-time) e per fornire un'interfaccia stabile a qualche tipo di plug-in.

Imposizione

???

10.9.2 C.11: Rendere concreti i tipi regolari

Motivo

I tipi regolari sono più facili da capire e discutere dei tipi non regolari (l'irregolarità richiede uno sforzo aggiuntivo per capirli e usarli).

I tipi nativi del C++ sono regolari, così come lo sono le classi della libreria standard come `string`, `vector` e `map`. Le classi concrete senza assegnazione ed uguaglianza possono essere definite, ma sono (e dovrebbero essere) rare.

Esempio

```
struct Bundle {
    string name;
    vector<Record> vr;
};

bool operator==(const Bundle& a, const Bundle& b)
{
    return a.name == b.name && a.vr == b.vr;
}

Bundle b1 { "my bundle", {r1, r2, r3}};
Bundle b2 = b1;
if (!(b1 == b2)) error("impossible!");
b2.name = "the other bundle";
if (b1 == b2) error("No!");
```

In particolare, se un tipo concreto è copiabile, è preferibile dargli anche un operatore di confronto per l'uguaglianza in modo da essere certi che $a = b$ implica $a == b$.

Nota

Per le struct destinate ad essere condivise col codice C, la definizione di `operator==` potrebbe non essere fattibile.

Nota

Gli handle per le risorse che non si possono clonare, p.es., uno `scoped_lock` per un `mutex`, sono tipi concreti ma solitamente non possono essere copiati (mentre, di solito, possono essere spostati), quindi non possono essere regolari; tendono, invece, ad essere «move-only».

Imposizione

???

10.9.3 C.12: Non creare dati membro `const` o riferimenti in un tipo copiabile o spostabile [movable]

Motivo

`const` e i membri dei dati di riferimento non sono utili in un tipo copiabile o spostabile e rendono tali tipi difficili da usare rendendoli almeno in parte non copiabili/non spostabili per ragioni subdole.

Esempio; cattivo

```
class bad {  
    const int i;    // bad  
    string& s;      // bad  
    // ...  
};
```

I dati membro `const` e `&` rendono questa classe «only-sort-of-copyable» – costruibile per copia ma non assegnabile per copia.

Nota

Se è necessario che un membro punti a qualcosa, usare un puntatore (semplice o smart e `gsl::not_null` se non dev'essere null) anziché un riferimento.

Imposizione

Segnalare un dato membro che sia `const`, `&` o `&&` in un tipo che ha un'operazione di copia o spostamento.

10.10 C.ctor: Costruttori, assegnazioni e distruttori

Queste funzioni controllano il ciclo di vita degli oggetti: creazione, copia, spostamento e distruzione. Definire i costruttori per garantire e semplificare l'inizializzazione delle classi.

Queste sono le *operazioni di default*:

- un costruttore di default: `X()`
- un costruttore copia: `X(const X&)`
- un costruttore di assegnazione: `operator=(const X&)`
- un costruttore di spostamento [move]: `X(X&&)`
- un'assegnazione di spostamento: `operator=(X&&)`
- un distruttore: `~X()`

Per default, il compilatore definisce ciascuna di queste operazioni se viene usato, ma è possibile sopprimere il default.

Le operazioni di default sono un insieme di operazioni che assieme implementano la semantica del ciclo di vita di un oggetto. Per default, il C++ tratta le classi come tipi simil-valore, ma non tutti i tipi sono come i valori.

Regole sull'insieme delle operazioni di default:

- C.20: *Se si può evitare di definire operazioni di default, lo si faccia*

- C.21: *Se c'è la definizione o il `=delete` di qualsiasi funzione di copia, spostamento o distruzione, ci dev'essere la definizione o il `=delete` per tutte*
- C.22: *Uniformare le operazioni di default*

Regole del distruttore:

- C.30: *Definire un distruttore se una classe necessita di un'azione esplicita alla distruzione di un oggetto*
- C.31: *Tutte le risorse acquisite da una classe devono essere rilasciate dal distruttore della classe*
- C.32: *Se una classe ha un puntatore [raw] (T*) o un riferimento (T&), si valuti se potrebbe essere proprietario*
- C.33: *Se una classe ha un membro puntatore proprietario, definire un distruttore*
- C.35: *Il distruttore di una classe base dovrebbe essere sia public che virtual, oppure protected e non-virtual*
- C.36: *Un distruttore non deve fallire*
- C.37: *Creare i distruttori con `noexcept`*

Regole del costruttore:

- C.40: *Definire un costruttore se una classe ha un invariante*
- C.41: *Un costruttore dovrebbe creare un oggetto completamente inizializzato*
- C.42: *Se un costruttore non è in grado di costruire un oggetto valido, generare un'eccezione*
- C.43: *Accertarsi che una classe copiabile abbia un costruttore di default*
- C.44: *È preferibile che i costruttori di default siano semplici e che non sollevino errori [non-throwing]*
- C.45: *Non definire un costruttore di default che inizializza solamente i dati membri; usare, invece, gli inizializzatori dei membri*
- C.46: *Per default, dichiarare costruttori ad argomento singolo con `explicit`*
- C.47: *Definire e inizializzare i dati membro secondo l'ordine di dichiarazione dei membri*
- C.48: *Preferire gli inizializzatori membro di default agli inizializzatori membro nei costruttori per gli inizializzatori costanti*
- C.49: *Nei costruttori preferire l'inizializzazione alle assegnazioni*
- C.50: *Usare una funzione factory se c'è bisogno di un «comportamento virtuale» durante l'inizializzazione*
- C.51: *Utilizzare i costruttori [delegating] per rappresentare azioni comuni a tutti i costruttori di una classe*
- C.52: *Usare i costruttori ereditati per importare i costruttori in una classe derivata che non necessita di un ulteriore inizializzazione*

Regole di copia e spostamento [move]:

- C.60: Creare le assegnazioni di copia *non-virtual*, prendere il parametro con *const&* e restituire con *non-const&*
- C.61: Un'operazione di copia dovrebbe copiare
- C.62: Rendere l'assegnazione di copia sicura in caso di auto-assegnazione
- C.63: Rendere l'assegnazione di spostamento [move] *non-virtual*, prendere il parametro con *&&* e restituire con *non-const&*
- C.64: Un'operazione di [move] dovrebbe spostare e lasciare il sorgente in uno stato valido
- C.65: Rendere l'assegnazione con spostamento sicura per l'auto-assegnazione
- C.66: Creare le operazioni di [move] come *noexcept*
- C.67: Una classe polimorfica dovrebbe sopprimere la copia/spostamento *public*

Altre regole sulle operazioni di default:

- C.80: Utilizzare *=default* se si deve essere espliciti sull'uso della semantica del default
- C.81: Utilizzare *=delete* quando si vuol disabilitare il comportamento di default (senza volere un'alternativa)
- C.82: Non richiamare funzioni virtuali nei costruttori e nei distruttori
- C.83: Per i tipi [value-like], si preveda di fornire una funzione di “swap” di tipo *noexcept*
- C.84: Uno *swap* non deve fallire
- C.85: Rendere lo *swap* *noexcept*
- C.86: Creare lo *==* simmetrico rispetto ai tipi di operandi e *noexcept*
- C.87: Attenzione a *==* sulle classi base
- C.89: Rendere un *hash* *noexcept*
- C.90: Affidarsi ai costruttori e agli operatori di assegnazione, non a *memset* né a *memcpy*

10.11 C.defop: Operazioni di Default

Per default, il linguaggio fornisce le operazioni di default con la loro semantica di default. Tuttavia, un programmatore può disabilitare o sostituire questi default.

10.11.1 C.20: Se si può evitare di definire operazioni di default, lo si faccia

Motivo

È il più semplice e fornisce la semantica più pulita.

Esempio

```
struct Named_map {
public:
    explicit Named_map(const string& n) : name(n) {}
    // no copy/move constructors
    // no copy/move assignment operators
    // no destructor
private:
    string name;
    map<int, int> rep;
};

Named_map nm("map"); // construct
Named_map nm2 {nm};  // copy construct
```

Dato che `std::map` e `string` hanno entrambe funzioni speciali, non c'è bisogno di altro.

Nota

Questa è conosciuta come «la regola dello zero».

Imposizione

(Non imponibile) Sebbene non imponibile, un buon analizzatore statico può rilevare schemi che segnalano un possibile miglioramento per soddisfare questa regola. Ad esempio, una classe con una coppia di membri (pointer, size) e un distruttore che esegue il delete del puntatore, probabilmente si potrebbe convertire in un vector.

10.11.2 C.21: Se c'è la definizione o il =delete di qualsiasi funzione di copia, spostamento o distruzione, ci dev'essere la definizione o il =delete per tutte

Motivo

Le semantiche per la copia, lo spostamento e la distruzione sono strettamente correlate, quindi se una dev'essere dichiarata, è probabile che anche le altre debbano essere considerate.

Dichiarando una qualsiasi funzione copia/spostamento/distruttore, anche se `=default` o `=delete`, sopprimerà la dichiarazione implicita di un costruttore di spostamento e di un operatore di assegnazione con spostamento. Dichiarando un costruttore `[move]` o un operatore di assegnazione `[move]`, anche come `=default` o `=delete`, si farà in modo che la generazione implicita, di un costruttore copia o di un operatore di assegnazione, venga definita come cancellata. Quindi appena uno di questi viene dichiarato, dovrebbero essere dichiarati tutti gli altri per evitare effetti indesiderati come il trasformare tutti i potenziali spostamenti in più costose copie, o il rendere una classe `[move-only]`.

Esempio, cattivo

```
struct M2 {    // bad: incomplete set of copy/move/destructor operations
public:
    // ...
    // ... no copy or move operations ...
    ~M2() { delete[] rep; }
private:
    pair<int, int>* rep;    // zero-terminated set of pairs
};

void use()
{
    M2 x;
    M2 y;
    // ...
    x = y;    // the default assignment
    // ...
}
```

Dato che era necessaria una «attenzione speciale» per il distruttore (qui, per de-allocare), la probabilità che gli operatori di assegnazione di copia e spostamento, definiti entrambi implicitamente, siano corretti, è bassa (qui, ci sarebbe una doppia cancellazione).

Nota

Questa è nota come «la regola del cinque».

Nota

Se si vuole un'implementazione di default (mentre se ne definisce l'altra), si scriva `=default` per mostrare che lo si sta facendo intenzionalmente per questa funzione. Se non si vuole generare una funzione di default, la si sopprime con `=delete`.

Esempio, buono

Quando un distruttore dev'essere dichiarato solo per renderlo `virtual`, può essere definito come di default.

```
class AbstractBase {
public:
    virtual void foo() = 0; // at least one abstract method to make
    ↳ the class abstract
    virtual ~AbstractBase() = default;
    // ...
};
```

Per evitare lo slicing come per la C.67, rendere `protected` le operazioni di copia e spostamento oppure con `=deleted` e aggiungendo un clone:

```
class CloneableBase {
public:
    virtual unique_ptr<CloneableBase> clone() const;
    virtual ~CloneableBase() = default;
    CloneableBase() = default;
    CloneableBase(const CloneableBase&) = delete;
    CloneableBase& operator=(const CloneableBase&) = delete;
    CloneableBase(CloneableBase&&) = delete;
    CloneableBase& operator=(CloneableBase&&) = delete;
    // ... other constructors and functions ...
};
```

Qui, definire solo le operazioni di `[move]` o solo quelle di copia, avrebbe lo stesso effetto, ma affermare esplicitamente l'intento per ciascun membro speciale, lo rende più palese al lettore.

Nota

I compilatori applicano gran parte di questa regola e, idealmente, avvertono di qualsiasi violazione.

Nota

Affidarsi ad un'operazione di copia, generata implicitamente, in una classe con un distruttore, è deprecato.

Nota

La scrittura di queste funzioni può essere esposta ad errori. Notare i tipi dei loro argomenti:

```

class X {
public:
    // ...
    virtual ~X() = default;           // destructor (virtual if X
→is meant to be a base class)
    X(const X&) = default;             // copy constructor
    X& operator=(const X&) = default;  // copy assignment
    X(X&&) noexcept = default;        // move constructor
    X& operator=(X&&) noexcept = default; // move assignment
};

```

Un errore minore (come uno di ortografia, tralasciando un `const`, usando `&` anziché `&&` o tralasciando una funzione speciale) può causare errori o warning. Per evitare il tedio e la possibilità di errori, provare a seguire la *regola dello zero*.

Imposizione

(Semplice) Una classe dovrebbe avere una dichiarazione (anche un `=delete`) per tutte o per nessuna delle funzioni copia/spostamento/distruttore.

10.11.3 C.22: Uniformare le operazioni di default

Motivo

Le operazioni di default sono concettualmente un insieme abbinato. La loro semantica è correlata. Gli utenti resteranno sorpresi se la costruzione copia/[move] e l'assegnazione copia/[move] fanno logicamente cose diverse. Gli utenti resteranno sorpresi se i costruttori e i distruttori non forniscono una vista coerente della gestione delle risorse. Gli utenti resteranno sorpresi se la copia e il [move] non riflettono il modo in cui funzionano i costruttori e i distruttori.

Esempio, cattivo

```

class Silly {    // BAD: Inconsistent copy operations
    class Impl {
        // ...
    };
    shared_ptr<Impl> p;
public:
    Silly(const Silly& a) : p(make_shared<Impl>()) { *p = *a.p; }    //
→deep copy
    Silly& operator=(const Silly& a) { p = a.p; return *this; }    //

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
→ shallow copy
    // ...
};
```

Queste operazioni non concordano per la semantica della copia. Ciò porterà a confusione e bug.

Imposizione

- (Complesso) Un costruttore di copia/spostamento e il corrispondente operatore di assegnazione di copia/spostamento dovrebbero scrivere sugli stessi dati membri allo stesso livello di dereferenziazione.
- (Complesso) Tutti i dati membri scritti in un costruttore di copia/spostamento devono essere inizializzati anche da tutti gli altri costruttori.
- (Complesso) Se un costruttore di copia/spostamento esegue una copia «deep» [approfondita] di un dato membro, il distruttore dovrebbe modificare il dato membro.
- (Complesso) Se un distruttore sta modificando un dato membro, tale dato membro deve essere scritto in qualsiasi costruttore di copia/spostamento e operatore di assegnazione.

10.12 C.dtor: Distruttori

«Questa classe necessita di un distruttore?» è una domanda sul design sorprendentemente perspicace. Per la maggior parte delle classi la risposta è «no» o perché la classe non ha risorse o perché la distruzione è gestita dalla *regola dello zero*; cioè, i suoi membri possono prendersi cura di se stessi per quanto riguarda la distruzione. Se la risposta è «sì», ne consegue gran parte della progettazione della classe (cfr. *la regola del cinque*).

10.12.1 C.30: Definire un distruttore se una classe necessita di un'azione esplicita alla distruzione di un oggetto

Motivo

Un distruttore viene invocato implicitamente alla fine della vita di un oggetto. Se il distruttore di default è sufficiente, lo si utilizzi. Definire un distruttore non di default solo se una classe deve eseguire del codice che non fa già parte dei distruttori dei suoi membri.

Esempio

```
template<typename A>
struct final_action {    // slightly simplified
    A act;
    final_action(A a) : act{a} {}
    ~final_action() { act(); }
};

template<typename A>
final_action<A> finally(A act)    // deduce action type
{
    return final_action<A>{act};
}

void test()
{
    auto act = finally([] { cout << "Exit test\n"; });    // establish_
    ↪exit action
    // ...
    if (something) return;    // act done here
    // ...
} // act done here
```

Lo scopo di `final_action` è quello di ottenere l'esecuzione di un pezzo di codice (solitamente una lambda) al momento della distruzione.

Nota

Ci sono due categorie generali di classi che richiedono un distruttore definito dall'utente:

- Una classe con una risorsa che non sia già rappresentata come una classe con un distruttore, p.es., un `vector` o una classe di transazione.
- Una classe che esiste principalmente per eseguire un'azione al momento della distruzione, come un tracer o un `final_action`.

Esempio, cattivo

```
class Foo {    // bad; use the default destructor
public:
    // ...
    ~Foo() { s = ""; i = 0; vi.clear(); }    // clean up
private:
    string s;
    int i;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
vector<int> vi;  
};
```

Il distruttore di default lo fa meglio, più efficientemente e non può andare in errore.

Imposizione

Si cercano delle probabili «risorse implicite», come puntatori e riferimenti. Si cercano le classi con distruttori anche se tutti i loro dati membro hanno dei distruttori.

10.12.2 C.31: Tutte le risorse acquisite da una classe devono essere rilasciate dal distruttore della classe

Motivo

Prevenire i [leak] delle risorse, specialmente in caso di errore.

Nota

Per le risorse rappresentate come classi con un completo set di operazioni di default, ciò avviene automaticamente.

Esempio

```
class X {  
    ifstream f;    // might own a file  
    // ... no default operations defined or =deleted ...  
};
```

`ifstream` di `X` chiude implicitamente qualsiasi file che potrebbe aver aperto alla distruzione del suo `X`.

Esempio, cattivo

```
class X2 {    // bad  
    FILE* f;    // might own a file  
    // ... no default operations defined or =deleted ...  
};
```

`X2` potrebbe generare un [leak] da un handle del file.

Nota

Che dire di un socket che non viene chiuso? Un distruttore o un'operazione di chiusura o pulizia *non dovrebbe mai fallire*. Se tuttavia capita, c'è un problema che non ha una soluzione completamente valida. Per cominciare, chi scrive un distruttore non sa perché il distruttore viene chiamato e non può «rifiutarsi di agire» lanciando un'eccezione. Si veda la *discussione*. A peggiorare il problema, molte operazioni di «chiusura/rilascio» non si possono rieseguire. In molti hanno cercato di risolvere questo problema, ma non è nota alcuna soluzione generale. Se possibile, considerare la mancata chiusura/pulizia un errore progettuale fondamentale e terminare.

Nota

Una classe può contenere puntatori e riferimenti a oggetti che non possiede. Ovviamente, tali oggetti non dovrebbero subire un `delete` da parte del distruttore della classe. Per esempio:

```
Preprocessor pp { /* ... */ };
Parser p { pp, /* ... */ };
Type_checker tc { p, /* ... */ };
```

Qui `p` fa riferimento a `pp` ma non lo possiede.

Imposizione

- (Semplice) Se una classe ha puntatori o membri di riferimento che sono proprietari (ad esempio, considerati proprietari utilizzando `gsl::owner`), allora è necessario fare riferimento ad essi nel suo distruttore.
- (Difficile) Determinare se il puntatore o i membri di riferimento sono proprietari quando non esiste una dichiarazione esplicita di proprietà (ad esempio, esaminando i costruttori).

10.12.3 C.32: Se una classe ha un puntatore [raw] (T*) o un riferimento (T&), si valuti se potrebbe essere proprietario

Motivo

C'è tantissimo codice che non è specifico sulla proprietà [ownership].

Esempio

```
class legacy_class
{
    foo* m_owning;    // Bad: change to unique_ptr<T> or owner<T*>
    bar* m_observer; // OK: keep
}
```

L'unico modo per determinare la proprietà potrebbe essere l'analisi del codice.

Nota

La proprietà dovrebbe essere chiara nel nuovo codice (e nel codice legacy revisionato) secondo *R.20* per puntatori proprietari e *R.3* per puntatori non proprietari. I riferimenti non dovrebbero mai possedere *R.4*.

Imposizione

Osservare l'inizializzazione dei puntatori membro e dei riferimenti ai membri e vedere se viene utilizzata un'allocazione.

10.12.4 C.33: Se una classe ha un membro puntatore proprietario, definire un distruttore

Motivo

Un oggetto posseduto deve subire un `deleted` quando avviene la distruzione dell'oggetto che lo possiede.

Esempio

Un membro puntatore potrebbe rappresentare una risorsa. *Un T* non dovrebbe farlo*, ma nel vecchio codice, era una cosa comune. Si consideri un T* un possibile proprietario e quindi sospetto.

```
template<typename T>
class Smart_ptr {
    T* p;    // BAD: vague about ownership of *p
    // ...
public:
    // ... no user-defined default operations ...
};

void use(Smart_ptr<int> p1)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
{
    // error: p2.p leaked (if not nullptr and not owned by some other
    ↪code)
    auto p2 = p1;
}
```

Da notare che se si definisce un distruttore, si devono definire o cancellare [delete] *tutte le operazioni di default*:

```
template<typename T>
class Smart_ptr2 {
    T* p;    // BAD: vague about ownership of *p
    // ...
public:
    // ... no user-defined copy operations ...
    ~Smart_ptr2() { delete p; } // p is an owner!
};

void use(Smart_ptr2<int> p1)
{
    auto p2 = p1;    // error: double deletion
}
```

L'operazione copia di default eseguirà soltanto la copia di `p1.p` in `p2.p` portando ad una doppia distruzione di `p1.p`. Si deve essere espliciti sulla proprietà:

```
template<typename T>
class Smart_ptr3 {
    owner<T*> p;    // OK: explicit about ownership of *p
    // ...
public:
    // ...
    // ... copy and move operations ...
    ~Smart_ptr3() { delete p; }
};

void use(Smart_ptr3<int> p1)
{
    auto p2 = p1;    // OK: no double deletion
}
```

Nota

Spesso il modo più semplice per avere un distruttore è quello di sostituire il puntatore con uno smart pointer (p.es., `std::unique_ptr`) e lasciare che il compilatore ne organizzi opportunamente la distruzione implicita.

Nota

Perché non richiedere semplicemente che tutti i puntatori proprietari siano «smart pointer»? Ciò a volte richiederebbe modifiche non banali al codice e potrebbe influire sulle ABI.

Imposizione

- Una classe con un dato membro puntatore è sospetta.
- Una classe con un `owner<T>` dovrebbe definire le proprie operazioni di default.

10.12.5 C.35: Il distruttore di una classe base dovrebbe essere sia `public` che `virtual`, oppure `protected` e non-`virtual`

Motivo

Per prevenire comportamenti indefiniti. Se il distruttore è pubblico, il codice chiamante può tentare di distruggere un oggetto derivato della classe tramite un puntatore alla classe base e il risultato è indefinito se il distruttore della classe base è non-`virtual`. Se il distruttore è `protected`, allora il codice chiamante non può distruggere tramite un puntatore alla classe base e il distruttore non deve necessariamente essere `virtual`; deve essere `protected`, non `private`, in modo che i distruttori derivati lo possano invocare. In generale, chi scrive una classe base non conosce l'azione appropriata da farsi al momento della distruzione.

Discussione

Cfr. *questo nella sezione Discussione*.

Esempio, cattivo

```
struct Base { // BAD: implicitly has a public non-virtual destructor
    virtual void f();
};

struct D : Base {
    string s {"a resource needing cleanup"};
    ~D() { /* ... do some cleanup ... */ }
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// ...  
};  
  
void use()  
{  
    unique_ptr<Base> p = make_unique<D>();  
    // ...  
} // p's destruction calls ~Base(), not ~D(), which leaks D::s and  
→possibly more
```

Nota

Una funzione virtuale definisce un'interfaccia per le classi derivate che possono essere utilizzate senza guardare le classi derivate. Se l'interfaccia consente la distruzione, dovrebbe essere sicuro farlo.

Nota

Un distruttore deve essere non-private altrimenti se ne impedirà l'uso, per esempio:

```
class X {  
    ~X();    // private destructor  
    // ...  
};  
  
void use()  
{  
    X a;                                // error: cannot destroy  
    auto p = make_unique<X>();          // error: cannot destroy  
}
```

Eccezione

Possiamo immaginare un caso in cui si potrebbe volere un distruttore virtuale protetto: Quando un oggetto di un tipo derivato (e solo di questo tipo) dovrebbe poter distruggere *un altro* oggetto (non se stesso) tramite un puntatore alla base. Tuttavia, non si è mai visto un caso del genere in pratica.

Imposizione

- Una classe con una qualsiasi funzione virtuale dovrebbe avere un distruttore o pubblico e virtuale oppure protetto e non-virtuale.
- Se una classe discende pubblicamente da una classe base, la classe base dovrebbe avere un distruttore pubblico e virtuale oppure protetto e non virtuale.

10.12.6 C.36: Un distruttore non deve fallire

Motivo

In generale non sappiamo come scrivere un codice privo di errori se un distruttore dovesse fallire. La libreria standard richiede che tutte le classi con cui ha a che fare abbiano distruttori che sollevino eccezioni [throw].

Esempio

```
class X {
public:
    ~X() noexcept;
    // ...
};

X::~~X() noexcept
{
    // ...
    if (cannot_release_a_resource) terminate();
    // ...
}
```

Nota

In molti hanno cercato di escogitare uno schema infallibile per affrontare i fallimenti nei distruttori. Nessuno è riuscito a elaborare uno schema generale. Questo può essere un vero problema nella pratica: Ad esempio, che dire di un socket che non si chiude? Chi scrive un distruttore non sa perché viene chiamato e non può fare sì che si «rifiuti di agire» lanciando un'eccezione. Si veda la *discussione*. A peggiorare il problema, molte operazioni di «chiusura/rilascio» non si possono rieseguire. Se possibile, considerare la mancata chiusura/pulizia un errore progettuale fondamentale e terminare.

Nota

Dichiarare un distruttore `noexcept`. Ciò garantirà il normale completamento o la terminazione del programma.

Nota

Se una risorsa non può essere rilasciata e il programma non deve fallire, si provi a segnalare l'errore al resto del sistema in qualche modo (forse anche modificando qualche stato globale e sperando che qualcosa si accorga e sia in grado di provvedere). Bisogna essere pienamente consapevoli del fatto che questa tecnica è particolare e soggetta a errori. Si consideri l'esempio: «la mia connessione non si chiuderà». Probabilmente c'è un problema all'altra estremità della connessione e solo un pezzo di codice responsabile di entrambe le estremità della connessione può gestire correttamente il problema. Il distruttore potrebbe inviare un messaggio (in qualche modo) alla parte responsabile del sistema, assumere di aver chiuso la connessione e tornare normalmente.

Nota

Se un distruttore usa operazioni che potrebbero non riuscire, può rilevare le eccezioni e, in qualche caso, completare comunque correttamente (p.es., utilizzando un meccanismo diverso da quello che è andato in errore).

Imposizione

(Semplice) Un distruttore dovrebbe essere dichiarato `noexcept` se può andare in errore.

10.12.7 C.37: Creare i distruttori come `noexcept`

Motivo

Un distruttore non deve fallire. Se un distruttore tenta di uscire con un'eccezione, si tratta di un errore di progettazione e sarebbe meglio che il programma terminasse.

Nota

Un distruttore (sia «user-defined» che generato dal compilatore) è implicitamente dichiarato `noexcept` (indipendentemente dal codice) se tutti i membri della sua classe hanno distruttori `noexcept`. Segnando esplicitamente i distruttori con `noexcept`, un autore si tutela dal fatto che il distruttore possa diventare implicitamente `noexcept (false)` aggiungendo o modificando un membro della classe.

Esempio

Non tutti i distruttori sono noexcept per default; un membro che possa lanciare un'eccezione [throwing] avvelena tutta la gerarchia della classe

```
struct X {
    Details x; // happens to have a throwing destructor
    // ...
    ~X() { }    // implicitly noexcept(false); aka can throw
};
```

Quindi, in caso di dubbio, dichiarare un distruttore noexcept.

Nota

Perché non dichiarare quindi tutti i distruttori noexcept? Perché in molti casi questo – specialmente nei casi semplici – potrebbe generare disordine.

Imposizione

(Semplice) Un distruttore dovrebbe essere dichiarato noexcept se può andare in errore.

10.13 C.ctor: Costruttori

Un costruttore definisce come un oggetto viene inizializzato (costruito).

10.13.1 C.40: Definire un costruttore se una classe ha un invariante

Motivo

Ecco a cosa servono i costruttori.

Esempio

```
class Date { // a Date represents a valid date
    // in the January 1, 1900 to December 31, 2100 range
    Date(int dd, int mm, int yy)
        :d{dd}, m{mm}, y{yy}
    {
        if (!is_valid(d, m, y)) throw Bad_date{}; // enforce invariant
    }
    // ...
};
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
private:
    int d, m, y;
};
```

Spesso è una buona idea esprimere l'invariante come una `Ensures` sul costruttore.

Nota

Un costruttore può essere utilizzato per comodità anche se una classe non ha un invariante. Per esempio:

```
struct Rec {
    string s;
    int i {0};
    Rec(const string& ss) : s{ss} {}
    Rec(int ii) :i{ii} {}
};

Rec r1 {7};
Rec r2 {"Foo bar"};
```

Nota

La regola della lista di inizializzatori del C++11 elimina la necessità di molti costruttori. Per esempio:

```
struct Rec2{
    string s;
    int i;
    Rec2(const string& ss, int ii = 0) :s{ss}, i{ii} {}    // redundant
};

Rec2 r1 {"Foo", 7};
Rec2 r2 {"Bar"};
```

Il costruttore di `Rec2` è ridondante. Inoltre, il valore di default per `int` sarebbe meglio se fosse un *inizializzatore di membro di default*.

Si veda anche: *costruire oggetti validi e eccezioni nei costruttori.*

Imposizione

- Contrassegnare le classi con operazioni di copia user-defined ma senza costruttore (una copia user-defined è un buon indicatore del fatto che la classe ha un invariante)

10.13.2 C.41: Un costruttore dovrebbe creare un oggetto completamente inizializzato

Motivo

Un costruttore stabilisce l'invariante per una classe. L'utilizzatore di una classe dovrebbe poter supporre che un oggetto costruito è utilizzabile.

Esempio, cattivo

```
class X1 {
    FILE* f;    // call init() before any other function
    // ...
public:
    X1() {}
    void init();    // initialize f
    void read();    // read from f
    // ...
};

void f()
{
    X1 file;
    file.read();    // crash or bad read!
    // ...
    file.init();    // too late
    // ...
}
```

I compilatori non leggono i commenti.

Eccezione

Se una classe non può convenientemente costruire un oggetto valido, *si usa una funzione factory*.

Imposizione

- (Semplice) Ogni costruttore dovrebbe inizializzare ogni dato membro (esplicitamente, tramite una chiamata ctor delegante o tramite costruttore di default).
- (Ignoto) Se un costruttore ha un contratto *Ensures*, provare a vedere se vale come post-condizione.

Nota

Se un costruttore acquisisce una risorsa (per creare un oggetto valido), tale risorsa deve essere *rilasciata dal distruttore*. L'idioma dell'avere dei costruttori che acquisiscono risorse e distruttori che le rilasciano è detto *RAII* («Resource Acquisition Is Initialization»).

10.13.3 C.42: Se un costruttore non è in grado di costruire un oggetto valido, generare un'eccezione

Motivo

Lasciare un oggetto invalido vuol dire andarsi a cercare i problemi.

Esempio

```
class X2 {
    FILE* f;
    // ...
public:
    X2(const string& name)
        :f{fopen(name.c_str(), "r")}
    {
        if (!f) throw runtime_error{"could not open" + name};
        // ...
    }

    void read();      // read from f
    // ...
};

void f()
{
    X2 file {"Zeno"}; // throws if file isn't open
    file.read();      // fine
    // ...
}
```

Esempio, cattivo

```
class X3 {      // bad: the constructor leaves a non-valid object behind
    FILE* f;    // call is_valid() before any other function
    bool valid;
    // ...
public:
    X3(const string& name)
        :f{fopen(name.c_str(), "r")}, valid{false}
    {
        if (f) valid = true;
        // ...
    }

    bool is_valid() { return valid; }
    void read();    // read from f
    // ...
};

void f()
{
    X3 file {"Heraclides"};
    file.read();    // crash or bad read!
    // ...
    if (file.is_valid()) {
        file.read();
        // ...
    }
    else {
        // ... handle error ...
    }
    // ...
}
```

Nota

Per una definizione di una variabile (p-es., sullo stack o come membro di un altro oggetto) non esiste alcuna esplicita chiamata a funzione da cui si possa restituire un codice d'errore. Lasciarsi dietro un oggetto invalido e affidarsi agli utilizzatori che verifichino costantemente la funzione `is_valid()` prima di usarlo è noioso, soggetto a errori ed inefficiente.

Eccezione

Esistono domini, come alcuni sistemi in stretto real-time (si pensi ai controlli di un aereo) in cui (senza il supporto di strumenti aggiuntivi) la gestione delle eccezioni non è sufficientemente prevedibile da un punto di vista temporale. Lì deve essere utilizzata la tecnica `is_valid()`. In tali casi, controllare `is_valid()` spesso e simulare immediatamente il *RAII*.

Alternativa

Se si è tentati di usare qualche semantica [idiom] di «inizializzazione post-costruttore» o «inizializzazione a due fasi», si desista. Se proprio si deve fare, si cerchi tra le *funzioni factory*.

Nota

Uno dei motivi per cui le persone hanno usato le funzioni `init()` anziché inizializzare direttamente nel costruttore è stato quello di evitare la replicazione del codice. *I costruttori delegating e l'inizializzazione di default dei membri* lo fanno meglio. Un'altra ragione è stata quella di ritardare l'inizializzazione finché non fosse stato necessario avere un oggetto; spesso la soluzione a ciò è *non dichiarare una variabile finché non possa essere adeguatamente inizializzata*

Imposizione

???

10.13.4 C.43: Accertarsi che una classe copiabile abbia un costruttore di default

Motivo

Ovvero, assicurarsi che se una classe concreta è copiabile, soddisfi anche il resto di «semi-regolare».

Molti linguaggi e strutture di librerie si affidano ai costruttori di default per inizializzare i propri elementi, p.es. `T a[10]` e `std::vector<T> v(10)`. Un costruttore di default spesso semplifica il compito di definire uno *stato di spostato* adatto per un tipo che sia anche copiabile.

Esempio

```
class Date { // BAD: no default constructor
public:
    Date(int dd, int mm, int yyyy);
    // ...
};

vector<Date> vd1(1000); // default Date needed here
vector<Date> vd2(1000, Date{7, Month::October, 1885}); // alternative
```

Il costruttore di default viene auto-generato solo se non c'è un costruttore dichiarato dall'utente, quindi è impossibile inizializzare il vettore `vd1` nell'esempio precedente. L'assenza di un valore di default può riservare delle sorprese agli utenti e complicarne l'uso, quindi se lo si può ragionevolmente definire, lo si faccia.

Si è scelto `Date` per incoraggiare il pensiero: Non c'è alcuna data di default «naturale» (il big bang è troppo lontano nel tempo per essere utile per la maggior parte delle persone), quindi questo esempio non è banale. `{0, 0, 0}` non è una data valida nella maggior parte dei sistemi di calendari, quindi si sceglie quello che potrebbe assomigliare al NaN dei numeri a virgola mobile. Tuttavia, la maggior parte delle classi `Date` realistiche hanno una «data iniziale» (p.es. è famoso il 1 gennaio 1970), quindi averla come default è solitamente ovvio.

```
class Date {
public:
    Date(int dd, int mm, int yyyy);
    Date() = default; // [See also](#Rc-default)
    // ...
private:
    int dd {1};
    int mm {1};
    int yyyy {1970};
    // ...
};

vector<Date> vd1(1000);
```

Nota

Una classe con membri che abbiano tutti costruttori di default, ottiene implicitamente un costruttore di default:

```
struct X {
    string s;
    vector<int> v;
};
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
X x; // means X{ { }, { } }; that is the empty string and the empty_
↳vector
```

Attenzione che i tipi [built-in] non vengono correttamente costruiti di default:

```
struct X {
    string s;
    int i;
};

void f()
{
    X x;    // x.s is initialized to the empty string; x.i is_
↳uninitialized

    cout << x.s << ' ' << x.i << '\n';
    ++x.i;
}
```

Gli oggetti allocati staticamente di tipo [built-in] vengono per default inizializzati a 0, ma non le variabili locali di tipo [built-in]. Attenzione che il compilatore potrebbe inizializzare per default le variabili locali di tipo [built-in], mentre una compilazione ottimizzata non lo farà. Pertanto, codice simile a quello dell'esempio precedente potrebbe sembrare funzionante, ma si basa su un comportamento indefinito. Assumendo che si voglia un'inizializzazione, un'inizializzazione esplicita di default può essere d'aiuto:

```
struct X {
    string s;
    int i {};    // default initialize (to 0)
};
```

Note

Le classi che non hanno una ragionevole costruzione di default sono solitamente anche non copiabili, quindi non rientrano in questa linea-guida.

Per esempio, una classe base non dovrebbe essere copiabile e quindi non necessita obbligatoriamente di un costruttore di default:

```
// Shape is an abstract base class, not a copyable type.
// It might or might not need a default constructor.
struct Shape {
    virtual void draw() = 0;
    virtual void rotate(int) = 0;
    // =delete copy/move functions
    // ...
};
```

Una classe che deve acquisire una risorsa fornita dal chiamante durante la costruzione spesso non può avere un costruttore di default, ma non rientra in questa linea-guida poiché tale classe di solito non è comunque copiabile:

```
// std::lock_guard is not a copyable type.
// It does not have a default constructor.
lock_guard g {mx}; // guard the mutex mx
lock_guard g2;     // error: guarding nothing
```

Una classe che ha uno «stato speciale» che deve essere gestito separatamente dagli altri stati dalle funzioni membro o dagli utenti provoca un lavoro extra (e molto probabilmente più errori). Tale tipo può naturalmente usare lo stato speciale come valore costruito di default, indipendentemente dal fatto che sia o meno copiabile:

```
// std::ofstream is not a copyable type.
// It does happen to have a default constructor
// that goes along with a special "not open" state.
ofstream out {"Foobar"};
// ...
out << log(time, transaction);
```

I tipi simili di stati speciali che sono copiabili, ad esempio i puntatori smart copiabili che hanno lo stato speciale «==nullptr», devono utilizzare lo stato speciale come il valore di default nel costruttore.

Tuttavia, è preferibile avere un default per un costruttore di default anziché uno stato significativo come per le "" delle `std::string` e per i {} dei `std::vector`.

Imposizione

- Segnalare le classi che siano copiabili con = senza un costruttore di default
- Segnalare le classi che sono confrontabili con == ma non copiabili

10.13.5 C.44: È preferibile che i costruttori di default siano semplici e che non sollevino errori [non-throwing]

Motivo

Essere in grado di impostare un valore ad «un default» senza le operazioni che possono fallire semplifica la gestione degli errori e il ragionamento sulle operazioni di [move].

Esempio, problematico

```
template<typename T>
// elem points to space-elem element allocated using new
class Vector0 {
public:
    Vector0() :Vector0{0} {}
    Vector0(int n) :elem{new T[n]}, space{elem + n}, last{elem} {}
    // ...
private:
    own<T*> elem;
    T* space;
    T* last;
};
```

Questo va bene ed è generale, ma impostare un `Vector0` a vuoto dopo un errore implica un'allocazione, che potrebbe non riuscire. Inoltre, avere un `Vector` di default rappresentato come `{new T[0], 0, 0}` sembra dispendioso. Per esempio, `Vector0<int> v[100]` costa 100 allocazioni.

Esempio

```
template<typename T>
// elem is nullptr or elem points to space-elem element allocated.
→using new
class Vector1 {
public:
    // sets the representation to {nullptr, nullptr, nullptr}; doesn't.
→throw
    Vector1() noexcept {}
    Vector1(int n) :elem{new T[n]}, space{elem + n}, last{elem} {}
    // ...
private:
    own<T*> elem {};
    T* space {};
    T* last {};
};
```

L'uso di `{nullptr, nullptr, nullptr}` rende `Vector1{}` economico, ma è un caso speciale ed implica dei controlli a run-time. Impostare un `Vector1` a vuoto dopo aver rilevato un errore è banale.

Imposizione

- Segnalare i costruttori di default che possono sollevare errori

10.13.6 C.45: Non definire un costruttore di default che inizializza solamente i dati membri; usare, invece, gli inizializzatori dei membri

Motivo

L'uso degli inizializzatori dei membri di default consente al compilatore di generare la funzione. La funzione generata dal compilatore può essere più efficiente.

Esempio, cattivo

```
class X1 { // BAD: doesn't use member initializers
    string s;
    int i;
public:
    X1() :s{"default"}, i{1} { }
    // ...
};
```

Esempio

```
class X2 {
    string s {"default"};
    int i {1};
public:
    // use compiler-generated default constructor
    // ...
};
```

Imposizione

(Semplice) Un costruttore di default dovrebbe fare di più che inizializzare semplicemente i dati membri con costanti.

10.13.7 C.46: Per default, dichiarare costruttori ad argomento singolo con `explicit`

Motivo

Per evitare conversioni indesiderate.

Esempio, cattivo

```
class String {
public:
    String(int);    // BAD
    // ...
};

String s = 10;    // surprise: string of size 10
```

Eccezione

Se si vuole veramente una conversione implicita da parte dell'argomento del costruttore al tipo della classe, non usare `explicit`:

```
class Complex {
public:
    Complex(double d);    // OK: we want a conversion from d to {d, 0}
    // ...
};

Complex z = 10.7;    // unsurprising conversion
```

Si veda anche: *Discussione sulle conversioni implicite*

Nota

I costruttori copia e [move] non devono essere creati con `explicit` perché non eseguono conversioni. I costruttori “explicit” di copia/[move] rendono difficile il passaggio e la restituzione per valore.

Imposizione

(Semplice) I costruttori con singolo argomento devono essere dichiarati **explicit**. Dei buoni costruttori con argomento singolo non-**explicit** sono rari nella maggior parte dei codici. Avvertire per quelli che non sono in una «lista positiva».

10.13.8 C.47: Definire e inizializzare i dati membro secondo l'ordine di dichiarazione dei membri

Motivo

Per ridurre al minimo la confusione e gli errori. Questo è l'ordine con cui avviene l'inizializzazione (indipendentemente dall'ordine degli inizializzatori dei membri).

Esempio, cattivo

```
class Foo {
    int m1;
    int m2;
public:
    Foo(int x) :m2{x}, m1{++x} { }    // BAD: misleading initializer
    ↪order
    // ...
};

Foo x(1); // surprise: x.m1 == x.m2 == 2
```

Imposizione

(Semplice) Una lista di inizializzatori dei membri deve indicare i membri nello stesso ordine con cui sono dichiarati.

Si veda anche: *Discussione*

10.13.9 C.48: Preferire gli inizializzatori membro di default agli inizializzatori membro nei costruttori per gli inizializzatori costanti

Motivo

Rende esplicito che ci si aspetta di usare lo stesso valore in tutti i costruttori. Evitare le ripetizioni. Evitare i problemi di manutenzione. Porta ad un codice più breve e più efficiente.

Esempio, cattivo

```
class X {    // BAD
    int i;
    string s;
    int j;
public:
    X() :i{666}, s{"qqq"} { }    // j is uninitialized
    X(int ii) :i{ii} {}          // s is "" and j is uninitialized
    // ...
};
```

Come può un manutentore sapere se `j` sia stato deliberatamente lasciato non inizializzato (probabilmente è comunque una cattiva idea) e se sia stato intenzionale dare a `s` il valore di default `""` in un caso e `qqq` in un altro (quasi certamente un bug)? Il problema con `j` (dimenticando di inizializzare un membro) si verifica spesso quando si aggiunge un nuovo membro a una classe esistente.

Esempio

```
class X2 {
    int i {666};
    string s {"qqq"};
    int j {0};
public:
    X2() = default;          // all members are initialized to their
    ↪ defaults
    X2(int ii) :i{ii} {}     // s and j initialized to their defaults
    // ...
};
```

Alternativa: Possiamo parzialmente avvantaggiarci dei benefici degli argomenti di default nei costruttori, e che non è raro nel codice più vecchio. Tuttavia, questo è meno esplicito, causa l'esistenza di più argomenti da passare, ed è ripetitivo quando ci sono più di un costruttore:

```
class X3 {    // BAD: inexplicit, argument passing overhead
    int i;
    string s;
    int j;
public:
    X3(int ii = 666, const string& ss = "qqq", int jj = 0)
        :i{ii}, s{ss}, j{jj} { }    // all members are initialized to
    ↪ their defaults
    // ...
};
```

Imposizione

- (Semplice) Ogni costruttore dovrebbe inizializzare ogni dato membro (esplicitamente, tramite una chiamata ctor delegante o tramite costruttore di default).
- (Semplice) Gli argomenti di default per i costruttori suggeriscono che un iniziatore di membro di default potrebbe essere più appropriato.

10.13.10 C.49: Nei costruttori preferire l'inizializzazione alle assegnazioni

Motivo

Una inizializzazione dichiara esplicitamente che viene eseguita l'inizializzazione, anziché l'assegnazione, e può essere più elegante ed efficiente. Previene gli errori «utilizzo prima della valorizzazione».

Esempio, buono

```
class A {    // Good
    string s1;
public:
    A(czstring p) : s1{p} { }    // GOOD: directly construct (and the
    ↪C-string is explicitly named)
    // ...
};
```

Esempio, cattivo

```
class B {    // BAD
    string s1;
public:
    B(const char* p) { s1 = p; }    // BAD: default constructor
    ↪followed by assignment
    // ...
};

class C {    // UGLY, aka very bad
    int* p;
public:
    C() { cout << *p; p = new int{10}; }    // accidental use before
    ↪initialized
    // ...
};
```

Esempio, ancora migliore

Invece di quei `const char*` si potrebbe usare `std::string_view` o `gsl::span<char>` del C++17 come *un modo più generale di presentare gli argomenti ad una funzione*:

```
class D {    // Good
    string s1;
public:
    D(string_view v) : s1{v} { }    // GOOD: directly construct
    // ...
};
```

10.13.11 C.50: Usare una funzione factory se c'è bisogno di un «comportamento virtuale» durante l'inizializzazione

Motivo

Se lo stato di un oggetto di una classe base deve dipendere dallo stato di una parte derivata dell'oggetto, bisogna usare una funzione virtuale (o equivalente) minimizzando la finestra di opportunità per abusare di un oggetto costruito male.

Nota

Il tipo restituito dalla factory dovrebbe normalmente essere `unique_ptr` per default; se si condividono alcuni utilizzi, il chiamante può move lo `unique_ptr` in uno `shared_ptr`. Tuttavia, se l'autore della factory sa che tutti gli usi dell'oggetto restituito saranno condivisi, restituisce `shared_ptr` ed usa `make_shared` nel body per risparmiare un'allocazione.

Esempio, cattivo

```
class B {
public:
    B()
    {
        /* ... */
        f(); // BAD: C.82: Don't call virtual functions in
        ↪ constructors and destructors
        /* ... */
    }

    virtual void f() = 0;
};
```

Esempio

```
class B {
protected:
    class Token {};

public:
    explicit B(Token) { /* ... */ } // create an imperfectly_
    ↪ initialized object
    virtual void f() = 0;

    template<class T>
    static shared_ptr<T> create() // interface for creating shared_
    ↪ objects
    {
        auto p = make_shared<T>(typename T::Token{});
        p->post_initialize();
        return p;
    }

protected:
    virtual void post_initialize() // called right after construction
        { /* ... */ f(); /* ... */ } // GOOD: virtual dispatch is safe
};

class D : public B { // some derived class
protected:
    class Token {};

public:
    explicit D(Token) : B{ B::Token{} } {}
    void f() override { /* ... */ };

protected:
    template<class T>
    friend shared_ptr<T> B::create();
};

shared_ptr<D> p = D::create<D>(); // creating a D object
```

`make_shared` richiede che il costruttore sia pubblico. Richiedendo un `Token` protetto, il costruttore non può più essere chiamato pubblicamente, quindi si evita che un oggetto non completamente costruito se ne vada libero. Fornendo la funzione factory `create()`, si rende conveniente la costruzione (nel [free store]).

Nota

Le funzioni factory convenzionali vengono allocate nel [free store], anziché sullo stack o in un oggetto che lo racchiude.

Si veda anche: *Discussione*

10.13.12 C.51: Utilizzare i costruttori [delegating] per rappresentare azioni comuni a tutti i costruttori di una classe

Motivo

Per evitare ripetizioni e accidentali differenze.

Esempio, cattivo

```
class Date {    // BAD: repetitive
    int d;
    Month m;
    int y;
public:
    Date(int dd, Month mm, year yy)
        :d{dd}, m{mm}, y{yy}
        { if (!valid(d, m, y)) throw Bad_date{}; }

    Date(int dd, Month mm)
        :d{dd}, m{mm} y{current_year()}
        { if (!valid(d, m, y)) throw Bad_date{}; }
    // ...
};
```

L'azione comune diventa noiosa da scrivere e potrebbe accidentalmente non essere comune.

Esempio

```
class Date2 {
    int d;
    Month m;
    int y;
public:
    Date2(int dd, Month mm, year yy)
        :d{dd}, m{mm}, y{yy}
        { if (!valid(d, m, y)) throw Bad_date{}; }
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
Date2(int dd, Month mm)
    :Date2{dd, mm, current_year()} {}
// ...
};
```

Si veda anche: Se l'«azione ripetuta» è una semplice inizializzazione, considerare *un iniziatore membro di default*.

Imposizione

(Moderato) Cercare parti di costruttori simili

10.13.13 C.52: Usare i costruttori ereditati per importare i costruttori in una classe derivata che non necessita di un'ulteriore inizializzazione

Motivo

Se sono necessari quei costruttori per una classe derivata, la loro re-implementazione è noiosa e soggetta ad errori.

Esempio

`std::vector` ha molti costruttori complicati, quindi se si vuole il proprio `vector`, non lo si deve re-implementare:

```
class Rec {
    // ... data and lots of nice constructors ...
};

class Oper : public Rec {
    using Rec::Rec;
    // ... no data members ...
    // ... lots of nice utility functions ...
};
```

Esempio, cattivo

```
struct Rec2 : public Rec {
    int x;
    using Rec::Rec;
};

Rec2 r {"foo", 7};
int val = r.x;    // uninitialized
```

Imposizione

Assicurarsi che ogni membro della classe derivata venga inizializzato.

10.14 C.copy: Copia e spostamento

I tipi concreti dovrebbero generalmente essere copiabili, ma non le interfacce in una gerarchia di classi. Gli handle delle risorse potrebbero o meno essere copiabili. I tipi possono essere definiti per lo spostamento per motivi logici o prestazionali.

10.14.1 C.60: Creare le assegnazioni di copia non-virtual, prendere il parametro con const& e restituire con non-const&

Motivo

È semplice ed efficiente. Se si vuole ottimizzare per gli rvalue, si fornisce un overload che prende un && (cfr. F.18).

Esempio

```
class Foo {
public:
    Foo& operator=(const Foo& x)
    {
        // GOOD: no need to check for self-assignment (other than
        ↪performance)
        auto tmp = x;
        swap(tmp); // see C.83
        return *this;
    }
    // ...
};
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
Foo a;  
Foo b;  
Foo f();  
  
a = b;    // assign lvalue: copy  
a = f();  // assign rvalue: potentially move
```

Nota

La tecnica di implementazione dello swap offre la *garanzia forte*.

Esempio

Cosa succede se si possono avere prestazioni superiori non creando una copia temporanea? Si consideri un semplice `Vector` destinato ad un dominio dove è comune l'assegnazione di grandi `Vector` delle stesse dimensioni. In questo caso, la copia degli elementi implicita nella tecnica dell'implementazione dello swap potrebbe aumentare il costo di un ordine di grandezza:

```
template<typename T>  
class Vector {  
public:  
    Vector& operator=(const Vector&);  
    // ...  
private:  
    T* elem;  
    int sz;  
};  
  
Vector& Vector::operator=(const Vector& a)  
{  
    if (a.sz > sz) {  
        // ... use the swap technique, it can't be bettered ...  
        return *this;  
    }  
    // ... copy sz elements from *a.elem to elem ...  
    if (a.sz < sz) {  
        // ... destroy the surplus elements in *this and adjust size ..  
→.    }  
    return *this;  
}
```

Scrivendo direttamente negli elementi di destinazione, si otterrà solo la *garanzia di base* anziché la garanzia forte offerta dalla tecnica dello swap. Attenzione alle *auto-assegnazioni*.

Alternative: Se si ritiene di aver bisogno di un operatore di assegnazione `virtual`, e si capisce perché è profondamente problematico, non lo si chiami `operator=`. Chiamare la funzione come `virtual void assign(const Foo&)`. Cfr. *costruttore copia contro clone()*.

Imposizione

- (Semplice) Un operatore di assegnazione non dovrebbe essere virtuale. Questo è un punto oscuro!
- (Semplice) Un operatore di assegnazione dovrebbe restituire `T&` per abilitare il concatenamento, non alternative come `const T&` che interferiscono con la componibilità e l'inseribilità degli oggetti nei contenitori.
- (Moderato) Un operatore di assegnazione dovrebbe (implicitamente o esplicitamente) invocare tutti gli operatori di assegnazione base e membri. Si osservi il distruttore per determinare se il tipo ha la semantica del puntatore o quella del valore.

10.14.2 C.61: Un'operazione di copia dovrebbe copiare

Motivo

Questa è la semantica generalmente assunta. Dopo `x = y`, si dovrebbe avere `x == y`. Dopo una copia `x` e `y` possono essere oggetti indipendenti (semantica del valore, come funzionano i tipi nativi non-puntatori e i tipi della libreria standard) o riferirsi a oggetti condivisi (semantica dei puntatori, come funzionano i puntatori).

Esempio

```
class X {    // OK: value semantics
public:
    X();
    X(const X&);    // copy X
    void modify();    // change the value of X
    // ...
    ~X() { delete[] p; }
private:
    T* p;
    int sz;
};

bool operator==(const X& a, const X& b)
{
    return a.sz == b.sz && equal(a.p, a.p + a.sz, b.p, b.p + b.sz);
}

X::X(const X& a)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
    :p{new T[a.sz]}, sz{a.sz}
{
    copy(a.p, a.p + sz, p);
}

X x;
X y = x;
if (x != y) throw Bad{};
x.modify();
if (x == y) throw Bad{};    // assume value semantics
```

Esempio

```
class X2 { // OK: pointer semantics
public:
    X2();
    X2(const X2&) = default; // shallow copy
    ~X2() = default;
    void modify();           // change the pointed-to value
    // ...
private:
    T* p;
    int sz;
};

bool operator==(const X2& a, const X2& b)
{
    return a.sz == b.sz && a.p == b.p;
}

X2 x;
X2 y = x;
if (x != y) throw Bad{};
x.modify();
if (x != y) throw Bad{};    // assume pointer semantics
```

Nota

Preferire la semantica del valore a meno che non si stia costruendo uno «smart pointer». La semantica del valore è la più semplice su cui ragionare ed è quella che si aspettano le strutture della libreria standard.

Imposizione

(Non imponibile)

10.14.3 C.62: Rendere l'assegnazione di copia sicura in caso di auto-assegnazione

Motivo

Se `x = x` modifica il valore di `x`, si resterà sorpresi ed avverranno brutti errori (spesso anche dei leak).

Esempio

I contenitori della libreria standard gestiscono l'auto-assegnazione con eleganza ed efficienza:

```
std::vector<int> v = {3, 1, 4, 1, 5, 9};  
v = v;  
// the value of v is still {3, 1, 4, 1, 5, 9}
```

Nota

L'assegnazione di default generata dai membri che gestiscono correttamente l'auto-assegnazione gestisce correttamente l'auto-assegnazione.

```
struct Bar {  
    vector<pair<int, int>> v;  
    map<string, int> m;  
    string s;  
};  
  
Bar b;  
// ...  
b = b;    // correct and efficient
```

Nota

È possibile gestire l'auto-assegnazione testandola esplicitamente, ma spesso è più rapido e più elegante farlo senza un test (p.es., *utilizzando swap*).

```
class Foo {
    string s;
    int i;
public:
    Foo& operator=(const Foo& a);
    // ...
};

Foo& Foo::operator=(const Foo& a)    // OK, but there is a cost
{
    if (this == &a) return *this;
    s = a.s;
    i = a.i;
    return *this;
}
```

Questo è ovviamente sicuro e apparentemente efficiente. Tuttavia, cosa succede se si esegue un auto-assegnazione per un milione di assegnazioni? Questo ha a che fare con un milione di test ridondanti (ma dato che la risposta è essenzialmente la stessa, il predittore del branch [branch predictor] del computer indovinerà quasi sempre). Si consideri:

```
Foo& Foo::operator=(const Foo& a)    // simpler, and probably much
↪better
{
    s = a.s;
    i = a.i;
    return *this;
}
```

`std::string` è sicuro per l'auto-assegnazione così come lo sono gli `int`. Tutto il costo è sostenuto dal (raro) caso dell'auto-assegnazione.

Imposizione

(Semplice) Gli operatori di assegnazione non devono avere lo schema `if (this == &a) return *this; ???`

10.14.4 C.63: Rendere l'assegnazione di spostamento [move] non-virtual, prendere il parametro con && e restituire con non-const&

Motivo

È semplice ed efficiente.

Cfr.: *La regola per l'assegnazione-copia.*

Imposizione

Equivalente a quanto fatto per l'*assegnazione-copia*.

- (Semplice) Un operatore di assegnazione non dovrebbe essere virtuale. Questo è un punto oscuro!
- (Semplice) Un operatore di assegnazione dovrebbe restituire T& per abilitare il concatenamento, non alternative come `const T&` che interferiscono con la componibilità e l'inseribilità degli oggetti nei contenitori.
- (Moderato) Un operatore di assegnazione di spostamento dovrebbe (implicitamente o esplicitamente) invocare tutti gli operatori di assegnazione di spostamento base e membri.

10.14.5 C.64: Un'operazione di [move] dovrebbe spostare e lasciare il sorgente in uno stato valido

Motivo

Questa è la semantica generalmente assunta. Dopo `y = std::move(x)` il valore di `y` dovrebbe essere il valore che aveva `x` e `x` dovrebbe essere in uno stato valido.

Esempio

```
class X {    // OK: value semantics
public:
    X();
    X(X&& a) noexcept;    // move X
    X& operator=(X&& a) noexcept;    // move-assign X
    void modify();        // change the value of X
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// ...
~X() { delete[] p; }
private:
    T* p;
    int sz;
};

X::X(X&& a) noexcept
    :p{a.p}, sz{a.sz} // steal representation
{
    a.p = nullptr;    // set to "empty"
    a.sz = 0;
}

void use()
{
    X x{};
    // ...
    X y = std::move(x);
    x = X{}; // OK
} // OK: x can be destroyed
```

Nota

Idealmente, quello rimosso dovrebbe avere il valore di default del tipo. Accertarsene, a meno che non ci sia una ragione eccezionalmente buona per non farlo. Tuttavia, non tutti i tipi hanno un valore di default e per alcuni tipi stabilire il valore di default può risultare costoso. Lo standard richiede solo che l'oggetto da cui si è rimosso il valore possa essere distrutto. Spesso è possibile fare facilmente ed economicamente meglio: La libreria standard presuppone che sia possibile assegnare ad un oggetto da cui si è rimosso il valore. Lasciare sempre l'oggetto da cui si è rimosso il valore in uno stato valido (necessariamente specificato).

Nota

A meno che non ci sia una ragione eccezionalmente forte per non farlo, fare in modo che `x = std::move(y); y = z;` funzioni con la semantica convenzionale.

Imposizione

(Non imponibile) Cercare le assegnazioni ai membri nell'operazione di spostamento. Se c'è un costruttore di default, confrontare quelle assegnazioni con le inizializzazioni nel costruttore di default.

10.14.6 C.65: Rendere l'assegnazione con spostamento sicura per l'auto-assegnazione

Motivo

Se `x = x` cambia il valore di `x`, si resterà sorpresi e capiteranno brutti errori. Tuttavia, solitamente la gente non scrive un'auto-assegnazione che si trasforma in uno spostamento, ma può accadere. Tuttavia, `std::swap` è implementato usando le operazioni di spostamento quindi se accidentalmente si fa uno `swap(a, b)` dove `a` e `b` si riferiscono allo stesso oggetto, il non riuscire a gestire l'auto-assegnazione potrebbe essere un serio e subdolo errore.

Esempio

```
class Foo {
    string s;
    int i;
public:
    Foo& operator=(Foo&& a) noexcept;
    // ...
};

Foo& Foo::operator=(Foo&& a) noexcept // OK, but there is a cost
{
    if (this == &a) return *this; // this line is redundant
    s = std::move(a.s);
    i = a.i;
    return *this;
}
```

L'obiezione dell'uno-su-un-milione rispetto al test `if (this == &a) return *this;` della discussione sull'*auto-assegnazione* è ancor più rilevante per l'auto-spostamento.

Nota

Non è noto un modo generale per evitare che dopo un test `if (this == &a) return *this;` per un assegnazione con spostamento si abbia ancora una risposta corretta (ovvero, dopo `x =` `x` il valore di `x` resta invariato).

Nota

Lo standard ISO garantisce solo uno stato «valido ma non specificato» per i contenitori della standard-library. Sembra che questo non sia stato un problema nei 10 anni di utilizzo sperimentale ed in produzione. Si prega di contattare gli editori se si trova un contro esempio. La regola qui è più cautelativa ed insiste sulla completa sicurezza.

Esempio

Ecco un modo per spostare un puntatore senza un test (lo si immagini come codice nell'implementazione di un assegnazione con spostamento):

```
// move from other.ptr to this->ptr
T* temp = other.ptr;
other.ptr = nullptr;
delete ptr; // in self-move, this->ptr is also null; delete is a no-op
ptr = temp; // in self-move, the original ptr is restored
```

Imposizione

- (Moderato) Nel caso dell'auto-assegnazione, un operatore di assegnazione con spostamento non deve lasciare l'oggetto con i membri puntatori cancellati con `delete` o settati a `nullptr`.
- (Non applicabile) Si veda l'uso dei tipi di contenitori nella standard-library (compreso `string`) e si considerino sicuri per gli usi ordinari (non life-critical).

10.14.7 C.66: Creare le operazioni di [move] come `noexcept`

Motivo

Uno spostamento che va in errore [throwing] va contro le ragionevoli assunzioni della maggior parte delle persone. Uno spostamento [non-throwing] verrà usato in modo più efficiente dalla standard-library e dalle strutture del linguaggio.

Esempio

```
template<typename T>
class Vector {
public:
    Vector(Vector&& a) noexcept : elem{a.elem}, sz{a.sz} { a.elem =
→ nullptr; a.sz = 0; }
    Vector& operator=(Vector&& a) noexcept {
        if (&a != this) {
            delete elem;
            elem = a.elem; a.elem = nullptr;
            sz = a.sz; a.sz = 0;
        }
        return *this;
    }
    // ...
private:
    T* elem;
    int sz;
};
```

Queste operazioni non generano errori [throw].

Esempio, cattivo

```
template<typename T>
class Vector2 {
public:
    Vector2(Vector2&& a) noexcept { *this = a; } // just
→ use the copy
    Vector2& operator=(Vector2&& a) noexcept { *this = a; } // just
→ use the copy
    // ...
private:
    T* elem;
    int sz;
};
```

Questo Vector2 non è solo inefficiente, ma dato che la copia di un vettore richiede un'allocazione, può andare in errore [throw].

Imposizione

(Semplice) Un'operazione di spostamento deve essere contrassegnata con `noexcept`.

10.14.8 C.67: Una classe polimorfica dovrebbe sopprimere la copia/spostamento public

Motivo

Una *classe polimorfica* è una classe che definisce o eredita almeno una funzione virtuale. È probabile che verrà usata come classe base per altre classi derivate con un comportamento polimorfico. Se viene accidentalmente passata per valore, col costruttore copia e le assegnazioni generate implicitamente, si rischia di “spaccare”: verrà copiata solo la porzione base dell’oggetto derivato, e il comportamento polimorfico risulterà corrotto.

Se la classe non ha dati, imporre `=delete` alle funzioni di copia e spostamento. Altrimenti renderli `protected`.

Esempio, cattivo

```
class B { // BAD: polymorphic base class doesn't suppress copying
public:
    virtual char m() { return 'B'; }
    // ... nothing about copy operations, so uses default ...
};

class D : public B {
public:
    char m() override { return 'D'; }
    // ...
};

void f(B& b)
{
    auto b2 = b; // oops, slices the object; b2.m() will return 'B'
}

D d;
f(d);
```

Esempio

```

class B { // GOOD: polymorphic class suppresses copying
public:
    B() = default;
    B(const B&) = delete;
    B& operator=(const B&) = delete;
    virtual char m() { return 'B'; }
    // ...
};

class D : public B {
public:
    char m() override { return 'D'; }
    // ...
};

void f(B& b)
{
    auto b2 = b; // ok, compiler will detect inadvertent copying, and
    ↪protest
}

D d;
f(d);

```

Nota

Se è necessario creare copie complete [deep] di oggetti polimorfici, si usano le funzioni `clone()`: cfr. *C.130*.

Eccezione

Le classi che rappresentano oggetti eccezioni devono sia essere polimorfiche che costruibili-per-copia.

Imposizione

- Segnalare una classe polimorfica con un'operazione di copia public.
- Segnalare un'assegnazione di oggetti di classi polimorfiche.

10.15 C.other: Altre regole sulle operazioni di default

Oltre alle operazioni per le quali il linguaggio offre implementazioni di default, ci sono alcune operazioni talmente fondamentali che necessitano di regole specifiche per la loro definizione: confronti, swap e hash.

10.15.1 C.80: Utilizzare `=default` se si deve essere espliciti sull'uso della semantica del default

Motivo

È più probabile che il compilatore ottenga la giusta semantica di default e non è possibile implementare queste funzioni meglio del compilatore.

Esempio

```
class Tracer {
    string message;
public:
    Tracer(const string& m) : message{m} { cerr << "entering " <<
↪message << '\n'; }
    ~Tracer() { cerr << "exiting " << message << '\n'; }

    Tracer(const Tracer&) = default;
    Tracer& operator=(const Tracer&) = default;
    Tracer(Tracer&&) noexcept = default;
    Tracer& operator=(Tracer&&) noexcept = default;
};
```

Dato che si è definito il distruttore, si devono definire le operazioni di copia e spostamento. Il `= default` è il modo migliore e più semplice per farlo.

Esempio, cattivo

```
class Tracer2 {
    string message;
public:
    Tracer2(const string& m) : message{m} { cerr << "entering " <<
↪message << '\n'; }
    ~Tracer2() { cerr << "exiting " << message << '\n'; }

    Tracer2(const Tracer2& a) : message{a.message} {}
    Tracer2& operator=(const Tracer2& a) { message = a.message; return
↪
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
→*this; }
    Tracer2(Tracer2&& a) noexcept :message{a.message} {}
    Tracer2& operator=(Tracer2&& a) noexcept { message = a.message;↵
→return *this; }
};
```

Scrivere il codice per le operazioni di copia e spostamento è prolisso, noioso e soggetto ad errori. Un compilatore lo fa meglio.

Imposizione

(Moderato) Il corpo di un'operazione definita dall'utente non dovrebbe avere la stessa semantica della versione generata dal compilatore, perché sarebbe ridondante.

10.15.2 C.81: Utilizzare `=delete` quando si vuol disabilitare il comportamento di default (senza volere un'alternativa)

Motivo

In alcuni casi, un'operazione di default non è desiderabile.

Esempio

```
class Immortal {
public:
    ~Immortal() = delete;    // do not allow destruction
    // ...
};

void use()
{
    Immortal ugh;    // error: ugh cannot be destroyed
    Immortal* p = new Immortal{};
    delete p;        // error: cannot destroy *p
}
```

Esempio

Un `unique_ptr` può essere spostato, ma non copiato. Per farlo, ne vengono cancellate le operazioni di copia. Per evitare la copia è necessario il `=delete` accanto alle sue operazioni di copia dagli lvalue:

```
template<class T, class D = default_delete<T>> class unique_ptr {
public:
    // ...
    constexpr unique_ptr() noexcept;
    explicit unique_ptr(pointer p) noexcept;
    // ...
    unique_ptr(unique_ptr&& u) noexcept;    // move constructor
    // ...
    unique_ptr(const unique_ptr&) = delete; // disable copy from lvalue
    // ...
};

unique_ptr<int> make();    // make "something" and return it by moving

void f()
{
    unique_ptr<int> pi {};
    auto pi2 {pi};        // error: no move constructor from lvalue
    auto pi3 {make()};    // OK, move: the result of make() is an rvalue
}
```

Si noti che le funzioni eliminate devono essere pubbliche.

Imposizione

L'eliminazione di un'operazione di default è (dovrebbe essere) basata sulla semantica desiderata della classe. Considerare tali classi sospette, ma mantenere un «elenco positivo» di classi dove un umano ha affermato che la semantica è corretta.

10.15.3 C.82: Non richiamare funzioni virtuali nei costruttori e nei distruttori

Motivo

La funzione chiamata sarà quella dell'oggetto appena costruito, anziché una funzione eventualmente sovrapposta [overriding] in una classe derivata. Ciò può risultare molto confuso. Peggio ancora, una chiamata diretta o indiretta ad una funzione virtuale pura non implementata da un costruttore o da un distruttore provoca un comportamento indefinito.

Esempio, cattivo

```

class Base {
public:
    virtual void f() = 0;    // not implemented
    virtual void g();        // implemented with Base version
    virtual void h();        // implemented with Base version
    virtual ~Base();         // implemented with Base version
};

class Derived : public Base {
public:
    void g() override;      // provide Derived implementation
    void h() final;         // provide Derived implementation

    Derived()
    {
        // BAD: attempt to call an unimplemented virtual function
        f();

        // BAD: will call Derived::g, not dispatch further virtually
        g();

        // GOOD: explicitly state intent to call only the visible
        ➔version
        Derived::g();

        // ok, no qualification needed, h is final
        h();
    }
};

```

Si noti che chiamare una specifica funzione qualificata esplicitamente non è una chiamata virtuale anche se la funzione è `virtual`.

Si veda anche *funzioni factory* per come ottenere l'effetto di una chiamata a una funzione di una classe derivata senza rischiare il comportamento indefinito.

Nota

Non c'è nulla di intrinsecamente sbagliato nel chiamare funzioni virtuali da costruttori o distruttori. La semantica di tali chiamate è «type safe». Tuttavia, l'esperienza dimostra che tali chiamate sono raramente necessarie, confondono facilmente i manutentori e diventano una fonte di errori quando vengono utilizzate dai principianti.

Imposizione

- Segnalare le chiamate a funzioni virtuali dai costruttori e dai distruttori.

10.15.4 C.83: Per i tipi [value-like], si preveda di fornire una funzione di “swap” di tipo noexcept

Motivo

Uno swap può essere utile per implementare una serie di idiomi, da un sicuro spostamento di oggetti alla semplice implementazione di un’assegnazione, al fornire una funzione di “commit” garantita che consenta di avere un codice chiamante fortemente esente da errori. Si consideri l’uso di swap per implementare l’assegnazione per copia in termini di costruzione-copia. Si veda anche *distruttori, de-allocazione e swap non devono mai fallire*.

Esempio, buono

```
class Foo {
public:
    void swap(Foo& rhs) noexcept
    {
        m1.swap(rhs.m1);
        std::swap(m2, rhs.m2);
    }
private:
    Bar m1;
    int m2;
};
```

Fornire una funzione swap non-membro nello stesso namespace per il proprio tipo, per la comodità dei chiamanti.

```
void swap(Foo& a, Foo& b)
{
    a.swap(b);
}
```

Imposizione

- I tipi non-banalmente-copiabili dovrebbero fornire una funzione membro `swap` o un overload per lo `swap` generico.
- (Semplice) Quando una classe ha una funzione membro `swap`, dovrebbe essere dichiarata `noexcept`.

10.15.5 C.84: Una funzione `swap` non può fallire

Motivo

`swap` è largamente usata nei modi che si presumono non falliscano mai e i programmi non possono essere facilmente scritti per funzionare correttamente in presenza di una `swap` non riuscita. I contenitori e gli algoritmi della standard-library non funzioneranno correttamente se uno `[swap]` di un tipo di elemento fallisce.

Esempio, cattivo

```
void swap(My_vector& x, My_vector& y)
{
    auto tmp = x;    // copy elements
    x = y;
    y = tmp;
}
```

Questo non è soltanto lento, ma se per gli elementi avviene un'allocazione di memoria in `tmp`, questo `swap` potrebbe fallire e farebbe fallire gli algoritmi STL se venissero usati.

Imposizione

(Semplice) Quando una classe ha una funzione membro `swap`, dovrebbe essere dichiarata `noexcept`.

10.15.6 C.85: Rendere lo `swap` `noexcept`

Motivo

Uno `swap` non deve fallire. Se uno `swap` tenta di uscire con un'eccezione, si tratta di un errore di progettazione ed è meglio che il programma termini.

Imposizione

(Semplice) Quando una classe ha una funzione membro `swap`, dovrebbe essere dichiarata `noexcept`.

10.15.7 C.86: Creare `lo ==` simmetrico rispetto ai tipi di operandi e `noexcept`

Motivo

Il trattamento asimmetrico degli operandi è inatteso e fonte di errori dove sono possibili delle conversioni. `==` è un'operazione fondamentale e i programmatori dovrebbero essere in grado di usarla senza paura di sbagliare.

Esempio

```
struct X {
    string name;
    int number;
};

bool operator==(const X& a, const X& b) noexcept {
    return a.name == b.name && a.number == b.number;
}
```

Esempio, cattivo

```
class B {
    string name;
    int number;
    bool operator==(const B& a) const {
        return name == a.name && number == a.number;
    }
    // ...
};
```

Il confronto di `B` accetta le conversioni per il secondo operando, ma non per il primo.

Nota

Se una classe è in uno stato di errore, come il NaN per double, c'è la tentazione di fare un confronto con lo stato dell'errore. L'alternativa consiste nel fare in modo che due stati erronei risultino uguali, mentre il confronto tra uno stato valido ed uno erroneo risulti falso.

Nota

Questa regola si applica a tutti i soliti operatori di confronto: !=, <, <=, > e >=.

Imposizione

- Segnalare un `operator==()` per cui i tipi degli argomenti differiscano; lo stesso per gli altri operatori di confronto: !=, <, <=, > e >=.
- Segnalare i membri `operator==()`; lo stesso per gli altri operatori di confronto: !=, <, <=, > e >=.

10.15.8 C.87: Attenzione a == sulle classi base

Motivo

È davvero difficile scrivere un infallibile e utile == per una gerarchia.

Esempio, cattivo

```
class B {
    string name;
    int number;
public:
    virtual bool operator==(const B& a) const
    {
        return name == a.name && number == a.number;
    }
    // ...
};
```

Il confronto di B accetta le conversioni per il secondo operando, ma non per il primo.

```
class D : public B {
    char character;
public:
    virtual bool operator==(const D& a) const
    {
        return B::operator==(a) && character == a.character;
    }
};
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
    }  
    // ...  
};  
  
B b = ...  
D d = ...  
b == d;    // compares name and number, ignores d's character  
d == b;    // compares name and number, ignores d's character  
D d2;  
d == d2;   // compares name, number, and character  
B& b2 = d2;  
b2 == d;   // compares name and number, ignores d2's and d's character
```

Naturalmente ci sono modi per far funzionare == in una gerarchia, ma gli approcci improvvisati non sono scalabili

Nota

Questa regola si applica a tutti i soliti operatori di confronto: !=, <, <=, >, >= e <=>.

Imposizione

- Segnalare un `operator==()` virtuale; lo stesso per altri operatori di confronto: !=, <, <=, >, >= e <=>.

10.15.9 C.89: Rendere un hash noexcept

Motivo

Gli utenti dei contenitori che usano l'hash lo fanno indirettamente e non si aspettano una eccezione. È un requisito della standard-library.

Esempio, cattivo

```
template<>  
struct hash<My_type> { // thoroughly bad hash specialization  
    using result_type = size_t;  
    using argument_type = My_type;  
  
    size_t operator()(const My_type & x) const  
    {  
        size_t xs = x.s.size();  
        if (xs < 4) throw Bad_My_type{};    // "Nobody expects the_
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

    ↪Spanish inquisition!"
        return hash<size_t>()(x.s.size()) ^ trim(x.s);
    }
};

int main()
{
    unordered_map<My_type, int> m;
    My_type mt{ "asdfg" };
    m[mt] = 7;
    cout << m[My_type{ "asdfg" }] << '\n';
}

```

Se bisogna definire una specializzazione di hash, provare semplicemente a combinare le specializzazioni di hash della libreria standard con ^ (xor). Ciò tende a funzionare meglio della «intelligenza» per i non-specialisti.

Imposizione

- Segnalare gli hash con eccezioni.

10.15.10 C.90: Affidarsi ai costruttori e agli operatori di assegnazione, non a memset né a memcpy

Motivo

Il meccanismo standard del C++ per costruire un'istanza di un tipo consiste nel richiamare il suo costruttore. Come specificato nella linea-guida *C.41*: un costruttore dovrebbe creare un oggetto completamente inizializzato. Non dovrebbe essere necessaria alcuna ulteriore inizializzazione, come per memcpy. Un tipo fornirà un costruttore copia e/o un operatore di assegnazione per creare adeguatamente una copia della classe, preservando le invarianti del tipo. Utilizzando memcpy per copiare un tipo non banalmente copiabile si ottiene un comportamento indefinito. Spesso ciò provoca lo slicing, e la corruzione dei dati.

Esempio, buono

```

struct base {
    virtual void update() = 0;
    std::shared_ptr<int> sp;
};

struct derived : public base {

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void update() override {}  
};
```

Esempio, cattivo

```
void init(derived& a)  
{  
    memset(&a, 0, sizeof(derived));  
}
```

Questo è [type-unsafe] e sovrascrive la vtable.

Esempio, cattivo

```
void copy(derived& a, derived& b)  
{  
    memcpy(&a, &b, sizeof(derived));  
}
```

Anche questo è type-unsafe e sovrascrive la vtable.

Imposizione

- Segnalare il passaggio a `memset` o a `memcpy` di un tipo non-banalmente-copiabile.

10.16 C.con: Contenitori ed altri handle di risorse

Un contenitore è un oggetto che contiene una sequenza di oggetti di qualche tipo; `std::vector` è un archetipo di contenitore. Un handle [gestore] di una risorsa è una classe che possiede una risorsa; `std::vector` è il tipico handle di una risorsa; la sua risorsa è la sua sequenza degli elementi.

Riepilogo delle regole sui contenitori:

- *C.100: Seguire la STL quando si definisce un contenitore*
- *C.101: Fornire una semantica del valore ad un contenitore*
- *C.102: Fornire ad un contenitore le operazioni di spostamento*
- *C.103: Fornire ad un contenitore un costruttore con una lista inizializzatrice*
- *C.104: Fornire ad un contenitore un costruttore di default che lo imposti a vuoto*
- ???

- C.109: Se un handle di risorsa ha una semantica di puntatore, fornire * e ->

Si veda anche: *Risorse*

10.16.1 C.100: Seguire la STL quando si definisce un contenitore

Motivo

I contenitori della STL sono familiari alla maggior parte dei programmatori C++ e hanno un design fundamentalmente solido.

Nota

Esistono, ovviamente, altri stili di progettazione e talvolta si discostano dallo stile della libreria standard, ma in assenza di un solido motivo per differenziarsi, è più semplice e più facile sia per gli implementatori che per gli utenti seguire lo standard.

In particolare, `std::vector` e `std::map` costituiscono dei modelli utili relativamente semplici.

Esempio

```
// simplified (e.g., no allocators):

template<typename T>
class Sorted_vector {
    using value_type = T;
    // ... iterator types ...

    Sorted_vector() = default;
    Sorted_vector(initializer_list<T>);    // initializer-list
    ↪ constructor: sort and store
    Sorted_vector(const Sorted_vector&) = default;
    Sorted_vector(Sorted_vector&&) noexcept = default;
    Sorted_vector& operator=(const Sorted_vector&) = default;    //
    ↪ copy assignment
    Sorted_vector& operator=(Sorted_vector&&) noexcept = default; //
    ↪ move assignment
    ~Sorted_vector() = default;

    Sorted_vector(const std::vector<T>& v);    // store and sort
    Sorted_vector(std::vector<T>&& v);        // sort and "steal"
    ↪ representation"

    const T& operator[](int i) const { return rep[i]; }
    // no non-const direct access to preserve order
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void push_back(const T&);    // insert in the right place (not
↪necessarily at back)
void push_back(T&&);        // insert in the right place (not
↪necessarily at back)

// ... cbegin(), cend() ...
private:
    std::vector<T> rep;    // use a std::vector to hold elements
};

template<typename T> bool operator==(const Sorted_vector<T>&, const
↪Sorted_vector<T>&);
template<typename T> bool operator!=(const Sorted_vector<T>&, const
↪Sorted_vector<T>&);
// ...
```

Qui viene seguito lo stile STL, ma in modo incompleto. Non è raro. Fornire solo le funzionalità che hanno senso per uno specifico contenitore. La chiave consiste nel definire i costruttori convenzionali, le assegnazioni, i distruttori e gli iteratori (come significativi per lo specifico contenitore) con la loro convenzionale semantica. Partendo da questa base, il contenitore può essere espanso secondo le necessità. Qui sono stati aggiunti degli speciali costruttori per `std::vector`.

Imposizione

???

10.16.2 C.101: Fornire una semantica del valore ad un contenitore

Motivo

Gli oggetti regolari sono più semplici da immaginare e gestire di quelli irregolari. Familiarità.

Nota

Se ha senso, si crea un contenitore `Regular` (il concetto). In particolare, ci si assicuri che un oggetto risulti uguale a se stesso da un'operazione di confronto.

Esempio

```
void f(const Sorted_vector<string>& v)
{
    Sorted_vector<string> v2 {v};
    if (v != v2)
        cout << "Behavior against reason and logic.\n";
    // ...
}
```

Imposizione

???

10.16.3 C.102: Fornire ad un contenitore le operazioni di spostamento

Motivo

I contenitori tendono a diventare grandi; senza un costruttore di spostamento ed uno di copia un oggetto può risultare costoso da spostare, inducendo così le persone a passare i puntatori per poi affrontare i problemi di gestione delle risorse.

Esempio

```
Sorted_vector<int> read_sorted(istream& is)
{
    vector<int> v;
    cin >> v;    // assume we have a read operation for vectors
    Sorted_vector<int> sv = v;    // sorts
    return sv;
}
```

Un utente può ragionevolmente presumere che il ritorno da un contenitore di tipo standard sia economico.

Imposizione

???

10.16.4 C.103: Fornire ad un contenitore un costruttore con una lista inizializzatrice

Motivo

Le persone si aspettano di essere in grado di inizializzare un contenitore con un set di valori. Familiarità.

Esempio

```
Sorted_vector<int> sv {1, 3, -1, 7, 0, 0}; // Sorted_vector sorts_
↳elements as needed
```

Imposizione

???

10.16.5 C.104: Fornire ad un contenitore un costruttore di default che lo imposti a vuoto

Motivo

Renderlo Regular.

Esempio

```
vector<Sorted_sequence<string>> vs(100); // 100 Sorted_sequences_
↳each with the value ""
```

Imposizione

???

10.16.6 C.109: Se un handle di risorsa ha una semantica di puntatore, fornire * e ->

Motivo

Questo è quello che ci si aspetta dai puntatori. Familiarità.

Esempio

???

Imposizione

???

10.17 C.lambdas: Oggetti funzione e lambda

Un oggetto funzione è un oggetto che fornisce un `()` [overloaded] in modo che lo si possa chiamare. Un'espressione lambda (colloquialmente spesso abbreviata in «una lambda») è una notazione per generare un oggetto funzione. Gli oggetti funzione dovrebbero essere economici da copiare (e quindi *passati per valore*).

Sommario:

- *F.10: Se un'operazione può essere riutilizzata, le si assegna un nome*
- *F.11: Usare una lambda anonima se c'è bisogno di un semplice oggetto funzione in un posto soltanto*
- *F.50: Usare una lambda quando non è possibile una funzione (per acquisire le variabili locali o scrivere una funzione locale))*
- *F.52: Preferire l'acquisizione per riferimento nelle lambda da usare localmente, compresi quelli passati agli algoritmi*
- *F.53: Evitare l'acquisizione per riferimento nelle lambda che non si useranno localmente, compresi quelli restituiti, memorizzati nell'heap o passati da un altro thread*
- *ES.28: Usare le lambda per delle inizializzazioni complesse, specialmente di variabili `const`*

10.18 C.hier: Gerarchia di classi (OOP)

Una gerarchia di classi viene costruita per rappresentare (solo) un insieme concetti organizzati gerarchicamente. In genere le classi base fungono da interfacce. Esistono due usi principali delle gerarchie, spesso chiamati ereditarietà dell'implementazione e ereditarietà dell'interfaccia.

Sommario delle regole per le gerarchie di classi:

- *C.120: Usare le gerarchie di classi per rappresentare (solo) i concetti con una intrinseca struttura gerarchica*
- *C.121: Se una classe base viene usata come interfaccia, crearla come classe astratta pura*
- *C.122: Usare le classi astratte come interfacce quando è necessaria una completa separazione tra l'interfaccia e l'implementazione*

Sommario delle regole di progettazione per le classi di una gerarchia:

- *C.126: Una classe astratta, solitamente, non necessita di un costruttore scritto a mano*
- *C.127: Una classe con una funzione virtuale dovrebbe avere un distruttore virtuale o `protected`*
- *C.128: Le funzioni virtuali devono specificare esattamente un attributo tra `virtual`, `override` e `final`*
- *C.129: Quando si progetta una gerarchia di classi, distinguere tra ereditarietà dell'implementazione e ereditarietà dell'interfaccia*
- *C.130: Per eseguire copie complete [deep] di classi polimorfiche preferire una funzione virtuale `clone` anziché un costruttore di copia/assegnazione `public`*
- *C.131: Evitare getter e setter banali*
- *C.132: Non creare una funzione `virtual` senza motivo*
- *C.133: Evitare dati `protected data`*
- *C.134: Assicurarsi che tutti i dati membro non-`const` abbiano lo stesso livello di accesso*
- *C.135: Utilizzare l'ereditarietà multipla per rappresentare più interfacce distinte*
- *C.136: Utilizzare l'ereditarietà multipla per rappresentare l'unione degli attributi di un'implementazione*
- *C.137: Usare basi `virtual` per evitare troppe classi base generali*
- *C.138: Creare un set di overload per una classe derivata e le sue basi con `using`*
- *C.139: Usare `final` sulle classi con parsimonia*
- *C.140: Non fornire argomenti di default diversi a una funzione virtuale e a una sovrapposta [overrider]*

Sommario delle regole per l'accesso a oggetti in una gerarchia:

- *C.145: Accedere agli oggetti polimorfici tramite puntatori e riferimenti*
- *C.146: Usare il `dynamic_cast` dove è inevitabile la navigazione della gerarchia della classe*
- *C.147: Usare il `dynamic_cast` per un tipo di riferimento quando la non riuscita della ricerca della classe richiesta è considerata un errore*
- *C.148: Usare `dynamic_cast` per un tipo di puntatore quando la non riuscita della ricerca della classe richiesta è considerata una alternativa valida*
- *C.149: Usare `unique_ptr` o `shared_ptr` per evitare di dimenticarsi il `delete` degli oggetti creati con `new`*
- *C.150: Usare `make_unique()` per costruire oggetti posseduti dagli `unique_ptr`s*
- *C.151: Usare `make_shared()` per costruire oggetti posseduti dagli `shared_ptr`s*
- *C.152: Mai assegnare un puntatore ad un array di oggetti di classi derivate a un puntatore alla sua classe base*
- *C.153: Preferire la funzione `virtual` al casting*

10.18.1 C.120: Usare le gerarchie di classi per rappresentare (solo) i concetti con una intrinseca struttura gerarchica

Motivo

La diretta rappresentazione delle idee nel codice facilita la comprensione e la manutenzione. Assicurarsi che l'idea rappresentata nella classe base coincida esattamente con tutti i tipi derivati e che non esista un modo migliore per rappresentarla che usare l'accoppiamento stretto [tight coupling] dell'ereditarietà.

Non usare l'ereditarietà quando basterà semplicemente avere un dato membro. In genere ciò significa che il tipo derivato deve sovrascrivere [override] una funzione base virtuale o deve accedere ad un membro `protected`.

Esempio

```
class DrawableUIElement {
public:
    virtual void render() const = 0;
    // ...
};

class AbstractButton : public DrawableUIElement {
public:
    virtual void onClick() = 0;
    // ...
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
};

class PushButton : public AbstractButton {
    void render() const override;
    void onClick() override;
    // ...
};

class Checkbox : public AbstractButton {
    // ...
};
```

Esempio, cattivo

Non rappresentare concetti in domini non-gerarchici con gerarchie di classi.

```
template<typename T>
class Container {
public:
    // list operations:
    virtual T& get() = 0;
    virtual void put(T&) = 0;
    virtual void insert(Position) = 0;
    // ...
    // vector operations:
    virtual T& operator[](int) = 0;
    virtual void sort() = 0;
    // ...
    // tree operations:
    virtual void balance() = 0;
    // ...
};
```

Qui la maggior parte delle classi che si sovrascrivono [overriding] non possono implementare bene la maggior parte delle funzioni richieste nell'interfaccia. Pertanto la classe base diventa un onere di implementazione. Inoltre, l'utente di `Container` non può fare affidamento sulle funzioni membro che effettivamente eseguono operazioni significative in modo ragionevolmente efficiente; potrebbe sollevare, invece, un'eccezione. Pertanto gli utenti devono ricorrere ad un controllo a run-time e/o a non usare questa interfaccia (super)generale a favore di un'interfaccia particolare trovata a run-time interrogando il tipo (p.es., un `dynamic_cast`).

Imposizione

- Cercare le classi con molti membri che non fanno altro che sollevare errori [throw].
- Segnalare ogni utilizzo di una classe base non pubblica B dove la classe derivata D non sovrascrive [override] una funzione virtuale né accede a membri protetti in B, e B non è nessuna delle seguenti: vuota, un parametro template o un pacchetto di parametri di D, una classe template specializzata con D.

10.18.2 C.121: Se una classe base viene usata come interfaccia, crearla come classe astratta pura

Motivo

Una classe è più stabile (meno fragile) se non contiene dati. Le interfacce dovrebbero normalmente essere composte interamente da funzioni virtuali pure pubbliche e un distruttore virtuale di default/vuoto.

Esempio

```
class My_interface {
public:
    // ...only pure virtual functions here ...
    virtual ~My_interface() {}    // or =default
};
```

Esempio, cattivo

```
class Goof {
public:
    // ...only pure virtual functions here ...
    // no virtual destructor
};

class Derived : public Goof {
    string s;
    // ...
};

void use()
{
    unique_ptr<Goof> p {new Derived{"here we go"}};
    f(p.get()); // use Derived through the Goof interface
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
g(p.get()); // use Derived through the Goof interface
} // leak
```

La `Derived` viene distrutta con `delete` tramite la sua interfaccia `Goof`, quindi la sua `string` si perde [leak]. Dando a `Goof` un distruttore virtuale tutto va bene.

Imposizione

- Avvisare su qualsiasi classe che contiene dati membro e che abbia anche una funzione virtuale sovrascrivibile [overridable] (non-final) che non sia stata ereditata da una classe base.

10.18.3 C.122: Usare le classi astratte come interfacce quando è necessaria una completa separazione tra l'interfaccia e l'implementazione

Motivo

Come all'interno del confine di un ABI [Application Binary Interface] ([link](#)).

Esempio

```
struct Device {
    virtual ~Device() = default;
    virtual void write(span<const char> outbuf) = 0;
    virtual void read(span<char> inbuf) = 0;
};

class D1 : public Device {
    // ... data ...

    void write(span<const char> outbuf) override;
    void read(span<char> inbuf) override;
};

class D2 : public Device {
    // ... different data ...

    void write(span<const char> outbuf) override;
    void read(span<char> inbuf) override;
};
```

Un utente ora può utilizzare l'interfaccia di D1 e di D2 in modo intercambiabile attraverso l'interfaccia fornita da Device. Inoltre, si possono aggiornare D1 e D2 in modo che i file binari non siano compatibili con le versioni precedenti finché tutti gli accessi passano tramite Device.

Imposizione

???

10.19 C.hierclass: Progettazioni di classi in una gerarchia:

10.19.1 C.126: Una classe astratta, solitamente, non necessita di un costruttore scritto a mano

Motivo

Una classe astratta in genere non ha dati da inizializzare in un costruttore.

Esempio

```
class Shape {
public:
    // no user-written constructor needed in abstract base class
    virtual Point center() const = 0;    // pure virtual
    virtual void move(Point to) = 0;
    // ... more pure virtual functions...
    virtual ~Shape() {}                  // destructor
};

class Circle : public Shape {
public:
    Circle(Point p, int rad);            // constructor in derived class
    Point center() const override { return x; }
};
```

Eccezione

- Un costruttore di una classe base che, per esempio, registra un oggetto da qualche parte, potrebbe aver bisogno di un costruttore.
- In casi estremamente rari, potrebbe essere ragionevole che una classe astratta abbia un po' di dati condivisi da tutte le classi derivate (p.es., dati ad uso statistico, informazioni di debug, ecc.); tali classi tendono ad avere dei costruttori. Ma attenzione: Tali classi tendono anche ad essere propense a richiedere l'ereditarietà virtuale.

Imposizione

Segnalare le classi astratte con costruttori.

10.19.2 C.127: Una classe con una funzione virtuale dovrebbe avere un distruttore virtuale o protected

Motivo

Una classe con una funzione virtuale è solitamente (e in generale) utilizzata tramite un puntatore ad una classe base. Di solito, l'ultimo utente deve chiamare il delete su un puntatore alla base, spesso tramite uno smart pointer alla base, quindi il distruttore dovrebbe essere pubblico e virtuale. Meno spesso, se non si intende supportare la cancellazione tramite un puntatore a una base, il distruttore dovrebbe essere protected e non-virtuale; cfr. C.35.

Esempio, cattivo

```
struct B {
    virtual int f() = 0;
    // ... no user-written destructor, defaults to public non-virtual .
    ↪...
};

// bad: derived from a class without a virtual destructor
struct D : B {
    string s {"default"};
    // ...
};

void use()
{
    unique_ptr<B> p = make_unique<D>();
    // ...
} // undefined behavior, might call B::~~B only and leak the string
```

Nota

Ci sono persone che non seguono questa regola perché intendono usare una classe solo attraverso un `shared_ptr`: `std::shared_ptr p = std::make_shared<D>(args);` Qui, lo `shared` pointer si occuperà della cancellazione e quindi non avverrà alcun [leak] derivante da un inappropriato `delete` della base. Le persone che lo fanno in modo coerente possono ottenere un falso positivo, ma la regola è importante – cosa succede se ne viene allocato uno utilizzando `make_unique`? Non è sicuro a meno che l'autore di `B` assicuri che non possa mai essere utilizzato in modo improprio, ad esempio rendendo privati tutti i costruttori e fornendo una funzione `factory` per imporre l'allocazione con `make_shared`.

Imposizione

- Una classe con una qualsiasi funzione virtuale dovrebbe avere un distruttore o pubblico e virtuale oppure protetto e non-virtuale.
- Segnalare il `delete` di una classe con una funzione virtuale ma senza un distruttore virtuale.

10.19.3 C.128: Le funzioni virtuali devono specificare esattamente un attributo tra `virtual`, `override` e `final`

Motivo

Leggibilità. Rilevamento di errori. Scrivere un esplicito `virtual`, `override`, o `final` è auto-documentante e consente al compilatore di intercettare gli errori di tipi e/o di nomi tra le classi base e quelle derivate. Tuttavia, scrivere più di uno di questi tre è sia ridondante che una potenziale fonte di errori.

È semplice e chiaro:

- `virtual` significa esattamente e solo «questa è una nuova funzione virtuale».
- `override` significa esattamente e solo «questa è una funzione override e non-final».
- `final` significa esattamente e solo «questa è una funzione override e finale».

Esempio, cattivo

```
struct B {
    void f1(int);
    virtual void f2(int) const;
    virtual void f3(int);
    // ...
};

struct D : B {
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void f1(int);          // bad (hope for a warning): D::f1() hides
↳B::f1()
void f2(int) const;    // bad (but conventional and valid): no
↳explicit override
void f3(double);       // bad (hope for a warning): D::f3() hides
↳B::f3()
// ...
};
```

Esempio, buono

```
struct Better : B {
    void f1(int) override;          // error (caught): Better::f1()
↳hides B::f1()
    void f2(int) const override;
    void f3(double) override;      // error (caught): Better::f3()
↳hides B::f3()
    // ...
};
```

Discussione

Vogliamo eliminare due particolari classi di errori:

- **virtual implicito**: il programmatore voleva che la funzione fosse implicitamente virtuale ed è così (ma chi legge il codice non può saperlo); o il programmatore voleva che la funzione fosse implicitamente virtuale ma non lo è (p.es., a causa di una subdola discrepanza nell'elenco dei parametri); o il programmatore non voleva che la funzione fosse virtuale ma lo è (perché capita che abbia la stessa firma della funzione virtuale nella classe base)
- **override implicito**: il programmatore voleva che la funzione fosse implicitamente una sovrascrittura [override] e lo è (ma i lettori del codice non possono saperlo); o il programmatore voleva che la funzione fosse implicitamente una sovrascrittura [override] ma non lo è (p.es., a causa di una subdola discrepanza nell'elenco dei parametri); oppure il programmatore non voleva che la funzione fosse una sovrascrittura [override] ma lo è (perché capita che abbia la stessa firma di una funzione virtuale nella classe base – da notare che questo problema sorge indipendentemente dal fatto che la funzione sia esplicitamente o meno dichiarata virtuale, perché il programmatore potrebbe aver voluto creare o una nuova funzione virtuale o una nuova funzione non-virtuale)

Nota: Su una classe definita come `final`, non importa se si inserisce `override` o `final` su una singola funzione virtuale.

Note: Usare `final` sulle funzioni con parsimonia. Non riguarda necessariamente l'ottimizzazione e preclude un'ulteriore overriding.

Imposizione

- Confrontare i nomi delle funzioni nelle classi base e derivare e segnalare l'uso dello stesso nome che non sovrascrive [override].
- Segnalare gli [override] senza né override né final.
- Segnalare le dichiarazioni di funzioni che usano più di uno tra virtual, override e final.

10.19.4 C.129: Quando si progetta una gerarchia di classi, distinguere tra ereditarietà dell'implementazione e ereditarietà dell'interfaccia

Motivo

L'implementazione dei dettagli in un'interfaccia la rendono fragile; vale a dire, obbliga i suoi utenti a dover ricompilare dopo aver modificato l'implementazione. I dati in una classe base aumentano la complessità dell'implementazione della base e possono portare alla replicazione del codice.

Nota

Definizione:

- l'ereditarietà dell'interfaccia è l'utilizzo dell'ereditarietà per separare gli utenti dalle implementazioni, in particolare consente alle classi derivate di poter essere aggiunte e modificate senza influire sugli utenti delle classi base.
- l'ereditarietà dell'implementazione è l'utilizzo dell'ereditarietà per semplificare l'implementazione di nuove strutture mettendo a disposizione nuove operazioni utili agli implementatori di nuove operazioni correlate (talvolta detto «programmazione per differenza»).

Una classe interfaccia pura è semplicemente un insieme di funzioni virtuali pure; cfr. I.25.

All'inizio dell'OOP (p.es., negli anni “80 e “90), l'ereditarietà dell'implementazione e l'ereditarietà dell'interfaccia venivano spesso confuse e le cattive abitudini sono dure a morire. Anche adesso, la confusione non è rara nel vecchio codice e nel materiale didattico di vecchio stampo.

L'importanza di separare i due tipi di ereditarietà aumenta

- con la dimensione della gerarchia (p.es., decine di classi derivate),
- col periodo di tempo in cui viene usata la gerarchia (p.es., decenni), e
- col numero di organizzazioni diverse in cui viene usata una gerarchia (p.es., può essere difficile distribuire un aggiornamento di una classe base)

Esempio, cattivo

```
class Shape {    // BAD, mixed interface and implementation
public:
    Shape();
    Shape(Point ce = {0, 0}, Color co = none): cent{ce}, col {co} { /*
→... */}

    Point center() const { return cent; }
    Color color() const { return col; }

    virtual void rotate(int) = 0;
    virtual void move(Point p) { cent = p; redraw(); }

    virtual void redraw();

    // ...
private:
    Point cent;
    Color col;
};

class Circle : public Shape {
public:
    Circle(Point c, int r) : Shape{c}, rad{r} { /* ... */ }

    // ...
private:
    int rad;
};

class Triangle : public Shape {
public:
    Triangle(Point p1, Point p2, Point p3); // calculate center
    // ...
};
```

Problemi:

- Col crescere della gerarchia e con l'aggiunta di più dati a Shape, i costruttori diventano sempre più difficili da scrivere e mantenere.
- Perché calcolare il centro di un Triangle? potrebbe non essere mai usato.
- Aggiungendo un dato membro a Shape (p.es., lo stile del disegno o la lavagna) tutte le classi derivate da Shape e tutto il codice che usa Shape dovranno essere rivisti, forse cambiati e probabilmente ricompilati.

L'implementazione di Shape::move() è un esempio di ereditarietà di implementazione: si è definito move() una volta e per tutte le classi derivate. Maggiore è il codice presente in

queste implementazioni delle funzioni membro della classe base e più i dati vengono condivisi mettendoli nella base, più benefici si ottengono - e meno è stabile la gerarchia.

Esempio

Questa gerarchia di Shape può essere riscritta usando l'ereditarietà dell'interfaccia:

```
class Shape { // pure interface
public:
    virtual Point center() const = 0;
    virtual Color color() const = 0;

    virtual void rotate(int) = 0;
    virtual void move(Point p) = 0;

    virtual void redraw() = 0;

    // ...
};
```

Si noti che un'interfaccia pura ha raramente costruttori: non c'è niente da costruire.

```
class Circle : public Shape {
public:
    Circle(Point c, int r, Color c) : cent{c}, rad{r}, col{c} { /* ...
→ */ }

    Point center() const override { return cent; }
    Color color() const override { return col; }

    // ...
private:
    Point cent;
    int rad;
    Color col;
};
```

L'interfaccia ora è meno fragile, ma c'è più lavoro nell'implementazione delle funzioni membro. Per esempio, `center` deve essere implementato per ogni classe derivata da `Shape`.

Esempio, doppia gerarchia

Come possiamo avere i vantaggi di gerarchie stabili dalle gerarchie delle interfacce e i benefici del riutilizzo delle implementazioni con l'ereditarietà dell'implementazione? Una tecnica popolare è la doppia gerarchia. Ci sono molti modi per implementare l'idea delle doppie gerarchie; qui, useremo la variante dell'ereditarietà multipla.

Per prima cosa progettiamo una gerarchia di classi di interfacce:

```
class Shape {    // pure interface
public:
    virtual Point center() const = 0;
    virtual Color color() const = 0;

    virtual void rotate(int) = 0;
    virtual void move(Point p) = 0;

    virtual void redraw() = 0;

    // ...
};

class Circle : public virtual Shape {    // pure interface
public:
    virtual int radius() = 0;
    // ...
};
```

Per rendere utile questa interfaccia, si deve fornire l'implementazione delle classi (qui, chiamate equivalentemente, ma nel namespace Impl):

```
class Impl::Shape : public virtual ::Shape { // implementation
public:
    // constructors, destructor
    // ...
    Point center() const override { /* ... */ }
    Color color() const override { /* ... */ }

    void rotate(int) override { /* ... */ }
    void move(Point p) override { /* ... */ }

    void redraw() override { /* ... */ }

    // ...
};
```

Ora Shape è un mediocre esempio di classe con un'implementazione, ma soprassediamo perché è solo un semplice esempio di una tecnica destinata a gerarchie più complesse.

```
class Impl::Circle : public virtual ::Circle, public Impl::Shape {    //
    ↪ implementation
public:
    // constructors, destructor

    int radius() override { /* ... */ }
    // ...
};
```

E si potrebbero estendere le gerarchie aggiungendo una classe Smiley (-:-):

```
class Smiley : public virtual Circle { // pure interface
public:
    // ...
};

class Impl::Smiley : public virtual ::Smiley, public Impl::Circle {    /
    ↪ implementation
public:
    // constructors, destructor
    // ...
}
```

Ora ci sono due gerarchie:

- interfaccia: Smiley -> Circle -> Shape
- implementazione: Impl::Smiley -> Impl::Circle -> Impl::Shape

Dato che ciascuna implementazione è derivata dalla sua interfaccia e dalla sua implementazione della classe base si ottiene un Reticolo (Digrafo aciclico [Directed Acyclic Graph, DAG]):

```
Smiley      ->      Circle      ->  Shape
  ^              ^              ^
  |              |              |
Impl::Smiley -> Impl::Circle -> Impl::Shape
```

Come accennato, questo è solo uno dei modi per costruire una doppia gerarchia.

La gerarchia di implementazione può essere utilizzata direttamente, piuttosto che attraverso l'interfaccia astratta.

```
void work_with_shape(Shape&);

int user()
{
    Impl::Smiley my_smiley{ /* args */ };    // create concrete shape
    // ...
    my_smiley.some_member();                // use implementation class_
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
→directly
    // ...
    work_with_shape(my_smiley);    // use implementation through
→abstract interface
    // ...
}
```

Ciò può essere utile quando la classe di implementazione non ha membri nell'interfaccia astratta o se l'uso diretto di un membro offre un'opportunità di ottimizzazione (p.es., se una funzione membro dell'implementazione è `final`)

Nota

Un'altra tecnica (correlata) per separare l'interfaccia e l'implementazione è la *Pimpl* [*Pointer to implementation*].

Nota

Spesso c'è da scegliere tra l'offrire funzionalità comuni come funzioni della classe base (implementate) e funzioni a sé stanti (in un namespace di implementazione). Le classi base forniscono una notazione più breve ed un più facile accesso ai dati condivisi (nella classe base) al costo di avere le funzionalità disponibili solo agli utenti della gerarchia.

Imposizione

- Segnalare una conversione derivata da una base verso una base con sia i dati che le funzioni virtuali (ad eccezione delle chiamate da un membro della classe derivata ad un membro della classe base)
- ???

10.19.5 C.130: Per eseguire copie complete [deep] di classi polimorfiche preferire una funzione virtuale `clone` anziché un costruttore di copia/assegnazione `public`

Motivo

La copia di una classe polimorfica è sconsigliata a causa dei problemi di spaccatura [slicing], cfr C.67. Se c'è davvero bisogno della semantica della copia, si fa una copia completa [deeply]: Si fornisce una funzione `clone` virtuale che copierà l'effettivo tipo più-derivato e restituisce un puntatore che possiede il nuovo oggetto, poi, in una classe derivata restituisce il tipo derivato (si usa un tipo di ritorno covariante).

Esempio

```

class B {
public:
    B() = default;
    virtual ~B() = default;
    virtual gsl::owner<B*> clone() const = 0;
protected:
    B(const B&) = default;
    B& operator=(const B&) = default;
    B(B&&) noexcept = default;
    B& operator=(B&&) noexcept = default;
    // ...
};

class D : public B {
public:
    gsl::owner<D*> clone() const override
    {
        return new D{*this};
    };
};

```

In generale, si raccomanda di usare gli smart pointer per rappresentare il possesso (cfr. *R.20*). Tuttavia, a causa delle regole del linguaggio, il tipo di ritorno covariante non può essere uno smart pointer: `D::clone` non può restituire un `unique_ptr<D>` mentre `B::clone` restituisce `unique_ptr`. Pertanto, è necessario restituire in modo coerente `unique_ptr` in tutti gli [override] o usare l'utility `owner<>` dalle *Guidelines Support Library*.

10.19.6 C.131: Evitare getter e setter banali

Motivo

Un getter o un setter banale non aggiunge alcuna semantica del valore; l'elemento del dato potrebbe semplicemente anche essere `public`.

Esempio

```

class Point {    // Bad: verbose
    int x;
    int y;
public:
    Point(int xx, int yy) : x{xx}, y{yy} { }
    int get_x() const { return x; }
    void set_x(int xx) { x = xx; }

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
int get_y() const { return y; }
void set_y(int yy) { y = yy; }
// no behavioral member functions
};
```

Si consideri di trasformare tale classe in una `struct` – ovvero, un gruppo di variabili senza comportamento, tutti dati pubblici e nessuna funzione membro.

```
struct Point {
    int x {0};
    int y {0};
};
```

Notare che possiamo inserire inizializzatori di default sui dati membri: *C.49: Nei costruttori preferire l'inizializzazione alle assegnazioni.*

Nota

La chiave di questa regola è se la semantica del getter/setter è banale. Anche se non è una definizione completa di «banale», si consideri se ci potrebbero essere delle differenze, oltre alla sintassi, se il getter/setter fosse invece un dato membro pubblico. Esempi di semantiche non-banali sarebbero: mantenere una classe invariante o convertire tra un tipo interno e un tipo dell'interfaccia.

Imposizione

Segnalare funzioni membro `get` e `set` multiple che accedono semplicemente ad un membro senza una ulteriore semantica.

10.19.7 C.132: Non creare una funzione `virtual` senza motivo

Motivo

Un ridondante `virtual` aumenta il run-time e la dimensione del codice oggetto. Una funzione virtuale può essere sovrascritta [overridden] ed è quindi aperta ad errori in una classe derivata. Una funzione virtuale garantisce la replica del codice in una gerarchia basata sui template.

Esempio, cattivo

```
template<class T>
class Vector {
public:
    // ...
    virtual int size() const { return sz; }    // bad: what good could
    ↪ a derived class do?
private:
    T* elem;    // the elements
    int sz;    // number of elements
};
```

Questo tipo di «vector» non è pensato per essere usato come classe base.

Imposizione

- Segnalare una classe con funzioni virtuali ma senza classi derivate.
- Segnalare una classe dove tutte le funzioni membro sono virtuali ed hanno delle implementazioni.

10.19.8 C.133: Evitare dati protected

Motivo

I dati protected sono fonte di errori e complessità. I dati protected complicano le istruzioni degli invarianti. I dati protected violano intrinsecamente la direttiva contraria a mettere i dati nelle classi base, che solitamente porta a dover gestire anche l'ereditarietà virtuale.

Esempio, cattivo

```
class Shape {
public:
    // ... interface functions ...
protected:
    // data for use in derived classes:
    Color fill_color;
    Color edge_color;
    Style st;
};
```

Ora tocca ad ogni Shape derivata gestire correttamente i dati protected. Questo è molto diffuso, ma è stato anche una grande fonte di problemi di manutenzione. In una grande gerarchia di classi, l'uso coerente di dati protetti è difficile da mantenere perché potrebbe esserci molto codice, sparpagliato tra molte classi. L'insieme delle classi che possono toccare quei dati è aperto:

chiunque può derivare una nuova classe e cominciare a cambiare i dati protected. Capita spesso, che non sia possibile esaminare l'insieme completo delle classi, quindi qualsiasi modifica alla rappresentazione della classe diventa proibitiva. Non c'è alcuna invariante imposta per i dati protected; è molto simile ad un insieme di variabili globali. I dati protected sono di fatto diventati globali in moltissimi sorgenti.

Nota

Spesso i dati protected sembrano allettanti per consentire innumerevoli miglioramenti tramite la derivazione. Spesso, quello che si ottiene sono modifiche ed errori inaspettati. *Preferire dati private data* con un'invariante ben specificato e ben rispettato. In alternativa, e spesso è meglio, *tenere i dati all'esterno di qualsiasi classe usata come interfaccia*.

Nota

La funzione membro protected può andar bene.

Imposizione

Segnalare le classi con dati protected.

10.19.9 C.134: Assicurarsi che tutti i dati membro non-const abbiano lo stesso livello di accesso

Motivo

Prevenire la confusione logica che porta ad errori. Se i dati membri non-const non hanno lo stesso livello di accesso, il tipo è confuso su ciò che si cerca di fare. È un tipo che mantiene un invariante o è semplicemente una raccolta di valori?

Discussione

La domanda principale è: Quale codice è responsabile della manutenzione di un valore significativo/corretto per quella variabile?

Esistono esattamente due tipi di dati membro:

- A: Quelli che non partecipano all'invariante dell'oggetto. Qualsiasi combinazione di valori per questi membri è valida.
- B: Quelli che partecipano all'invariante dell'oggetto. Non tutte le combinazioni di valori sono significative (altrimenti non ci sarebbero invarianti). Pertanto, tutto il codice che ha l'accesso in scrittura su queste variabili deve conoscere l'invariante, conoscere la semantica e conoscere (e attivamente implementare e imporre) le regole per mantenere i valori corretti.

I dati membro della categoria A devono essere `public` (o, più raramente, `protected` se si vuole solo che siano visibili dalle classi derivate). Non hanno bisogno di incapsulamento. Tutto il codice nel sistema potrebbe anche vederli e modificarli.

I dati membro della categoria B devono essere `private` o `const`. Questo perché l'incapsulamento è importante. Renderli non-`private` e non-`const` significherebbe che l'oggetto non può controllare il proprio stato: Una quantità illimitata di codice al di fuori della classe dovrebbe sapere dell'invariante e contribuire accuratamente alla sua manutenzione – se questi dati membro fossero `public`, sarebbe tutto il codice chiamante che utilizza l'oggetto; se fossero `protected`, sarebbe tutto il codice nelle classi derivate attuali e future. Questo porta a un codice fragile e strettamente accoppiato che diventa rapidamente un incubo da mantenere. Qualsiasi codice che imposta inavvertitamente i dati membro a una combinazione di valori invalida o inaspettata corromperà l'oggetto e tutti i suoi successivi usi.

La maggior parte delle classi sono tutte A o tutte B:

- *Tutte `public`*: Se si sta scrivendo un blocco-di-variabili aggregate senza un invariante tra tali variabili, allora tutte le variabili dovrebbero essere `public`. *Per convenzione, tali classi si dichiarano `struct` anziché `class`*
- *Tutte `private`*: Se si sta scrivendo un tipo che mantiene un invariante, allora tutte le variabili non-`const` dovrebbero essere `private` – esse dovrebbero essere incapsulate.

Eccezione

Occasionalmente le classi si mischiano tra A e B, solitamente per debug. Un oggetto incapsulato potrebbe contenere qualcosa di simile a una strumentazione di debug non-`const` che non fa parte dell'invariante e quindi rientra nella categoria A – in realtà non fa parte del valore dell'oggetto né dello stato osservabile significativo. In tal caso, le parti A devono essere trattate come A (rese `public`, o in rari casi `protected` se devono essere visibili solo alle classi derivate) e le parti B devono comunque essere trattate come B (`private` o `const`).

Imposizione

Segnalare qualsiasi classe che abbia dati membro non-`const` con diversi livelli di accesso.

10.19.10 C.135: Utilizzare l'ereditarietà multipla per rappresentare più interfacce distinte

Motivo

Non tutte le classi supporteranno necessariamente tutte le interfacce, e non tutti i chiamanti vorranno necessariamente gestire tutte le operazioni. Specialmente per suddividere le interfacce monolitiche in «aspetti» del comportamento supportati da una determinata classe derivata.

Esempio

```
class iostream : public istream, public ostream {    // very simplified
    // ...
};
```

`istream` fornisce l'interfaccia per le operazioni di input; `ostream` fornisce l'interfaccia per le operazioni di output. `iostream` fornisce l'unione delle interfacce di `istream` e `ostream` e la sincronizzazione necessaria affinché ci siano entrambe su un unico flusso.

Nota

Questo è un uso molto comune dell'eredità perché è comune la necessità di avere più interfacce diverse per un'implementazione e tali interfacce risultano spesso non facilmente o naturalmente organizzate in una gerarchia con un'unica radice.

Nota

Tali interfacce sono tipicamente classi astratte.

Imposizione

???

10.19.11 C.136: Utilizzare l'ereditarietà multipla per rappresentare l'unione degli attributi di un'implementazione

Motivo

Alcune forme di [mixin] (classi parziali) hanno uno stato e spesso operazioni su tale stato. Se le operazioni sono virtuali, l'uso dell'ereditarietà è necessario, se non si usa l'ereditarietà si può evitare la ripetizione del codice e il [forwarding].

Esempio

```
class iostream : public istream, public ostream {    // very simplified
    // ...
};
```

`istream` fornisce l'interfaccia per le operazioni di input (ed alcuni dati); `ostream` fornisce l'interfaccia per le operazioni di output (ed alcuni dati). `iostream` fornisce l'unione delle interfacce di `istream` e `ostream` e la sincronizzazione necessaria affinché ci siano entrambe su un unico flusso.

Nota

Questo è un uso relativamente raro perché l'implementazione può spesso essere organizzata in una gerarchia con un'unica radice.

Esempio

A volte, un «attributo di implementazione» è più simile ad un «mixin» che determina il comportamento di un'implementazione e inietta [inject] i membri per abilitare l'implementazione dei requisiti. Per esempio, si veda `std::enable_shared_from_this` o i vari pezzi di codice da `boost.intrusive` (p.es. `list_base_hook` or `intrusive_ref_counter`).

Imposizione

???

10.19.12 C.137: Usare basi virtual per evitare troppe classi base generali

Motivo

Consentire la separazione di dati condivisi e l'interfaccia. Per evitare che tutti i dati condivisi vengano inseriti in un'unica classe base.

Esempio

```
struct Interface {
    virtual void f();
    virtual int g();
    // ... no data here ...
};

class Utility { // with data
    void utility1();
    virtual void utility2();    // customization point
public:
    int x;
    int y;
};

class Derive1 : public Interface, virtual protected Utility {
    // override Interface functions
    // Maybe override Utility virtual functions
    // ...
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
};

class Derive2 : public Interface, virtual protected Utility {
    // override Interface functions
    // Maybe override Utility virtual functions
    // ...
};
```

Avere `Utility` a fattor comune ha senso se molte classi derivate condividono significativi «dettagli implementativi».

Nota

Ovviamente, l'esempio è troppo «teorico», ma è difficile trovare un *piccolo* esempio realistico. `Interface` è la radice di una *gerarchia di interfaccia* e `Utility` è la radice di una *gerarchia di implementazione*. Questo è un [esempio leggermente più realistico](#) con una spiegazione.

Nota

Spesso, la linearizzazione di una gerarchia costituisce una soluzione migliore.

Imposizione

Segnalare gerarchie di interfacce mischiate a quelle di implementazioni.

10.19.13 C.138: Creare un set di overload per una classe derivata e le sue basi con `using`

Motivo

Senza una dichiarazione “`using`”, le funzioni membro nella classe derivata nascondono tutto l'insieme di overload ereditato.

Esempio, cattivo

```
#include <iostream>
class B {
public:
    virtual int f(int i) { std::cout << "f(int): "; return i; }
    virtual double f(double d) { std::cout << "f(double): "; return d; }
    virtual ~B() = default;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
};
class D: public B {
public:
    int f(int i) override { std::cout << "f(int): "; return i + 1; }
};
int main()
{
    D d;
    std::cout << d.f(2) << '\n';    // prints "f(int): 3"
    std::cout << d.f(2.3) << '\n'; // prints "f(int): 3"
}
```

Esempio, buono

```
class D: public B {
public:
    int f(int i) override { std::cout << "f(int): "; return i + 1; }
    using B::f; // exposes f(double)
};
```

Nota

Questo problema riguarda sia le funzioni membro virtuali che quelle non virtuali

Per le basi variadiche, il C++17 ha introdotto una forma variadica della dichiarazione “using”,

```
template<class... Ts>
struct Overloader : Ts... {
    using Ts::operator()...; // exposes operator() from every base
};
```

Imposizione

Diagnosticare l'hiding dei nomi

10.19.14 C.139: Usare `final` sulle classi con parsimonia

Motivo

“Tappare” una gerarchia con classi `final` è raramente necessario per motivi logici e può risultare dannoso per l'estensibilità della gerarchia.

Esempio, cattivo

```
class Widget { /* ... */ };

// nobody will ever want to improve My_widget (or so you thought)
class My_widget final : public Widget { /* ... */ };

class My_improved_widget : public My_widget { /* ... */ }; // error:
↳ can't do that
```

Nota

Non tutte le classi sono pensate per essere classi base. La maggior parte delle classi della standard-library ne sono esempi (p.es., `std::vector` e `std::string` non sono progettate per derivarle). Questa regola riguarda l'utilizzo di `final` sulle classi con funzioni virtuali pensate per essere interfacce per una gerarchia di classi.

Nota

Le richieste di miglioramenti delle prestazioni da `final` devono essere motivate. Troppo spesso, tali affermazioni si basano su congetture o esperienze con altri linguaggi.

Ci sono esempi in cui `final` può essere importante sia per motivi logici che prestazionali. Un esempio è la gerarchia performance-critical AST ([Abstract syntax tree] albero sintattico astratto) in un compilatore o uno strumento di analisi del linguaggio. Non tutti gli anni vengono aggiunte nuove classi derivate e solo dagli implementatori della libreria. Tuttavia, gli abusi sono (o almeno sono stati) molto più comuni.

Imposizione

Segnalare l'uso di `final` sulle classi.

10.19.15 C.140: Non fornire argomenti di default diversi per una funzione virtuale e un [override]

Motivo

Questo può confondere: Un [override] non eredita gli argomenti di default.

Esempio, cattivo

```
class Base {
public:
    virtual int multiply(int value, int factor = 2) = 0;
    virtual ~Base() = default;
};

class Derived : public Base {
public:
    int multiply(int value, int factor = 10) override;
};

Derived d;
Base& b = d;

b.multiply(10); // these two calls will call the same function but
d.multiply(10); // with different arguments and so different results
```

Imposizione

Segnalare gli argomenti di default delle funzioni virtuali se le dichiarazioni differiscono tra quelli della base e quelli della derivata.

10.20 C.hier-access: Accesso agli oggetti di una gerarchia

10.20.1 C.145: Accedere agli oggetti polimorfici tramite puntatori e riferimenti

Motivo

Se si ha una classe con una funzione virtuale, non si sa (in generale) da quale classe proviene la funzione da utilizzare.

Esempio

```
struct B { int a; virtual int f(); virtual ~B() = default };
struct D : B { int b; int f() override; };

void use(B b)
{
    D d;
    B b2 = d;    // slice
    B b3 = b;
}

void use2()
{
    D d;
    use(d);    // slice
}
```

Entrambe le d vengono spaccate [sliced].

Eccezione

Si può accedere con sicurezza ad un oggetto polimorfico nello scope della sua definizione, ma senza spaccarlo [slice].

```
void use3()
{
    D d;
    d.f();    // OK
}
```

Si veda anche

Una classe polimorfica dovrebbe sopprimere la copia

Imposizione

Segnalare tutte le spaccature [slicing].

10.20.2 C.146: Usare il `dynamic_cast` dove è inevitabile la navigazione della gerarchia della classe

Motivo

Il `dynamic_cast` viene controllato a run time.

Esempio

```
struct B {    // an interface
    virtual void f();
    virtual void g();
    virtual ~B();
};

struct D : B {    // a wider interface
    void f() override;
    virtual void h();
};

void user(B* pb)
{
    if (D* pd = dynamic_cast<D*>(pb)) {
        // ... use D's interface ...
    }
    else {
        // ... make do with B's interface ...
    }
}
```

L'uso degli altri cast può violare la sicurezza sul tipo e causare l'accesso del programma ad una variabile che in effetti è di tipo X come se fosse un tipo Z non correlato: Z:

```
void user2(B* pb)    // bad
{
    D* pd = static_cast<D*>(pb);    // I know that pb really points to ↵
    ↵a D; trust me
    // ... use D's interface ...
}

void user3(B* pb)    // unsafe
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

{
    if (some_condition) {
        D* pd = static_cast<D*>(pb);    // I know that pb really points_
→to a D; trust me
        // ... use D's interface ...
    }
    else {
        // ... make do with B's interface ...
    }
}

void f()
{
    B b;
    user(&b);    // OK
    user2(&b);  // bad error
    user3(&b);  // OK *if* the programmer got the some_condition check_
→right
}

```

Nota

Come per altri cast, di `dynamic_cast` se ne è abusato. *Preferire le funzioni virtuali al casting.* Preferire il *polimorfismo statico* alla navigazione nella gerarchia dove possibile (non è necessaria alcuna risoluzione a run-time) ed è ragionevolmente conveniente.

Nota

Alcune persone usano `dynamic_cast` dove sarebbe più appropriato un `typeid`; il `dynamic_cast` è un «tipo di operazione» generale per scoprire l'interfaccia migliore per un oggetto, mentre il `typeid` è un'operazione «dammi il tipo esatto di questo oggetto» operazione per scoprire l'effettivo tipo di un oggetto. Quest'ultima è un'operazione intrinsecamente più semplice che dovrebbe essere più veloce. Quest'ultima (`typeid`) è facilmente realizzabile a mano se necessario (p.es., se si lavora su un sistema in cui l'RTTI (Run-Time Type Information) è - per qualche motivo - proibito -), la prima (`dynamic_cast`) è molto più difficile da implementare correttamente in generale.

Si consideri:

```

struct B {
    const char* name {"B"};
    // if pb1->id() == pb2->id() *pb1 is the same type as *pb2
    virtual const char* id() const { return name; }
    // ...
};

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

struct D : B {
    const char* name {"D"};
    const char* id() const override { return name; }
    // ...
};

void use()
{
    B* pb1 = new B;
    B* pb2 = new D;

    cout << pb1->id(); // "B"
    cout << pb2->id(); // "D"

    if (pb2->id() == "D") {           // looks innocent
        D* pd = static_cast<D*>(pb2);
        // ...
    }
    // ...
}

```

Il risultato di `pb2->id() == "D"` è in effetti definito dall'implementazione. È stato aggiunto per porre l'accento sui pericoli dell'RTTI (Run-Time Type Information) fatto in casa. Questo codice potrebbe funzionare come previsto per anni, fallisce solo su una nuova macchina, un nuovo compilatore o un nuovo linker che non unifica i caratteri letterali.

Se si implementa la propria RTTI, si faccia attenzione.

Eccezione

Se la propria implementazione ha un `dynamic_cast` particolarmente lento, si potrebbe dover usare una soluzione alternativa. Tuttavia, tutte le soluzioni alternative che non possono essere risolte staticamente comportano il cast esplicito (solitamente `static_cast`) e sono soggette a errori. Fondamentalmente si realizzerà il proprio `dynamic_cast` speciale. Quindi, per prima cosa ci si assicura che il proprio `dynamic_cast` sia davvero lento come si suppone (ci sono un discreto numero di commenti non supportati a proposito) e che il proprio uso del `dynamic_cast` richieda realmente delle prestazioni elevate.

Si ritiene che le attuali implementazioni di `dynamic_cast` siano inutilmente lente. Ad esempio, in condizioni adeguate, è possibile eseguire un `dynamic_cast` in un **rapido tempo costante**. Tuttavia, la compatibilità rende difficili le modifiche anche se tutti concordano sul fatto che sarebbe utile uno sforzo per ottimizzare.

In rarissimi casi, se si è constatato un sensibile overhead del `dynamic_cast`, si hanno altri mezzi per garantire staticamente che un downcast abbia successo (p.es., usando attentamente il CRTP [Curiously Recurring Template Pattern]), e che non vi sia implicata nessuna ereditarietà

virtuale, si consideri di ricorrere tatticamente ad uno `static_cast` con un evidente commento e disclaimer che riassume questo paragrafo e che è necessaria una notevole attenzione umana per la manutenzione perché il sistema dei tipi non può verificare la correttezza. Anche così, nella nostra esperienza, queste situazioni tipo «Io so quello che faccio» restano fonti di errori.

Eccezione

Si consideri:

```
template<typename B>
class Dx : B {
    // ...
};
```

Imposizione

- Segnalare tutti gli usi di `static_cast` per i downcast, compresi i cast C-style che eseguono uno `static_cast`.
- Questa regola fa parte del *profilo di sicurezza del tipo*.

10.20.3 C.147: Usare `dynamic_cast` per un tipo di riferimento quando la non riuscita della ricerca della classe richiesta è considerata un errore

Motivo

Il cast su un riferimento esprime l'intenzione di finire con un oggetto valido, quindi il cast deve avere successo. Il `dynamic_cast` solleverà un errore se fallisce.

Esempio

```
std::string f(Base& b)
{
    return dynamic_cast<Derived&>(b).to_string();
}
```

Imposizione

???

10.20.4 C.148: Usare `dynamic_cast` per un tipo di puntatore quando la non riuscita della ricerca della classe richiesta è considerata una alternativa valida

Motivo

La conversione `dynamic_cast` consente di verificare se un puntatore punta ad un oggetto polimorfo che ha una determinata classe nella sua gerarchia. Dato che quando fallisce nel trovare la classe restituisce semplicemente un valore nullo, lo si può testare a run time. Questo consente di scrivere codice in grado di scegliere percorsi alternativi a seconda dei risultati.

In contrapposizione con la *C.147*, dove il fallimento è un errore e non si deve usare per l'esecuzione condizionale.

Esempio

L'esempio seguente descrive la funzione `add` di uno `Shape_owner` che diventa proprietario degli oggetti `Shape` costruiti. Gli oggetti vengono anche ordinati in viste, a seconda dei loro attributi geometrici. In questo esempio, `Shape` non eredita da `Geometric_attributes`. Lo fanno solo le sue sottoclassi.

```
void add(Shape* const item)
{
    // Ownership is always taken
    owned_shapes.emplace_back(item);

    // Check the Geometric_attributes and add the shape to none/one/some/
    ↪all of the views

    if (auto even = dynamic_cast<Even_sided*>(item))
    {
        view_of_evens.emplace_back(even);
    }

    if (auto trisym = dynamic_cast<Trilaterally_symmetrical*>(item))
    {
        view_of_trisyms.emplace_back(trisym);
    }
}
```

Note

Un fallimento nella ricerca della classe richiesta farà sì che `dynamic_cast` restituisca un valore nullo e la de-referenziazione di un puntatore null porterà ad un comportamento indefinito. Quindi, il risultato della `dynamic_cast` deve sempre essere trattato come se potesse contenere un valore nullo e testato.

Imposizione

- (Complicato) A meno che non esista un test per il valore nullo del risultato di un `dynamic_cast` di un tipo di puntatore, avvisare in caso di de-referenziazione del puntatore.

10.20.5 C.149: Usare `unique_ptr` o `shared_ptr` per evitare di dimenticarsi il `delete` degli oggetti creati con `new`

Motivo

Evitare perdite [leak] di risorse.

Esempio

```
void use(int i)
{
    auto p = new int {7};           // bad: initialize local pointers.
    ↪with new
    auto q = make_unique<int>(9);   // ok: guarantee the release of.
    ↪the memory-allocated for 9
    if (0 < i) return;              // maybe return and leak
    delete p;                       // too late
}
```

Imposizione

- Segnalare l’inizializzazione di un puntatore “nudo” [naked] col risultato di un `new`
- Segnalare il `delete` di variabili locali

10.20.6 C.150: Usare `make_unique()` per costruire oggetti posseduti dagli `unique_ptr`

Cfr. R.23

10.20.7 C.151: Usare `make_shared()` per costruire oggetti posseduti dagli `shared_ptr`

Cfr. R.22

10.20.8 C.152: Mai assegnare un puntatore ad un array di oggetti di classi derivate a un puntatore alla sua classe base

Motivo

Indicizzando [Subscripting] il puntatore base risultante porterà ad accedere ad un oggetto invalido e probabilmente alla corruzione della memoria.

Esempio

```
struct B { int x; };
struct D : B { int y; };

void use(B*);

D a[] = { {1, 2}, {3, 4}, {5, 6} };
B* p = a;      // bad: a decays to &a[0] which is converted to a B*
p[1].x = 7;    // overwrite a[0].y

use(a);        // bad: a decays to &a[0] which is converted to a B*
```

Imposizione

- Segnalare tutte le combinazioni di decadimenti e basi di array in conversioni derivate.
- Si passa un array come uno `span` anziché un puntatore e non si lascia che il nome dell'array subisca una conversione derivata-dalla-base prima di accedere allo `span`

10.20.9 C.153: Preferire la funzione virtual al casting

Motivo

Una chiamata a una funzione virtuale è sicura, mentre il casting è soggetto a errori. Una chiamata a una funzione virtuale raggiunge le funzioni più derivate, mentre un cast potrebbe raggiungere una classe intermedia dando, quindi, un risultato sbagliato (specialmente durante la modifica per manutenzione di una gerarchia).

Esempio

???

Imposizione

Cfr. C.146 and ???

10.21 C.over: Operatori di sovraccarico [overloading] e sovraccaricati

Si possono sovraccaricare le normali funzioni, le funzioni template e gli operatori. Non si possono sovraccaricare gli oggetti funzione.

Riepilogo delle regole sull'overloading:

- C.160: Definire gli operatori soprattutto per imitare l'uso convenzionale
- C.161: Utilizzare le funzioni non-membro per gli operatori simmetrici
- C.162: Eseguire l'overload delle operazioni che sono approssimativamente equivalenti
- C.163: Eseguire l'overload solo delle operazioni che sono approssimativamente equivalenti
- C.164: Evitare la conversione implicita degli operatori
- C.165: Utilizzare `using` per i punti di personalizzazione
- C.166: Eseguire l'overloading del `&` unario solo come parte di un sistema di smart pointer e riferimenti
- C.167: Utilizzare un operatore per un'operazione col suo significato convenzionale
- C.168: Definire gli operatori sovraccaricati [overloaded] nel namespace dei loro operandi
- C.170: Se si vuole eseguire l'overloading di una lambda, si usi una lambda generica

10.21.1 C.160: Definire gli operatori principalmente per imitare l'uso convenzionale

Motivo

Ridurre le sorprese.

Esempio

```
class X {
public:
    // ...
    X& operator=(const X&); // member function defining assignment
    friend bool operator==(const X&, const X&); // == needs access to
    ↪representation                                     // after a = b we have
    ↪a == b
    // ...
};
```

Qui viene mantenuta la semantica convenzionale: *Le copie sono uguali.*

Esempio, cattivo

```
X operator+(X a, X b) { return a.v - b.v; } // bad: makes + subtract
```

Nota

Gli operatori non-membri devono essere definiti friend o definiti nello *stesso namespace dei loro operandi*. Gli operatori binari dovrebbero trattare i loro operandi in modo equivalente.

Imposizione

Forse impossibile.

10.21.2 C.161: Utilizzare le funzioni non-membro per gli operatori simmetrici

Motivo

Se si usano le funzioni membro, ne servono due. A meno che non si usi una funzione non membro per (diciamo) `==`, `a == b` e `b == a` sarà leggermente diverso.

Esempio

```
bool operator==(Point a, Point b) { return a.x == b.x && a.y == b.y; }
```

Imposizione

Segnalare le funzioni operatore membro.

10.21.3 C.162: Eseguire l'overload delle operazioni che sono approssimativamente equivalenti

Motivo

Avere dei nomi diversi per operazioni logicamente equivalenti su diversi tipi di argomenti confonde, induce alla codifica del tipo delle informazioni nei nomi delle funzioni e impedisce la programmazione generica.

Esempio

Si consideri:

```
void print(int a);  
void print(int a, int base);  
void print(const string&);
```

Queste tre funzioni stampano (correttamente) i rispettivi argomenti. Di contro:

```
void print_int(int a);  
void print_based(int a, int base);  
void print_string(const string&);
```

Queste tre funzioni stampano (correttamente) i rispettivi argomenti. Le aggiunte ai nomi aggiungono verbosità ed impediscono un codice generico.

Imposizione

???

10.21.4 C.163: Eseguire l'overload solo delle operazioni che sono approssimativamente equivalenti

Motivo

Avere lo stesso nome per funzioni logicamente diverse è fonte di confusione e causa errori durante l'uso della programmazione generica.

Esempio

Si consideri:

```
void open_gate(Gate& g);    // remove obstacle from garage exit lane
void fopen(const char* name, const char* mode);    // open file
```

Le due operazioni sono fondamentalmente diverse (e non correlate), quindi è bene che i loro nomi differiscano. Di contro:

```
void open(Gate& g);    // remove obstacle from garage exit lane
void open(const char* name, const char* mode = "r");    // open file
```

Le due operazioni continuano ad essere diverse (e non correlate) ma i nomi sono stati ridotti al minimo (comune), aprendo la strada alla confusione. Fortunatamente, il sistema dei tipi rileverà molti di questi errori.

Nota

Porre particolare attenzione ai nomi comuni e popolari, come `open`, `move`, `+` e `==`.

Imposizione

???

10.21.5 C.164: Evitare la conversione implicita degli operatori

Motivo

Le conversioni implicite possono essere essenziali (p.es., da `double` a `int`) ma spesso causano sorprese (p.es., da `String` a stringhe C-style).

Nota

Preferire le conversioni con un nome esplicito finché non appare una seria esigenza. Per «seria esigenza» si intende un motivo fondamentale e frequente nel dominio dell'applicazione (come una conversione di numeri interi in numeri complessi). Non introdurre conversioni implicite (tramite operatori di conversione o costruttori non-`explicit`) solo per una minima comodità.

Esempio

```
struct S1 {
    string s;
    // ...
    operator char*() { return s.data(); } // BAD, likely to cause
    ↳surprises
};

struct S2 {
    string s;
    // ...
    explicit operator char*() { return s.data(); }
};

void f(S1 s1, S2 s2)
{
    char* x1 = s1;      // OK, but can cause surprises in many contexts
    char* x2 = s2;      // error (and that's usually a good thing)
    char* x3 = static_cast<char*>(s2); // we can be explicit (on your
    ↳head be it)
}
```

Una conversione implicita inaspettata e potenzialmente dannosa può capitare in contesti arbitrariamente difficili da individuare, p.es.,

```
S1 ff();

char* g()
{
    return ff();
}
```

La stringa restituita da `ff()` viene distrutta prima che si possa utilizzare il puntatore restituito.

Imposizione

Segnalare tutti gli operatori di conversione non espliciti.

10.21.6 C.165: Utilizzare `using` per i punti di personalizzazione

Motivo

Per trovare oggetti funzione e funzioni definite in un diverso namespace per «personalizzare» una funzione in comune.

Esempio

Si consideri `swap`. È una funzione generica (libreria standard) con una definizione che funzionerà praticamente per qualsiasi tipo. Tuttavia, è preferibile definire degli `swap()` specifici per dei particolari tipi. Per esempio, la `swap()` generica, copierà gli elementi di due `vector` da scambiare, mentre una buona e specifica implementazione non copierà affatto gli elementi.

```
namespace N {
    My_type X { /* ... */ };
    void swap(X&, X&); // optimized swap for N::X
    // ...
}

void f1(N::X& a, N::X& b)
{
    std::swap(a, b); // probably not what we wanted: calls
    ↪std::swap()
}
```

La `std::swap()` in `f1()` fa esattamente quello che le si chiede di fare: chiama la `swap()` nel namespace `std`. Sfortunatamente, è probabile che non sia ciò che si vuole. Come si può prendere in considerazione `N::X`?

```
void f2(N::X& a, N::X& b)
{
    swap(a, b); // calls N::swap
}
```

Ma potrebbe non essere la cosa desiderata per il codice generico. Lì, in genere si vuole la funzione specifica, se esiste, altrimenti la funzione generica. Questo si ottiene includendo la funzione generale nella ricerca per la funzione:

```
void f3(N::X& a, N::X& b)
{
    using std::swap; // make std::swap available
    swap(a, b);      // calls N::swap if it exists, otherwise
    ↪std::swap
}
```

Imposizione

Improbabile, ad eccezione dei punti di personalizzazione noti, come in `swap`. Il problema è che sono plausibili entrambe le versioni.

10.21.7 C.166: Eseguire l'overloading del & unario solo come parte di un sistema di smart pointer e riferimenti

Motivo

L'operatore `&` è fondamentale in C++. Molte parti della semantica del C++ ne presuppongono il significato di default.

Esempio

```
class Ptr { // a somewhat smart pointer
    Ptr(X* pp) : p(pp) { /* check */ }
    X* operator->() { /* check */ return p; }
    X operator[](int i);
    X operator*();
private:
    T* p;
};

class X {
    Ptr operator&() { return Ptr{this}; }
    // ...
};
```


Nota

Se si «pasticcia» con l'operatore & ci si assicuri che la sua definizione abbia dei significati corrispondenti per ->, [], * e . sul tipo di risultato. Si noti che l'operatore . al momento non può essere sovraccaricato, quindi un sistema perfetto è impossibile. Ci auguriamo di rimediare: [Operator Dot \(R2\)](#). Si noti che std::addressof() produce sempre un puntatore [built-in].

Imposizione

Difficile. Avvertire se & è definito dall'utente senza definire anche -> per il tipo di risultato.

10.21.8 C.167: Utilizzare un operatore per un'operazione col suo significato convenzionale

Motivo

Leggibilità. Convenzione. Riutilizzabilità. Supporto per la programmazione generica

Esempio

```
void cout_my_class(const My_class& c) // confusing, not conventional,
↳ not generic
{
    std::cout << /* class members here */;
}

std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const my_class& c) // OK
{
    return os << /* class members here */;
}
```

Di per sé, cout_my_class sarebbe OK, ma non è utilizzabile/componibile col codice basato sulla convenzione di << per l'output:

```
My_class var { /* ... */ };
// ...
cout << "var = " << var << '\n';
```

Nota

Ci sono convenzioni forti e resistenti per il significato della maggior parte degli operatori, come ad esempio

- confronti (`==`, `!=`, `<`, `<=`, `>`, `>=` e `<=>`),
- operazioni aritmetiche (`+`, `-`, `*`, `/` e `%`)
- operazioni di accesso (`.`, `->`, `*` unario e `[]`)
- assegnazione (`=`)

Non definire questi in modo non convenzionale e non inventarsi altri nomi per loro.

Imposizione

Difficile. Richiede un'analisi semantica.

10.21.9 C.168: Definire gli operatori sovraccaricati [overloaded] nel namespace dei loro operandi

Motivo

Leggibilità. Capacità di trovare gli operatori con l'ADL (Argument-dependent lookup). Evitare definizioni incoerenti nei diversi namespace

Esempio

```
struct S { };
S operator+(S, S);    // OK: in the same namespace as S, and even next
↳to S
S s;

S r = s + s;
```

Esempio

```
namespace N {
    struct S { };
    S operator+(S, S);    // OK: in the same namespace as S, and even
↳next to S
}

N::S s;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
S r = s + s; // finds N::operator+() by ADL
```

Esempio, cattivo

```
struct S { };
S s;

namespace N {
    bool operator!(S a) { return true; }
    bool not_s = !s;
}

namespace M {
    bool operator!(S a) { return false; }
    bool not_s = !s;
}
```

Qui , il significato di `!s` differisce tra `N` e `M`. Ciò può risultare molto confuso. Eliminando la definizione di namespace `M` la confusione si trasforma nella possibilità di commettere un errore.

Nota

Se un operatore binario è definito per due tipi definiti diversamente in diversi namespace, non si può seguire questa regola. Per esempio:

```
Vec::Vector operator*(const Vec::Vector&, const Mat::Matrix&);
```

Potrebbe essere qualcosa da evitare.

Si veda anche

Questo è un caso speciale della regola secondo cui *le funzioni helper dovrebbero essere definite nello stesso namespace delle loro classi*.

Imposizione

- Segnalare le definizioni degli operatori che non stanno nel namespace dei loro operandi

10.21.10 C.170: Se si vuole eseguire l'overloading di una lambda, si usi una lambda generica

Motivo

Non si può eseguire l'overload definendo due lambda con lo stesso nome.

Esempio

```
void f(int);
void f(double);
auto f = [](char);    // error: cannot overload variable and function

auto g = [](int) { /* ... */ };
auto g = [](double) { /* ... */ };    // error: cannot overload
→variables

auto h = [](auto) { /* ... */ };    // OK
```

Imposizione

Il compilatore intercetta i tentativi di overload di una lambda.

10.22 C.union: Unioni

Una **union** è una **struct** dove tutti i membri iniziano nello stesso indirizzo e quindi potrà contenere un solo membro per volta. Una **union** non tiene traccia di quale sia il membro che contiene quindi dev'essere il programmatore a prelevare quello giusto; ciò è intrinsecamente soggetto ad errori, ma ci sono dei modi per compensare.

Un tipo che è una **union** più un qualcosa che segnali il membro attualmente contenuto è chiamato *tagged union*, *discriminated union*, o un *variant*.

Riepilogo delle regole sulle union:

- C.180: Usare le **union** per risparmiare Memoria
- C.181: Evitare **union** «nude»
- C.182: Usare **union** anonime per implementare le *tagged union*
- C.183: Non usare una **union** per il «type punning»

- ???

10.22.1 C.180: Usare le union per risparmiare memoria

Motivo

Una union consente di utilizzare un singolo pezzo di memoria per diversi tipi di oggetti in tempi diversi. Di conseguenza, può essere utilizzato per risparmiare memoria quando si hanno diversi oggetti che non vengono mai utilizzati contemporaneamente.

Esempio

```
union Value {
    int x;
    double d;
};

Value v = { 123 }; // now v holds an int
cout << v.x << '\n'; // write 123
v.d = 987.654; // now v holds a double
cout << v.d << '\n'; // write 987.654
```

Ma fare attenzione alla regola: *Evitare union «nude»*

Esempio

```
// Short-string optimization

constexpr size_t buffer_size = 16; // Slightly larger than the size of
↳ a pointer

class Immutable_string {
public:
    Immutable_string(const char* str) :
        size(strlen(str))
    {
        if (size < buffer_size)
            strcpy_s(string_buffer, buffer_size, str);
        else {
            string_ptr = new char[size + 1];
            strcpy_s(string_ptr, size + 1, str);
        }
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
~Immutable_string()
{
    if (size >= buffer_size)
        delete[] string_ptr;
}

const char* get_str() const
{
    return (size < buffer_size) ? string_buffer : string_ptr;
}

private:
    // If the string is short enough, we store the string itself
    // instead of a pointer to the string.
    union {
        char* string_ptr;
        char string_buffer[buffer_size];
    };

    const size_t size;
};
```

Imposizione

???

10.22.2 C.181: Evitare union «nude»

Motivo

Una *union nuda* è una union senza un indicatore associato che indichi quale membro (se c'è) è contenuto, quindi dev'essere il programmatore a tenerne traccia. Le unioni nude sono fonti di errori sui tipi.

Esempio, cattivo

```
union Value {
    int x;
    double d;
};

Value v;
v.d = 987.654; // v holds a double
```

Fin qui tutto bene, ma si può facilmente usare male la union:

```
cout << v.x << '\n';    // BAD, undefined behavior: v holds a double,
↳but we read it as an int
```

Si noti che l'errore sul tipo avviene senza alcun cast esplicito. Quando fu testato il programma l'ultimo valore che si ottenne fu 1683627180 che era il valore intero per la disposizione dei bit per 987.654. Ciò che si ha qui è un «invisibile» errore sul tipo che sembra dare un risultato che potrebbe facilmente sembrare innocuo.

E, a proposito di «invisibile», questo codice non produce niente in output:

```
v.x = 123;
cout << v.d << '\n';    // BAD: undefined behavior
```

Alternativa

Racchiudere una union in una classe assieme ad un campo sul tipo.

Il tipo `variant` del C++17 (presente in `<variant>`) fa al caso nostro:

```
variant<int, double> v;
v = 123;           // v holds an int
int x = get<int>(v);
v = 123.456;       // v holds a double
double w = get<double>(v);
```

Imposizione

???

10.22.3 C.182: Usare union anonime per implementare le tagged union

Motivo

Una «tagged union» ben progettata è «type safe». Una union *anonima* semplifica la definizione di una classe con una coppia (tag, union).

Esempio

Questo esempio è preso in prestito da TC++PL4 pp216-218. Se ne può cercare lì una spiegazione.

Il codice è piuttosto elaborato. Gestire un tipo con assegnazione e distruttore definiti dall'utente è complicato. Far risparmiare ai programmatori il dover scrivere questo codice è la ragione per includere il `variant` nello standard.

```
class Value { // two alternative representations represented as a union
private:
    enum class Tag { number, text };
    Tag type; // discriminant

    union { // representation (note: anonymous union)
        int i;
        string s; // string has default constructor, copy operations,
        ↪and destructor
    };
public:
    struct Bad_entry { }; // used for exceptions

    ~Value();
    Value& operator=(const Value&); // necessary because of the
    ↪string variant
    Value(const Value&);
    // ...
    int number() const;
    string text() const;

    void set_number(int n);
    void set_text(const string&);
    // ...
};

int Value::number() const
{
    if (type != Tag::number) throw Bad_entry{};
    return i;
}

string Value::text() const
{
    if (type != Tag::text) throw Bad_entry{};
    return s;
}

void Value::set_number(int n)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

{
    if (type == Tag::text) {
        s.~string();    // explicitly destroy string
        type = Tag::number;
    }
    i = n;
}

void Value::set_text(const string& ss)
{
    if (type == Tag::text)
        s = ss;
    else {
        new(&s) string{ss};    // placement new: explicitly construct
        ↪string
        type = Tag::text;
    }
}

Value& Value::operator=(const Value& e)    // necessary because of the
    ↪string variant
{
    if (type == Tag::text && e.type == Tag::text) {
        s = e.s;    // usual string assignment
        return *this;
    }

    if (type == Tag::text) s.~string(); // explicit destroy

    switch (e.type) {
    case Tag::number:
        i = e.i;
        break;
    case Tag::text:
        new(&s) string(e.s);    // placement new: explicit construct
    }

    type = e.type;
    return *this;
}

Value::~Value()
{
    if (type == Tag::text) s.~string(); // explicit destroy
}

```

Imposizione

???

10.22.4 C.183: Non usare una union per il «type punning»

Motivo

Si ha un comportamento indefinito nel leggere il membro di una `union` con un tipo diverso da quello con cui è stato scritto. Questo truccetto è invisibile, o quanto meno più difficile da evidenziare rispetto al cast. Il «type punning» con una `union` è fonte di errori.

Esempio, cattivo

```
union Pun {
    int x;
    unsigned char c[sizeof(int)];
};
```

L'idea di `Pun` è quella di essere in grado di vedere la rappresentazione in caratteri di un `int`.

```
void bad(Pun& u)
{
    u.x = 'x';
    cout << u.c[0] << '\n';    // undefined behavior
}
```

Se si vogliono vedere i byte di un `int`, si usa un (named) cast:

```
void if_you_must_pun(int& x)
{
    auto p = reinterpret_cast<std::byte*>(&x);
    cout << p[0] << '\n';    // OK; better
    // ...
}
```

L'accesso al risultato di un `reinterpret_cast` dal tipo dichiarato `char*`, `unsigned char*`, o `std::byte*` dell'oggetto, è un comportamento definito. (L'uso di `reinterpret_cast` è sconsigliato, ma almeno si può vedere che succede qualcosa di strano.

Nota

Sfortunatamente, le `union` vengono comunemente usate per il «type punning». Non si considera «a volte funziona come previsto» un argomento conclusivo.

Il C++17 ha introdotto un tipo diverso `std::byte` per facilitare le operazioni sulla rappresentazione grezza degli oggetti. Per queste operazioni si usi questo tipo invece di `unsigned char` o di `char`.

Imposizione

???

Enum: Enumerazioni

Le enumerazioni si usano per definire insiemi di valori interi e per definire tipi di questi insiemi di valori. Ci sono due tipi di enumerazioni, «semplici» `enum` e `class enum`.

Riepilogo delle regole sulle enumerazioni:

- *Enum.1: Preferire le enumerazioni alle macro*
- *Enum.2: Usare le enumerazioni per rappresentare insiemi di nomi di costanti correlate*
- *Enum.3: Preferire le `enum class` alle «semplici» `enums`*
- *Enum.4: Definire le operazioni sulle enumerazioni per un uso sicuro e semplice*
- *Enum.5: Non usare `TUTTO_IN_MAIUSCOLO` per gli enumeratori*
- *Enum.6: Evitare enumerazioni senza nome*
- *Enum.7: Specificare il [tipo sottostante] di una enumerazione solo quando è necessario*
- *Enum.8: Specificare i valori dell'enumeratore solo quando è necessario*

11.1 Enum.1: Preferire le enumerazioni alle macro

11.1.1 Motivo

Le macro non obbediscono alle regole dello scope e del tipo. Inoltre, i nomi delle macro vengono rimossi durante il preprocessing e quindi solitamente non appaiono in tool come i debugger.

11.1.2 Esempio

Un primo esempio di vecchio codice non buono:

```
// webcolors.h (third party header)
#define RED    0xFF0000
#define GREEN  0x00FF00
#define BLUE   0x0000FF

// productinfo.h
// The following define product subtypes based on color
#define RED    0
#define PURPLE 1
#define BLUE   2

int webby = BLUE;    // webby == 2; probably not what was desired
```

Si usi invece un enum:

```
enum class Web_color { red = 0xFF0000, green = 0x00FF00, blue = 0x0000FF };
enum class Product_info { red = 0, purple = 1, blue = 2 };

int webby = blue;    // error: be specific
Web_color webby = Web_color::blue;
```

Abbiamo usato un `enum class` per evitare il conflitto fra i nomi.

11.1.3 Nota

Considerare anche le variabili `constexpr` e `const inline`.

11.1.4 Imposizione

Segnalare le macro che definiscono valori interi. Usare `enum` o `const inline` o un'altra alternativa non-macro.

11.2 Enum.2: Usare le enumerazioni per rappresentare insiemi di nomi di costanti correlate

11.2.1 Motivo

Un'enumerazione mostra la correlazione degli enumeratori e può essere un tipo con un nome.

11.2.2 Esempio

```
enum class Web_color { red = 0xFF0000, green = 0x00FF00, blue = 0x0000FF };
```

11.2.3 Nota

Lo switch con una enumerazione è una cosa comune ed il compilatore può mettere in guardia da insoliti valori delle label di un case. Per esempio:

```
enum class Product_info { red = 0, purple = 1, blue = 2 };

void print(Product_info inf)
{
    switch (inf) {
        case Product_info::red: cout << "red"; break;
        case Product_info::purple: cout << "purple"; break;
    }
}
```

Questi switch con case mancanti sono spesso il risultato di un enumeratore aggiunto in seguito o un test incompleto.

11.2.4 Imposizione

- Segnalare le istruzioni switch dove i case non gestiscono tutti gli enumeratori di una enumerazione.
- Segnalare le istruzioni switch dove i case gestiscono alcuni enumeratori di una enumerazione ma non c'è alcun caso di default.

11.3 Enum.3: Preferire la class enum alle «semplici» enum

11.3.1 Motivo

Per ridurre al minimo le sorprese: gli enum tradizionali vengono convertiti in int troppo rapidamente.

11.3.2 Esempio

```
void Print_color(int color);

enum Web_color { red = 0xFF0000, green = 0x00FF00, blue = 0x0000FF };
enum Product_info { red = 0, purple = 1, blue = 2 };

Web_color webby = Web_color::blue;

// Clearly at least one of these calls is buggy.
Print_color(webby);
Print_color(Product_info::blue);
```

Mentre usando una enum class:

```
void Print_color(int color);

enum class Web_color { red = 0xFF0000, green = 0x00FF00, blue = 0x0000FF };
enum class Product_info { red = 0, purple = 1, blue = 2 };

Web_color webby = Web_color::blue;
Print_color(webby); // Error: cannot convert Web_color to int.
Print_color(Product_info::red); // Error: cannot convert Product_info
to int.
```

11.3.3 Imposizione

(Semplice) Avvisare di qualsiasi definizione non-class enum.

11.4 Enum.4: Definire le operazioni sulle enumerazioni per un uso sicuro e semplice

11.4.1 Motivo

Comodità d'uso e per evitare errori.

11.4.2 Esempio

```
enum class Day { mon, tue, wed, thu, fri, sat, sun };

Day& operator++(Day& d)
{
    return d = (d == Day::sun) ? Day::mon : static_cast<Day>(static_
    ↪cast<int>(d)+1);
}

Day today = Day::sat;
Day tomorrow = ++today;
```

L'uso di uno `static_cast` non è il massimo, ma

```
Day& operator++(Day& d)
{
    return d = (d == Day::sun) ? Day::mon : Day{++d};    // error
}
```

è una ricorsione infinita e scrivendola senza un `cast`, con uno `switch` su tutti i casi è prolisso.

11.4.3 Imposizione

Segnalare le espressioni ripetute di conversioni ad una enumerazione.

11.5 Enum.5: Non usare TUTTO_IN_MAIUSCOLO per gli enumeratori

11.5.1 Motivo

Evitare conflitti con le macro.

11.5.2 Esempio, cattivo

```
// webcolors.h (third party header)
#define RED    0xFF0000
#define GREEN  0x00FF00
#define BLUE   0x0000FF

// productinfo.h
// The following define product subtypes based on color
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
enum class Product_info { RED, PURPLE, BLUE };    // syntax error
```

11.5.3 Imposizione

Segnalare gli enumeratori TUTTO_IN_MAIUSCOLO.

11.6 Enum.6: Evitare enumerazioni senza nome

11.6.1 Motivo

Se non si dà un nome ad un'enumerazione, i valori non vengono correlati

11.6.2 Esempio, cattivo

```
enum { red = 0xFF0000, scale = 4, is_signed = 1 };
```

Questo codice non è raro in quello scritto prima che esistessero alternative convenienti per indicare delle costanti intere.

11.6.3 Alternativa

Usare invece i valori constexpr. Per esempio:

```
constexpr int red = 0xFF0000;  
constexpr short scale = 4;  
constexpr bool is_signed = true;
```

11.6.4 Imposizione

Segnalare le enumerazioni senza nome.

11.7 Enum.7: Specificare il [tipo sottostante] di una enumerazione solo quando è necessario

11.7.1 Motivo

Il default è più facile da leggere e da scrivere. `int` è il tipo intero di default. `int` è compatibile con gli enum del C.

11.7.2 Esempio

```
enum class Direction : char { n, s, e, w,
                             ne, nw, se, sw }; // underlying type
↳ saves space

enum class Web_color : int32_t { red    = 0xFF0000,
                                green  = 0x00FF00,
                                blue   = 0x0000FF }; // underlying
↳ type is redundant
```

11.7.3 Nota

Specificare il tipo in esame è necessario per il «forward-declare» di un enum o una classe enum:

```
enum Flags : char;

void f(Flags);

// ....

enum Flags : char { /* ... */ };
```

o per garantire che i valori di quel tipo abbiano una specifica bit-precision:

```
enum Bitboard : uint64_t { /* ... */ };
```

11.7.4 Imposizione

???

11.8 Enum.8: Specificare i valori dell'enumeratore solo quando è necessario

11.8.1 Motivo

È la cosa più semplice. Evitare i valori duplicati dell'enumeratore. Col default si ha un insieme consecutivo dei valori ed è un bene per l'implementazione delle istruzioni `switch`.

11.8.2 Esempio

```
enum class Col1 { red, yellow, blue };
enum class Col2 { red = 1, yellow = 2, blue = 2 }; // typo
enum class Month { jan = 1, feb, mar, apr, may, jun,
                  jul, august, sep, oct, nov, dec }; // starting with
→ 1 is conventional
enum class Base_flag { dec = 1, oct = dec << 1, hex = dec << 2 }; //
→ set of bits
```

È necessario specificare i valori per far corrispondere i valori convenzionali (p.es., `Month`) e dove non si desiderano valori consecutivi (p.es., per avere bit separati come in `Base_flag`).

11.8.3 Imposizione

- Segnalare i valori duplicati degli enumeratori
- Segnalare valori consecutivi esplicitamente indicati degli enumeratori

R: Gestione delle risorse

Questa sezione contiene regole relative alle risorse. Una risorsa è tutto ciò che deve essere acquisito e (esplicitamente o implicitamente) rilasciato, come la memoria, gli handle dei file, i socket e i lock. Il motivo per cui deve essere rilasciata è generalmente perché può scarseggiare, quindi anche un rilascio ritardato potrebbe provocare danni. L'obiettivo fondamentale è garantire che non ci siano perdite di risorse [leak] e che non si trattiene una risorsa più a lungo del necessario. Un'entità responsabile del rilascio di una risorsa è detta proprietaria [owner].

Ci sono alcuni casi in cui le perdite [leak] possono essere accettabili o addirittura ottimali: Se si sta scrivendo un programma che produce semplicemente un output basato su un input e la quantità di memoria necessaria è proporzionale alla dimensione dell'input, la strategia ottimale (per le prestazioni e la facilità di programmazione) è talvolta quella di semplicemente mai cancellare niente. Se si ha memoria sufficiente per gestire il proprio input più grande, si ha una perdita [leak], ma ci si assicuri di dare un buon messaggio di errore se si sbaglia. Qui, non teniamo conto di questi casi.

- Riepilogo delle regole sulla gestione delle risorse:
 - *R.1: Gestire automaticamente le risorse utilizzando gli handle e il RAII (Resource Acquisition Is Initialization)*
 - *R.2: Nelle interfacce, usare puntatori semplici [raw] per denotare (solo) i singoli oggetti*
 - *R.3: Un puntatore semplice [raw] (un T*) non è proprietario*
 - *R.4: Un riferimento [raw] (un T&) non è proprietario*
 - *R.5: Preferire oggetti con scope, non allocare sull'heap se non necessario*
 - *R.6: Evitare le variabili globali non-const*
- Riepilogo delle regole sull'allocazione e la de-allocazione:
 - *R.10: Evitare malloc() e free()*

- R.11: Evitare di chiamare esplicitamente `new` e `delete`
- R.12: Fornire immediatamente il risultato dell'allocazione di una risorsa ad un oggetto gestore
- R.13: Eseguire al massimo una allocazione di risorsa esplicita in una singola istruzione
- R.14: Evitare parametri [], preferire `span`
- R.15: Eseguire sempre l'overload dell'accoppiata allocazione/de-allocazione
- Riepilogo delle regole sugli smart pointer:
 - R.20: Utilizzare `unique_ptr` e `shared_ptr` per rappresentare il possesso
 - R.21: Preferire `unique_ptr` a `shared_ptr` a meno che non sia necessario condividere il possesso
 - R.22: Usare `make_shared()` per creare gli `shared_ptr`s
 - R.23: Usare `make_unique()` per creare gli `unique_ptr`s
 - R.24: Usare `std::weak_ptr` per interrompere i cicli di `shared_ptr`s
 - R.30: Prendere gli smart pointer come parametri solo per esprimere esplicitamente la semantica della durata [lifetime]
 - R.31: Se si hanno smart pointer non-std, seguire il pattern base di `std`
 - R.32: Prendere un parametro `unique_ptr<widget>` per esprimere che una funzione assume la proprietà di un widget
 - R.33: Prendere un parametro `unique_ptr<widget>&` per esprimere che una funzione ricolloca/restituisce [reseat] il widget
 - R.34: Prendere un parametro `shared_ptr<widget>` per esprimere la proprietà condivisa
 - R.35: Prendere un parametro `shared_ptr<widget>&` per esprimere che una funzione può ricollocare [reseat] lo shared pointer
 - R.36: Prendere un parametro `const shared_ptr<widget>&` per esprimere che potrebbe conservare un conteggio dei riferimenti all'oggetto ???
 - R.37: Non passare un puntatore o un riferimento ottenuti da un alias di uno smart pointer

12.1 R.1: Gestire automaticamente le risorse utilizzando gli handle e il RAI (Resource Acquisition Is Initialization)

12.1.1 Motivo

Per evitare leak [perdite] e la complessità di una gestione manuale delle risorse. La simmetria obbligata del costruttore/distruttore del linguaggio C++ rispecchia quella derivante dalle coppie di funzioni per acquisire/rilasciare le risorse come `fopen/fclose`, `lock/unlock` e `new/delete`. Quando si ha a che fare con una risorsa che necessita la chiamata alla coppia di funzioni acquisisci/rilascia, si incapsuli tale risorsa in un oggetto che gestisca autonomamente tale accoppiata – acquisisce la risorsa nel costruttore e la rilascia nel suo distruttore.

12.1.2 Esempio, cattivo

Si consideri:

```
void send(X* x, string_view destination)
{
    auto port = open_port(destination);
    my_mutex.lock();
    // ...
    send(port, x);
    // ...
    my_mutex.unlock();
    close_port(port);
    delete x;
}
```

In questo codice ci si deve ricordare di `unlock`, `close_port` e `delete` in ogni diramazione del flusso di codice, e farlo esattamente una sola volta. Inoltre, se una qualsiasi parte del codice segnalato con `...` genera un'eccezione, allora `x` viene perso e `my_mutex` resta bloccato [locked].

12.1.3 Esempio

Si consideri:

```
void send(unique_ptr<X> x, string_view destination) // x owns the X
{
    Port port{destination}; // port owns the PortHandle
    lock_guard<mutex> guard{my_mutex}; // guard owns the lock
    // ...
    send(port, x);
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// ...  
} // automatically unlocks my_mutex and deletes the pointer in x
```

Ora la pulizia di tutte le risorse è automatica, eseguita una sola volta su tutte le diramazioni che vadano o meno in errore. Come bonus, ora la funzione dichiara che assume la proprietà del puntatore.

Che cos'è Port? Un comodo involucro [wrapper] che incapsula la risorsa:

```
class Port {  
    PortHandle port;  
public:  
    Port(string_view destination) : port{open_port(destination)} { }  
    ~Port() { close_port(port); }  
    operator PortHandle() { return port; }  
  
    // port handles can't usually be cloned, so disable copying and  
    ↪assignment if necessary  
    Port(const Port&) = delete;  
    Port& operator=(const Port&) = delete;  
};
```

12.1.4 Nota

Laddove una risorsa abbia «strani comportamenti» perché non è rappresentata come una classe con un distruttore, la si racchiude in una classe o si usa *finally*

Si veda anche: *RAII*

12.2 R.2: Nelle interfacce, usare puntatori semplici [raw] per denotare (solo) i singoli oggetti

12.2.1 Motivo

Gli array si rappresentano meglio con un tipo di contenitore (p.es., `vector` (proprietario)) o uno `span` (non-proprietario). Questi contenitori e viste contengono sufficienti informazioni per poter eseguire un controllo sul range.

12.2.2 Esempio, cattivo

```
void f(int* p, int n)    // n is the number of elements in p[]
{
    // ...
    p[2] = 7;    // bad: subscript raw pointer
    // ...
}
```

Il compilatore non legge i commenti e senza leggere altro codice non si sa se `p` punta effettivamente a `n` elementi. Si usi invece `span`.

12.2.3 Esempio

```
void g(int* p, int fmt)    // print *p using format #fmt
{
    // ... uses *p and p[0] only ...
}
```

12.2.4 Eccezione

Le stringhe C-style vengono passate come singoli puntatori a sequenze di caratteri terminanti con zero. Si usi `zstring` invece di `char*` per indicare che ci si affida a questa convenzione.

12.2.5 Nota

Attualmente molte delle volte che si usa un puntatore ad un singolo elemento si potrebbe usare un riferimento. Tuttavia, dove `nullptr` è un valore possibile, un riferimento potrebbe non essere un'alternativa ragionevole.

12.2.6 Imposizione

- Segnalare l'aritmetica di un puntatore (compreso `++`) su un puntatore che non faccia parte di un contenitore, una vista o un iteratore. Questa regola genererebbe un numero enorme di falsi positivi se applicata a un codice più vecchio.
- Segnalare i nomi di array passati come puntatori semplici

12.3 R.3: Un puntatore semplice [raw] (un T*) non è proprietario

12.3.1 Motivo

Non c'è nulla (nello standard del C++ e nella maggior parte del codice) per dire il contrario e la maggior parte dei puntatori semplici non sono proprietari. Si vogliono identificare i puntatori proprietari in modo da gestire efficientemente il delete degli oggetti puntati dai puntatori proprietari.

12.3.2 Esempio

```
void f()
{
    int* p1 = new int{7};           // bad: raw owning pointer
    auto p2 = make_unique<int>(7); // OK: the int is owned by a
    ↪unique pointer
    // ...
}
```

Lo `unique_ptr` protegge dai leak garantendo la cancellazione del suo oggetto (anche in presenza di eccezioni). Il `T*` non lo fa.

12.3.3 Esempio

```
template<typename T>
class X {
public:
    T* p;    // bad: it is unclear whether p is owning or not
    T* q;    // bad: it is unclear whether q is owning or not
    // ...
};
```

Si può risolvere il problema esplicitando il possesso:

```
template<typename T>
class X2 {
public:
    owner<T*> p; // OK: p is owning
    T* q;       // OK: q is not owning
    // ...
};
```

12.3.4 Eccezione

Una delle maggiori tipologie di eccezione è il codice legacy, specialmente il codice che deve restare compilabile come C o interfacciarsi col C o il C++ C-style tramite le ABI. Il fatto che ci siano miliardi di righe di codice che violano questa regola contro il possesso dei T* non può essere ignorato. Ci piacerebbe vedere dei tool che trasformino i programmi con vecchio codice «legacy» di 20 anni fa in un chiaro codice moderno, incoraggiamo lo sviluppo, la distribuzione e l'uso di questi strumenti, speriamo che le linee-guida aiutino lo sviluppo di questi tool e che abbiano anche contribuito (e contribuiscano) alla ricerca e allo sviluppo in questo settore. Tuttavia, ci vorrà del tempo: il «codice legacy» viene generato più velocemente di quanto si possa rinnovare il vecchio codice, e così sarà per qualche anno.

Questo codice non può essere riscritto (anche assumendo un buon software di trasformazione del codice), comunque non presto. Questo problema non può essere risolto (su vasta scala) trasformando tutti i puntatori proprietari in `unique_ptr` e `shared_ptr`, in parte perché abbiamo bisogno di usare anche dei «puntatori raw» proprietari così come i semplici puntatori nell'implementazione degli handle delle risorse fondamentali. Per esempio, le comuni implementazioni di `vector` hanno un puntatore proprietario e due puntatori non-proprietari. Molte ABI (ed essenzialmente tutte le interfacce al codice C) usano i T*, alcuni di questi sono proprietari. Alcune interfacce non possono essere semplicemente annotate con `owner` perché devono restare compilabili come C (anche se questo sarebbe un raro buon uso per una macro, che si espanderebbe in `owner` solo in C++).

12.3.5 Nota

`owner<T*>` non ha una semantica di default oltre a T*. Esso può essere utilizzato senza modificare alcun codice utilizzandolo e senza influire sulle ABI. È semplicemente un indicatore per programmatori e strumenti di analisi. Per esempio, se un `owner<T*>` è un membro di una classe, è opportuno che quella classe abbia un distruttore che ne esegua un `delete`.

12.3.6 Esempio, cattivo

La restituzione di un puntatore (semplice [raw]), genera nel chiamante un'incertezza sulla gestione del suo ciclo di vita; ovvero, chi cancella l'oggetto a cui si punta?

```
Gadget* make_gadget(int n)
{
    auto p = new Gadget{n};
    // ...
    return p;
}

void caller(int n)
{
    auto p = make_gadget(n);    // remember to delete p
    // ...
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
delete p;
}
```

Oltre a soffrire del problema del *leak*, questo aggiunge un'allocazione e una de-allocazione spurie, ed è inutilmente prolissa. Se Gadget è economico da spostare al di fuori di una funzione (ovvero, è piccolo o ha un'efficiente operazione di spostamento), basta restituirlo «per valore» (si veda «out» dei valori di ritorno):

```
Gadget make_gadget(int n)
{
    Gadget g{n};
    // ...
    return g;
}
```

12.3.7 Nota

Questa regola si applica alle funzioni factory.

12.3.8 Nota

Se è richiesta la semantica dei puntatori (p. es., perché il tipo restituito deve far riferimento ad una classe base della gerarchia (un'interfaccia)), restituire uno «smart pointer.»

12.3.9 Imposizione

- (Semplice) Un warning su un `delete` di un puntatore semplice che non sia un `owner<T>`.
- (Moderato) Un warning sia sul fallimento di un `reset` che su un esplicito `delete` di un puntatore a `owner<T>` su ogni percorso del codice.
- (Semplice) Avvisare se il valore di ritorno di `new` è assegnato ad un puntatore semplice.
- (Semplice) Avvisare se una funzione restituisce un oggetto che sia stato allocato nella funzione ma che abbia un costruttore di spostamento. Suggestire, invece, di restituirlo per valore.

12.4 R.4: Un riferimento [raw] (un T&) non è proprietario

12.4.1 Motivo

Non c'è nulla (nello standard del C++ e nella maggior parte del codice) che dica diversamente e la maggior parte dei riferimenti sono non-proprietari. Si vuole che i proprietari siano identificati in modo da poter affidabilmente ed efficientemente eseguire il delete degli oggetti puntati dai puntatori proprietari.

12.4.2 Esempio

```
void f()
{
    int& r = *new int{7}; // bad: raw owning reference
    // ...
    delete &r;           // bad: violated the rule against deleting
    ↪raw pointers
}
```

Si veda anche: *La regola del puntatore semplice*

12.4.3 Imposizione

Si veda *La regola del puntatore semplice*

12.5 R.5: Preferire oggetti con scope, non allocare sull'heap se non necessario

12.5.1 Motivo

Un oggetto con scope è un oggetto locale, un oggetto globale o un membro. Ciò implica che non vi sono costi aggiuntivi diversi per l'allocazione e la de-allocazione oltre a quello già usato per lo scope contenitore o l'oggetto. I membri di un oggetto con scope sono essi stessi con scope e il costruttore e il distruttore dell'oggetto gestiscono il ciclo di vita dei membri.

12.5.2 Esempio

L'esempio seguente è inefficiente (perché presenta un'allocazione e una de-allocazione non necessarie), vulnerabile al ritorno da eccezioni generate nella parte ... (che porta a leak), ed è prolisso:

```
void f(int n)
{
    auto p = new Gadget{n};
    // ...
    delete p;
}
```

Utilizzare invece una variabile locale:

```
void f(int n)
{
    Gadget g{n};
    // ...
}
```

12.5.3 Imposizione

- (Moderato) Avvisare se un oggetto è allocato e poi de-allocato su tutte le diramazioni all'interno di una funzione. Sugerire invece che dovrebbe essere un oggetto stack locale.
- (Semplice) Avverte se un `Unique_pointer` o `Shared_pointer` locale, che non viene spostato, copiato, riassegnato o `reset` prima della fine del suo ciclo di vita, non viene dichiarato `const`. Eccezione: non produrre tale avviso su un `Unique_pointer` locale a un array «unbounded». (Vedere di seguito.)

12.5.4 Eccezione

Se lo spazio nello stack è limitato, è possibile creare un `const unique_ptr<BigObject>` locale per memorizzare l'oggetto sull'heap anziché sullo stack.

12.6 R.6: Evitare le variabili globali non-const

Cfr. I.2

12.7 R.alloc: Allocazione e de-allocazione

12.7.1 R.10: Evitare malloc() e free()

Motivo

malloc() e free() non supportano la costruzione e la distruzione e non si collegano bene con new e delete.

Esempio

```
class Record {
    int id;
    string name;
    // ...
};

void use()
{
    // p1 might be nullptr
    // *p1 is not initialized; in particular,
    // that string isn't a string, but a string-sized bag of bits
    Record* p1 = static_cast<Record*>(malloc(sizeof(Record)));

    auto p2 = new Record;

    // unless an exception is thrown, *p2 is default initialized
    auto p3 = new(nothrow) Record;
    // p3 might be nullptr; if not, *p3 is default initialized

    // ...

    delete p1;    // error: cannot delete object allocated by malloc()
    free(p2);     // error: cannot free() object allocated by new
}
```

In alcune implementazioni quel delete e quel free() potrebbero funzionare, o potrebbero causare errori a run-time.

Eccezione

Esistono applicazioni e sezioni di codice in cui le eccezioni non sono accettabili. Alcuni dei migliori esempi di questo tipo sono nel codice “life-critical” e hard-real-time. Attenzione che molti divieti sull’uso delle eccezioni si basano sulla superstizione (che è un male) o hanno a che fare con codice più vecchio con una gestione delle risorse non sistematica (sfortunatamente, ma a volte necessaria). In questi casi si considerino le versioni `nothrow` di `new`.

Imposizione

Segnalare l’uso esplicito di `malloc` o `free`.

12.7.2 R.11: Evitare di chiamare esplicitamente `new` e `delete`

Motivo

Il puntatore restituito da `new` dovrebbe appartenere ad un gestore di risorse (che potrebbe chiamare `delete`). Se il puntatore restituito da `new` viene assegnato ad un semplice puntatore, l’oggetto può generare un leak.

Nota

In un programma di grandi dimensioni, un semplice `delete` (ovvero un `delete` nel codice dell’applicazione, anziché nella parte di codice dedicata alla gestione delle risorse) è un probabile bug: se si hanno `N delete`, come si può essere sicuri che non ne servano `N+1` o `N-1`? Il bug potrebbe essere latente: potrebbe emergere solo durante la manutenzione. Se si ha un semplice `new`, probabilmente ci vorrà un semplice `delete` da qualche parte, quindi probabilmente si avrà un bug.

Imposizione

(Semplice) Avvisare di qualsiasi uso esplicito di `new` e `delete`. Sugerire, invece, l’uso di `make_unique`.

12.7.3 R.12: Fornire immediatamente il risultato dell’allocazione di una risorsa ad un oggetto gestore

Motivo

In caso contrario, un’eccezione o un `return` potrebbero causare un leak.

Esempio, cattivo

```
void func(const string& name)
{
    FILE* f = fopen(name, "r");           // open the file
    vector<char> buf(1024);
    auto _ = finally([f] { fclose(f); }); // remember to close the
    ↪file
    // ...
}
```

L'allocazione di buf potrebbe fallire e produrre un leak dell'handle del file.

Esempio

```
void func(const string& name)
{
    ifstream f{name}; // open the file
    vector<char> buf(1024);
    // ...
}
```

L'utilizzo dell'handle del file (in ifstream) è semplice, efficiente e sicuro.

Imposizione

- Segnalare le allocazioni esplicite usate per inizializzare i puntatori (problema: quante allocazioni di risorse dirette si possono riconoscere?)

12.7.4 R.13: Eseguire al massimo una allocazione di risorsa esplicita in una singola istruzione

Motivo

Se si eseguono due allocazioni di risorse esplicite in un'unica istruzione, si può avere un leak delle risorse perché l'ordine di valutazione di molte sotto-espressioni, compresi gli argomenti delle funzioni, non è specificato.

Esempio

```
void fun(shared_ptr<Widget> sp1, shared_ptr<Widget> sp2);
```

Questa fun si può chiamare così:

```
// BAD: potential leak
fun(shared_ptr<Widget>(new Widget(a, b)), shared_ptr<Widget>(new
↳Widget(c, d)));
```

Questo non è exception-safe perché il compilatore potrebbe riordinare le due espressioni nel costruire i due argomenti della funzione. In particolare, il compilatore può intercalare l'esecuzione delle due espressioni: L'allocazione della memoria (chiamando `operator new`) può essere fatta, per entrambi gli oggetti, prima, seguita poi dai tentativi di richiamare i due costruttori `Widget`. Se uno dei costruttori genera un'eccezione, allora la memoria dell'altro oggetto non verrà mai rilasciata!

Questo subdolo problema ha una semplice soluzione: Mai eseguire più di una allocazione esplicita di una risorsa in una sola istruzione. Per esempio:

```
shared_ptr<Widget> sp1(new Widget(a, b)); // Better, but messy
fun(sp1, new Widget(c, d));
```

La soluzione migliore consiste nell'evitare totalmente l'allocazione esplicita utilizzando le funzioni `factory` che restituiscono gli oggetti posseduti:

```
fun(make_shared<Widget>(a, b), make_shared<Widget>(c, d)); // Best
```

Se non ce n'è uno scriversi il proprio `factory wrapper`.

Imposizione

- Segnalare le espressioni con più allocazioni esplicite di risorse (problema: quante allocazioni di risorse dirette si possono riconoscere?)

12.7.5 R.14: Evitare parametri [], preferire `span`

Motivo

Un array si riduce ad un puntatore, perdendo così la propria dimensione, aprendo la possibilità di errori sul range. Usare `span` per preservare l'informazione sulla dimensione.

Esempio

```
void f(int[]);           // not recommended

void f(int*);           // not recommended for multiple objects
                        // (a pointer should point to a single object, ↵
↵do not subscript)

void f(gsl::span<int>); // good, recommended
```

Imposizione

Segnalare i parametri []. Usare, invece, span.

12.7.6 R.15: Eseguire sempre l'overload dell'accoppiata allocazione/de-allocazione

Motivo

Altrimenti si ottengono operazioni disaccoppiate e caos.

Esempio

```
class X {
    // ...
    void* operator new(size_t s);
    void operator delete(void*);
    // ...
};
```

Nota

Se si vuole che non venga de-allocata la memoria, si aggiunge =delete all'operazione di de-allocazione. Non lasciarla senza dichiarazione.

Imposizione

Segnalare le accoppiate incomplete.

12.8 R.smart: I puntatori smart

12.8.1 R.20: Utilizzare `unique_ptr` e `shared_ptr` per rappresentare il possesso

Motivo

Si possono prevenire i leak delle risorse.

Esempio

Si consideri:

```
void f()
{
    X* p1 { new X };           // bad, p1 will leak
    auto p2 = make_unique<X>(); // good, unique ownership
    auto p3 = make_shared<X>(); // good, shared ownership
}
```

Con ciò si avrà un leak dell'oggetto usato per inizializzare `p1` (solamente).

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se il valore di ritorno di `new` è assegnato ad un puntatore semplice.
- (Semplice) Avvisare se il risultato di una funzione che restituisce un puntatore proprietario «raw» viene assegnato a un puntatore «raw».

12.8.2 R.21: Preferire `unique_ptr` a `shared_ptr` a meno che non sia necessario condividere il possesso

Motivo

Un `unique_ptr` è concettualmente più semplice e prevedibile (si sa quando viene distrutto) e più veloce (non mantiene implicitamente un conteggio sull'utilizzo).

Esempio, cattivo

Questo aggiunge e mantiene inutilmente un conteggio dei riferimenti.

```
void f()
{
    shared_ptr<Base> base = make_shared<Derived>();
    // use base locally, without copying it -- refcount never exceeds 1
} // destroy base
```

Esempio

Questo è più efficiente:

```
void f()
{
    unique_ptr<Base> base = make_unique<Derived>();
    // use base locally
} // destroy base
```

Imposizione

(Semplice) Avvisare se una funzione usa uno `Shared_pointer` con un oggetto allocato nella funzione, ma non restituisce mai lo `Shared_pointer` né lo passa ad una funzione che richiede uno `Shared_pointer`. Sugerire, invece, l'uso di `unique_ptr`.

12.8.3 R.22: Usare `make_shared()` per creare gli `shared_ptrs`

Motivo

`make_shared` fornisce un'istruzione più concisa della costruzione. Offre inoltre l'opportunità di eliminare un'allocazione separata per i conteggi dei riferimenti, posizionando il conteggio di `shared_ptr` vicino al proprio oggetto. Garantisce inoltre la sicurezza delle eccezioni in espressioni complesse (nel codice precedente a C++17).

Esempio

Si consideri:

```
shared_ptr<X> p1 { new X{2} }; // bad
auto p = make_shared<X>(2);    // good
```

La versione `make_shared()` indica `X` una sola volta, quindi è solitamente più breve (oltre che più veloce) della versione col `new` esplicito.

Imposizione

(Semplice) Avvisare se uno `shared_ptr` è costruito partendo dal risultato di un `new` anziché da `make_shared`.

12.8.4 R.23: Usare `make_unique()` per creare gli `unique_ptr`

Motivo

`make_unique` fornisce una dichiarazione più concisa della costruzione. Garantisce inoltre la sicurezza delle eccezioni in espressioni complesse (nel codice precedente a C++17).

Esempio

```
unique_ptr<Foo> p {new Foo{7}};    // OK: but repetitive  
auto q = make_unique<Foo>(7);    // Better: no repetition of Foo
```

Imposizione

(Semplice) Avvisare se uno `unique_ptr` è costruito partendo dal risultato di un `new` anziché da `make_unique`.

12.8.5 R.24: Usare `std::weak_ptr` per interrompere i cicli degli `shared_ptr`s

Motivo

Gli `shared_ptr` si basano sul conteggio degli utilizzi e sull'uso dei conteggi per una struttura ciclica che non va mai a zero, c'è quindi bisogno di un meccanismo per sapere quando distruggere una struttura ciclica.

Esempio

```
#include <memory>  
  
class bar;  
  
class foo {  
public:  
    explicit foo(const std::shared_ptr<bar>& forward_reference)  
        : forward_reference_(forward_reference)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

    { }
private:
    std::shared_ptr<bar> forward_reference_;
};

class bar {
public:
    explicit bar(const std::weak_ptr<foo>& back_reference)
        : back_reference_(back_reference)
    { }
    void do_something()
    {
        if (auto shared_back_reference = back_reference_.lock()) {
            // Use *shared_back_reference
        }
    }
private:
    std::weak_ptr<foo> back_reference_;
};

```

Nota

??? (HS [Herb Sutter]: Molte persone dicono «interrompere cicli», mentre io penso che «proprietà condivisa [shared ownership] temporanea» sia più pertinente). ???(BS [Bjarne Stroustrup]: Interrompere cicli è quello che si deve fare; condividere temporaneamente la proprietà è come farlo. Si può «temporaneamente condividere la proprietà» semplicemente usando un altro `shared_ptr`).

Imposizione

??? probabilmente impossibile. Se potessimo rilevare staticamente i cicli, non avremmo bisogno di `weak_ptr`

12.8.6 R.30: Prendere gli smart pointer come parametri solo per esprimere esplicitamente la semantica della durata [lifetime]

Cfr. F.7.

12.8.7 R.31: Se si hanno smart pointer non-std, seguire il pattern base di std

Motivo

Le regole nella sezione seguente funzionano anche per altri tipi di puntatori intelligenti personalizzati e di terze parti e sono molto utili per diagnosticare errori comuni dei puntatori intelligenti che causano problemi di prestazioni e correttezza. Si vuole che le regole funzionino per tutti gli smart pointer utilizzati.

Qualsiasi tipo (compreso il template primario e la specializzazione) che sovraccarica [overload] il * unario e il -> è considerato uno smart pointer:

- Se è copiabile, è riconosciuto come uno `shared_ptr` reference-counted [a conteggio dei riferimenti].
- Se non è copiabile, lo si riconosce come un `unique_ptr` unico.

Esempio, cattivo

```
// use Boost's intrusive_ptr
#include <boost/intrusive_ptr.hpp>
void f(boost::intrusive_ptr<widget> p) // error under rule
    ↪ 'sharedptrparam'
{
    p->foo();
}

// use Microsoft's CComPtr
#include <atlbase.h>
void f(CComPtr<widget> p) // error under rule
    ↪ 'sharedptrparam'
{
    p->foo();
}
```

Entrambi i casi sono errori secondo la *linea-guida sharedptrparam*: `p` è uno `Shared_pointer`, ma qui non viene usato niente della sua condivisibilità e il passarlo per valore è un tacito peggioramento; queste funzioni dovrebbero accettare uno smart pointer solo se devono partecipare alla gestione del ciclo di vita del widget. Altrimenti dovrebbero accettare un `widget*`, se può essere `nullptr`. Altrimenti, ed idealmente, la funzione dovrebbe accettare un `widget&`. Questi puntatori intelligenti corrispondono al concetto dello `Shared_pointer`, quindi queste regole per applicare le linee-guida funzionano su di essi in ogni caso e li espongono ad un comune peggioramento.

12.8.8 R.32: Prendere un parametro `unique_ptr<widget>` per esprimere che una funzione assume la proprietà di un widget

Motivo

Usando `unique_ptr` in questo modo si documenta e si rafforza il trasferimento della proprietà della chiamata di funzione.

Esempio

```
void sink(unique_ptr<widget>); // takes ownership of the widget

void uses(widget*);           // just uses the widget
```

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se una funzione prende un parametro `Unique_pointer<T>` per riferimento lvalue e non assegna ad esso né ci chiama `reset()` in almeno un ramo del codice. Sugerire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.

12.8.9 R.33: Prendere un parametro `unique_ptr<widget>&` per esprimere che una funzione riposiziona [reseats] il widget

Motivo

Usando `unique_ptr` in questo modo si documenta e si rafforza la semantica del ricollocamento [reseating] della chiamata.

Nota

«reseat» (ricollocare) significa «fare in modo che un puntatore o un puntatore intelligente si riferiscano a un oggetto diverso».

Esempio

```
void resear(unique_ptr<widget>&); // "will" or "might" resear pointer
```

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se una funzione prende un parametro `Unique_pointer<T>` per riferimento lvalue e non assegna ad esso né ci chiama `reset()` in almeno un ramo del codice. Suggestire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.

12.8.10 R.34: Prendere un parametro `shared_ptr<widget>` per esprimere la proprietà condivisa

Motivo

Ciò rende esplicita la condivisione della proprietà della funzione.

Esempio, buono

```
class WidgetUser
{
public:
    // WidgetUser will share ownership of the widget
    explicit WidgetUser(std::shared_ptr<widget> w) noexcept:
        m_widget{std::move(w)} {}
    // ...
private:
    std::shared_ptr<widget> m_widget;
};
```

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se una funzione prende un parametro `Shared_pointer<T>` per riferimento lvalue e non lo assegna né ci chiama il `reset()` in almeno un ramo del codice. Suggestire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.
- (Semplice) ((Foundation)) Avvisare se una funzione prende uno `Shared_pointer<T>` per valore o per riferimento a `const` e non lo copia né lo sposta [move] verso un altro `Shared_pointer` in almeno un ramo del codice. Suggestire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.
- (Semplice) ((Foundation)) Avvisare se una funzione accetta un parametro `Shared_pointer<T>` per riferimento rvalue. Suggestire, invece, di passare per valore.

12.8.11 R.35: Prendere un parametro `shared_ptr<widget>&` per esprimere che una funzione può ricollocare [reseat] lo shared pointer

Motivo

Ciò rende esplicito il ricollocamento [reseat] della funzione.

Nota

Eeguire un «reseat» [ricollocamento] significa «fare in modo che un puntatore o un puntatore intelligente si riferiscano a un oggetto diverso».

Esempio, buono

```
void ChangeWidget(std::shared_ptr<widget>& w)
{
    // This will change the callers widget
    w = std::make_shared<widget>(widget{});
}
```

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se una funzione prende un parametro `Shared_pointer<T>` per riferimento lvalue e non lo assegna né ci chiama il `reset()` in almeno un ramo del codice. Suggestire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.
- (Semplice) ((Foundation)) Avvisare se una funzione prende uno `Shared_pointer<T>` per valore o per riferimento a `const` e non lo copia né lo sposta [move] verso un altro `Shared_pointer` in almeno un ramo del codice. Suggestire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.
- (Semplice) ((Foundation)) Avvisare se una funzione accetta un parametro `Shared_pointer<T>` per riferimento rvalue. Suggestire, invece, di passare per valore.

12.8.12 R.36: Prendere un parametro `const shared_ptr<widget>&` per esprimere che potrebbe conservare un conteggio dei riferimenti all'oggetto ???

Motivo

Questo rende la funzione ??? esplicita.

Esempio, buono

```
void share(shared_ptr<widget>);           // share -- "will" retain_
    ↪ refcount

void reseal(shared_ptr<widget>&);         // "might" reseal ptr

void may_share(const shared_ptr<widget>&); // "might" retain refcount
```

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se una funzione prende un parametro `Shared_pointer<T>` per riferimento lvalue e non lo assegna né ci chiama il `reset()` in almeno un ramo del codice. Sugerire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.
- (Semplice) ((Foundation)) Avvisare se una funzione prende uno `Shared_pointer<T>` per valore o per riferimento a `const` e non lo copia né lo sposta [move] verso un altro `Shared_pointer` in almeno un ramo del codice. Sugerire, invece, di prendere un `T*` o un `T&`.
- (Semplice) ((Foundation)) Avvisare se una funzione accetta un parametro `Shared_pointer<T>` per riferimento rvalue. Sugerire, invece, di passare per valore.

12.8.13 R.37: Non passare un puntatore o un riferimento ottenuti da un alias di uno smart pointer

Motivo

La violazione di questa regola è la causa numero uno della perdita del conteggio dei riferimenti e del ritrovarsi con un puntatore appeso [dangling]. Le funzioni dovrebbero preferire di passare i puntatori semplici e i riferimenti lungo la catena delle chiamate. Nella parte iniziale dell'albero delle chiamate, dove si ottiene il puntatore semplice o il riferimento da un puntatore intelligente, che mantiene in vita l'oggetto. È necessario assicurarsi che il puntatore intelligente non possa essere inavvertitamente ripristinato o riassegnato nel resto della catena delle chiamate.

Nota

Per fare ciò, a volte è necessario tenere una copia locale di un puntatore intelligente, che mantiene saldamente in vita l'oggetto per la durata della funzione e della sequenza delle chiamate.

Esempio

Si consideri questo codice:

```
// global (static or heap), or aliased local ...
shared_ptr<widget> g_p = ...;

void f(widget& w)
{
    g();
    use(w);  // A
}

void g()
{
    g_p = ...; // oops, if this was the last shared_ptr to that widget,
    → destroys the widget
}
```

Quanto segue non deve superare la revisione del codice:

```
void my_code()
{
    // BAD: passing pointer or reference obtained from a non-local_
    → smart pointer
    //      that could be inadvertently reset somewhere inside f or_
    → its callees
    f(*g_p);

    // BAD: same reason, just passing it as a "this" pointer
    g_p->func();
}
```

La correzione è semplice – si prende una copia locale del puntatore per «mantenere un ref count» per la propria catena delle chiamate:

```
void my_code()
{
    // cheap: 1 increment covers this entire function and all the call_
    → trees below us
    auto pin = g_p;

    // GOOD: passing pointer or reference obtained from a local_
    → unaliased smart pointer
    f(*pin);

    // GOOD: same reason
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
pin->func();  
}
```

Imposizione

- (Semplice) Avvisare se un puntatore o un riferimento ottenuto da una variabile smart pointer (`Unique_pointer` o `Shared_pointer`) che sia non-locale, o che sia locale ma potenzialmente un alias, venga utilizzato nella chiamata di una funzione. Se il puntatore intelligente è uno `Shared_pointer` allora suggerire, invece, di prendere una copia locale dello smart pointer per ottenerne un puntatore o un riferimento.

ES: Espressioni e istruzioni

Le espressioni e le istruzioni sono il modo più semplice e diretto per esprimere azioni e calcoli. Le dichiarazioni in uno scope locale sono istruzioni.

Per le regole sulla nomenclatura, sui commenti e l'indentazione, cfr. *NL: Nomenclatura e layout*.

Regole generali:

- *ES.1: Preferire la libreria standard alle altre librerie e al «codice artigianale»*
- *ES.2: Preferire astrazioni adatte all'uso diretto delle funzionalità del linguaggio*
- *ES.3: Non ripetersi, evitare codice ridondante*

Regole sulle dichiarazioni:

- *ES.5: Tenere gli scope piccoli*
- *ES.6: Dichiarare i nomi nella parte di inizializzazione e in quella delle condizioni delle istruzioni-for per limitarne lo scope*
- *ES.7: Mantenere brevi i nomi comuni e locali mentre quelli meno comuni e non-locali più lunghi*
- *ES.8: Evitare similitudini tra i nomi*
- *ES.9: Evitare nomi TUTTO_IN_MAIUSCOLO*
- *ES.10: Dichiarare un (solo) nome per ogni dichiarazione*
- *ES.11: Usare auto per evitare la ripetizione ridondante del nome dei tipi*
- *ES.12: Non riutilizzare i nomi all'interno di scope annidati*
- *ES.20: Inizializzare sempre un oggetto*
- *ES.21: Non introdurre una variabile (o una costante) prima che ne sia necessario l'uso*

- *ES.22: Non dichiarare una variabile fin quando non si abbia un valore con cui inicializzarla*
- *ES.23: Preferire la sintassi di inizializzazione {}*
- *ES.24: Usare un `unique_ptr<T>` per contenere i puntatori*
- *ES.25: Dichiarare un oggetto `const` o `constexpr` a meno che non se ne voglia, in seguito, modificare il valore*
- *ES.26: Non usare una variabile per due usi non correlati*
- *ES.27: Usare `std::array` o `stack_array` per gli array sullo stack*
- *ES.28: Usare le lambda per delle inizializzazioni complesse, specialmente di variabili `const`*
- *ES.30: Non usare le macro per manipolare il testo del programma*
- *ES.31: Non usare le macro per le costanti o le «funzioni»*
- *ES.32: Usare il `TUTTO_IN_MAIUSCOLO` per tutti i nomi delle macro*
- *ES.33: Se è necessario usare le macro, dargli dei nomi univoci*
- *ES.34: Non definire una funzione variadica (C-style)*

Regole sulle espressioni:

- *ES.40: Evitare espressioni complicate*
- *ES.41: In caso di dubbio sulla precedenza degli operatori, usare le parentesi*
- *ES.42: Usare in modo semplice e diretto i puntatori*
- *ES.43: Evitare espressioni con un ordine di valutazione incerto*
- *ES.44: Non dipendere dall'ordine di valutazione degli argomenti di una funzione*
- *ES.45: Evitare «costanti magiche»; utilizzare costanti simboliche*
- *ES.46: Evitare le conversioni «narrowing»*
- *ES.47: Usare `nullptr` anziché `0` o `NULL`*
- *ES.48: Evitare i cast*
- *ES.49: Se si deve usare un cast, si utilizzi un «named cast»*
- *ES.50: Non eseguire il cast da un `const`*
- *ES.55: Evitare la necessità di controllare i range*
- *ES.56: Scrivere `std::move()` solo quando è necessario spostare esplicitamente un oggetto in un altro scope*
- *ES.60: Evitare `new` e `delete` al di fuori delle funzioni di gestione delle risorse*
- *ES.61: Eseguire il `delete` degli array con `delete[]` e usando `delete` per il resto*
- *ES.62: Non confrontare i puntatori in diversi array*

- *ES.63: Non provocare «slice»*
- *ES.64: Usare la notazione `T{e}` per la costruzione*
- *ES.65: Non de-referenziare un puntatore non valido*

Regole sulle istruzioni:

- *ES.70: Preferire l'istruzione `switch` all'istruzione `if` potendo scegliere*
- *ES.71: Preferire un'istruzione `range-for` ad un'istruzione `for` potendo scegliere*
- *ES.72: Preferire un'istruzione `for` ad un'istruzione `while` quando c'è un'ovvia variabile del ciclo*
- *ES.73: Preferire un'istruzione `while` ad un'istruzione `for` quando non è ovvia la variabile del ciclo*
- *ES.74: Dichiarare la variabile del ciclo nella parte dell'inizializzatore dell'istruzione `for`*
- *ES.75: Evitare l'istruzione `do`*
- *ES.76: Evitare il `goto`*
- *ES.77: Minimizzare l'uso di `break` e `continue` nei cicli*
- *ES.78: Non fare affidamento ai proseguimenti impliciti nelle istruzioni `switch`*
- *ES.79: Usare `default` per gestire i (soli) casi comuni*
- *ES.84: Non tentare di dichiarare una variabile locale senza nome*
- *ES.85: Rendere visibili le istruzioni vuote*
- *ES.86: Evitare di modificare le variabili di controllo dei cicli nel corpo dei cicli `for`*
- *ES.87: Non aggiungere dei ridondanti `==` o `!=` alle condizioni*

Regole sull'aritmetica:

- *ES.100: Non mischiare l'aritmetica con segno con quella senza segno*
- *ES.101: Usare i tipi `unsigned` per la gestione dei bit*
- *ES.102: Usare i tipi con segno per l'aritmetica*
- *ES.103: Evitare l'overflow*
- *ES.104: Evitare l'underflow*
- *ES.105: Non dividere per lo zero intero*
- *ES.106: Non tentare di evitare i valori negativi utilizzando `unsigned`*
- *ES.107: Non usare `unsigned` per l'indicizzazione, preferire `gs1::index`*

13.1 ES.1: Preferire la libreria standard alle altre librerie e al «codice artigianale»

13.1.1 Motivo

Il codice che usa una libreria può risultare molto più facile da scrivere rispetto al codice che lavora direttamente con le funzionalità del linguaggio, molto più breve, tende ad avere un livello di astrazione più alto, inoltre il codice della libreria è presumibilmente già testato. La ISO C++ Standard Library è tra le librerie più conosciute e meglio testate. È disponibile come parte di tutte le implementazioni del C++.

13.1.2 Esempio

```
auto sum = accumulate(begin(a), end(a), 0.0);    // good
```

una versione «range» di `accumulate` sarebbe ancora meglio:

```
auto sum = accumulate(v, 0.0); // better
```

ma non codificare a mano un algoritmo ben noto:

```
int max = v.size();    // bad: verbose, purpose unstated
double sum = 0.0;
for (int i = 0; i < max; ++i)
    sum = sum + v[i];
```

13.1.3 Eccezione

Grandi parti della libreria standard si basano sull'allocazione dinamica (free store). Tali parti, in particolare i contenitori ma non gli algoritmi, non sono idonee per alcune applicazioni fortemente real-time ed embedded. In questi casi, si prenda in considerazione la possibilità di fornire/usare delle strutture simili, p.es., un contenitore simile alla libreria standard implementato con un «pool allocator» [in memoria].

13.1.4 Imposizione

Non facile. ??? Cercare loop disordinati, cicli nidificati, funzioni lunghe, assenza di chiamate di funzione, mancanza di utilizzo di tipi nativi. Complessità ciclomatica?

13.2 ES.2: Preferire astrazioni adatte all'uso diretto delle funzionalità del linguaggio

13.2.1 Motivo

Una «astrazione adatta» (p.es., libreria o classe) è più vicina ai concetti dell'applicazione che al semplice linguaggio, porta ad un codice più breve e più chiaro ed è probabilmente testato meglio.

13.2.2 Esempio

```
vector<string> read1(istream& is)    // good
{
    vector<string> res;
    for (string s; is >> s;)
        res.push_back(s);
    return res;
}
```

Quello equivalente più tradizionale e a livello più basso è più lungo, più disordinato, difficile da correggere, e probabilmente più lento:

```
char** read2(istream& is, int maxelem, int maxstring, int* nread)    // bad
→bad: verbose and incomplete
{
    auto res = new char*[maxelem];
    int elemcount = 0;
    while (is && elemcount < maxelem) {
        auto s = new char[maxstring];
        is.read(s, maxstring);
        res[elemcount++] = s;
    }
    *nread = elemcount;
    return res;
}
```

Una volta aggiunto il controllo per l'overflow e la gestione degli errori questo codice diventa piuttosto disordinato e si verifica il problema di ricordarsi di eseguire il delete del puntatore restituito e delle stringhe C-style che l'array contiene.

13.2.3 Imposizione

Non facile. ??? Cercare loop disordinati, cicli nidificati, funzioni lunghe, assenza di chiamate di funzione, mancanza di utilizzo di tipi nativi. Complessità ciclomatica?

13.3 ES.3: Non ripetersi, evitare codice ridondante

Il codice duplicato o altrimenti ridondante oscura le intenzioni, rende più difficile la comprensione della logica e rende più difficile la manutenzione, oltre ad altri problemi. Spesso deriva dalla programmazione taglia-e-incolla.

Usare gli algoritmi standard dove appropriato, anziché scrivere una propria implementazione.

Vedere anche: *SL.1, ES.11*

13.3.1 Esempio

```
void func(bool flag)    // Bad, duplicated code.
{
    if (flag) {
        x();
        y();
    }
    else {
        x();
        z();
    }
}

void func(bool flag)    // Better, no duplicated code.
{
    x();

    if (flag)
        y();
    else
        z();
}
```

13.3.2 Imposizione

- Usare un analizzatore statico. Intercetterà almeno alcuni costrutti ridondanti.
- Revisione del codice

13.4 ES.dcl: Dichiarazioni

Una dichiarazione è un'istruzione. Una dichiarazione introduce un nome in uno scope e potrebbe causare la costruzione di un oggetto.

13.4.1 ES.5: Tenere gli scope piccoli

Motivo

Leggibilità. Minimizzare la ritenzione delle risorse. Evitare l'abuso accidentale del valore.

Formulazione alternativa: Non dichiarare inutilmente un nome in un grande scope.

Esempio

```
void use()
{
    int i;    // bad: i is needlessly accessible after loop
    for (i = 0; i < 20; ++i) { /* ... */ }
    // no intended use of i here
    for (int i = 0; i < 20; ++i) { /* ... */ } // good: i is local to
    ↪for-loop

    if (auto pc = dynamic_cast<Circle*>(ps)) { // good: pc is local
    ↪to if-statement
        // ... deal with Circle ...
    }
    else {
        // ... handle error ...
    }
}
```

Esempio, cattivo

```
void use(const string& name)
{
    string fn = name + ".txt";
    ifstream is {fn};
    Record r;
    is >> r;
    // ... 200 lines of code without intended use of fn or is ...
}
```

Questa funzione è comunque troppo lunga, ma il punto è che le risorse utilizzate da `fn` e l'handle del file tenuto da `is` vengono conservati per molto più tempo del necessario e quell'uso impreveduto di `is` e `fn` potrebbe avvenire in seguito nella funzione. In questo caso, potrebbe essere una buona idea prendere in considerazione la lettura:

```
Record load_record(const string& name)
{
    string fn = name + ".txt";
    ifstream is {fn};
    Record r;
    is >> r;
    return r;
}

void use(const string& name)
{
    Record r = load_record(name);
    // ... 200 lines of code ...
}
```

Imposizione

- Segnalare una variabile del ciclo dichiarata al di fuori del ciclo e non usata dopo di esso
- Segnalare quando le risorse costose, come gli handle dei file e i lock non vengono usati per N-righe (con un N adatto)

13.4.2 ES.6: Dichiarare i nomi nella parte di inizializzazione e in quella delle condizioni delle istruzioni-for per limitarne lo scope

Motivo

Leggibilità. Limitare la visibilità della variabile allo scope del loop. Evitare di utilizzare la variabile del loop per altri usi dopo il ciclo. Minimizzare la ritenzione delle risorse.

Esempio

```
void use()
{
    for (string s; cin >> s;)
        v.push_back(s);

    for (int i = 0; i < 20; ++i) {    // good: i is local to for-loop
        // ...
    }

    if (auto pc = dynamic_cast<Circle*>(ps)) {    // good: pc is local
    ↪to if-statement
        // ... deal with Circle ...
    }
    else {
        // ... handle error ...
    }
}
```

Esempio, da non fare

```
int j;                                // BAD: j is visible outside the loop
for (j = 0; j < 100; ++j) {
    // ...
}
// j is still visible here and isn't needed
```

Si veda anche: *Non usare una variabile per due usi non correlati*

Imposizione

- Avvisare quando una variabile modificata in un'istruzione `for` è dichiarata esternamente al loop e non viene usata esternamente al ciclo.
- (difficile) Segnalare le variabili dei loop dichiarate prima del ciclo ed usate dopo di esso per un uso non correlato.

Discussione: Racchiudere la variabile del loop nello scope del body del loop aiuta molto gli ottimizzatori. Riconoscere che imporre che la variabile sia accessibile solamente all'interno del body del loop sblocca alcune ottimizzazioni quali l'hoisting [spostare le variabili all'inizio], strength reduction [sostituzione di operazioni onerose con altre più economiche], loop-invariant code motion [spostare istruzioni al di fuori del loop], ecc.

Esempio C++17 e C++20

Nota: C++17 e C++20 hanno anche gli inizializzatori per le istruzioni `if`, `switch`, e `range-for`. Questi richiedono il supporto del C++17 e del C++20.

```
map<int, string> mymap;

if (auto result = mymap.insert(value); result.second) {
    // insert succeeded, and result is valid for this block
    use(result.first); // ok
    // ...
} // result is destroyed here
```

Imposizione C++17 e C++20 (se si usa un compilatore C++17 o C++20)

- Segnalare variabili di selezione/loop dichiarate prima del body e non usate dopo
- (difficile) Segnalare le variabili di selezione/loop dichiarate prima del body ed usate dopo il body per un uso non correlato.

13.4.3 ES.7: Mantenere brevi i nomi comuni e locali mentre quelli meno comuni e non-locali più lunghi

Motivo

Leggibilità. Ridurre la possibilità di conflitti tra nomi non locali non correlati.

Esempio

Nomi locali brevi aumentano la leggibilità:

```
template<typename T>    // good
void print(ostream& os, const vector<T>& v)
{
    for (gsl::index i = 0; i < v.size(); ++i)
        os << v[i] << '\n';
}
```

Un indice è convenzionalmente chiamato `i` e non c'è alcun indizio sul significato del vettore in questa generica funzione, quindi `v` è un nome buono come un altro. Da confrontare con

```
template<typename Element_type> // bad: verbose, hard to read
void print(ostream& target_stream, const vector<Element_type>& current_
    ↪vector)
{
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

for (gsl::index current_element_index = 0;
    current_element_index < current_vector.size();
    ++current_element_index
)
    target_stream << current_vector[current_element_index] << '\n';
}

```

Sì, è una caricatura, ma c'è di peggio.

Esempio

Nomi non-locali corti e non convenzionali in codice criptico:

```

void use1(const string& s)
{
    // ...
    tt(s);    // bad: what is tt()?
    // ...
}

```

Meglio, ci sono nomi leggibili di entità non-locali:

```

void use1(const string& s)
{
    // ...
    trim_tail(s);    // better
    // ...
}

```

Qui, c'è la possibilità che il lettore sappia cosa significa `trim_tail` e che possa ricordarlo dopo averlo cercato.

Esempio, cattivo

I nomi degli argomenti di funzioni grandi sono “de facto” non locali e dovrebbero essere significativi:

```

void complicated_algorithm(vector<Record>& vr, const vector<int>& vi,
    ↪map<string, int>& out)
// read from events in vr (marking used Records) for the indices in
// vi placing (name, index) pairs into out
{
    // ... 500 lines of code using vr, vi, and out ...
}

```

Si raccomanda di mantenere brevi le funzioni, ma quella regola non è universalmente rispettata e la nomenclatura lo dovrebbe rispecchiare.

Imposizione

Controllare la lunghezza dei nomi locali e non. Tenere conto anche della lunghezza della funzione.

13.4.4 ES.8: Evitare similitudini tra i nomi

Motivo

Chiarezza e leggibilità del codice. Nomi troppo simili rallentano la comprensione e aumentano la probabilità di errori.

Esempio, cattivo

```
if (readable(i1 + l1 + o1 + o1 + o0 + o1 + o1 + I0 + l0)) surprise();
```

Esempio, cattivo

Non dichiarare un non-tipo con lo stesso nome di un tipo nello stesso scope. Ciò elimina la necessità di chiarire le ambiguità con una parola chiave come `struct` o `enum`. Rimuove anche una fonte di errori, poiché `struct X` può dichiarare implicitamente `X` se fallisce la ricerca [lookup].

```
struct foo { int n; };  
struct foo foo();      // BAD, foo is a type already in scope  
struct foo x = foo();  // requires disambiguation
```

Eccezione

I file header più antichi potrebbero dichiarare non-tipi e tipi con lo stesso nome nello stesso scope.

Imposizione

- Controllare i nomi rispetto ad un elenco di combinazioni note di lettere e numeri.
- Segnalare una dichiarazione di una variabile, una funzione, o un enumeratore che nasconde una classe o una enumerazione dichiarata nello stesso scope.

13.4.5 ES.9: Evitare nomi TUTTO_IN_MAIUSCOLO

Motivo

Tali nomi sono comunemente usati per le macro. Quindi, i nomi TUTTO_IN_MAIUSCOLO sono vulnerabili alla sostituzione non intenzionale delle macro.

Esempio

```
// somewhere in some header:
#define NE !=

// somewhere else in some other header:
enum Coord { N, NE, NW, S, SE, SW, E, W };

// somewhere third in some poor programmer's .cpp:
switch (direction) {
case N:
    // ...
case NE:
    // ...
// ...
}
```

Nota

Non usare il TUTTO_IN_MAIUSCOLO per le costanti solo perché le macro venivano usate per le costanti.

Imposizione

Segnalare gli usi del TUTTO_IN_MAIUSCOLO. Per il codice più vecchio, accettare il TUTTO_IN_MAIUSCOLO per i nomi delle macro e segnalare i nomi delle macro che non siano in TUTTO_IN_MAIUSCOLO.

13.4.6 ES.10: Dichiarare un (solo) nome per ogni dichiarazione

Motivo

Una dichiarazione per ogni riga aumenta la leggibilità ed evita errori relativi alla grammatica C/C++. Inoltre, lascia spazio a un commento di fine riga più descrittivo.

Esempio, cattivo

```
char *p, c, a[7], *pp[7], **aa[10];    // yuck!
```

Eccezione

Una dichiarazione di funzione può contenere diverse dichiarazioni di argomenti di funzione.

Eccezione

Un'associazione strutturata [structured binding] (C++17) è specificamente progettata per introdurre diverse variabili:

```
auto [iter, inserted] = m.insert_or_assign(k, val);  
if (inserted) { /* new entry was inserted */ }
```

Esempio

```
template<class InputIterator, class Predicate>  
bool any_of(InputIterator first, InputIterator last, Predicate pred);
```

o meglio usando i concetti:

```
bool any_of(input_iterator auto first, input_iterator auto last,  
↳ predicate auto pred);
```

Esempio

```
double scalbn(double x, int n);    // OK: x * pow(FLT_RADIX, n); FLT_  
↳ RADIX is usually 2
```

o:

```
double scalbn(    // better: x * pow(FLT_RADIX, n); FLT_RADIX is u
    ↪usually 2
    double x,    // base value
    int n        // exponent
);
```

o:

```
// better: base * pow(FLT_RADIX, exponent); FLT_RADIX is usually 2
double scalbn(double base, int exponent);
```

Esempio

```
int a = 10, b = 11, c = 12, d, e = 14, f = 15;
```

In un lungo elenco di dichiaratori, è facile trascurare una variabile non inizializzata.

Imposizione

Segnalare le dichiarazioni di variabili o costanti con dichiaratori multipli (p.es., `int* p, q;`)

13.4.7 ES.11: Usare auto per evitare la ripetizione ridondante del nome dei tipi

Motivo

- La semplice ripetizione è noiosa e soggetta a errori.
- Quando si usa `auto`, il nome dell'entità dichiarata si trova in una posizione fissa nella dichiarazione, aumentando la leggibilità.
- In una dichiarazione di una funzione template il tipo di ritorno può essere un tipo membro.

Esempio

Si consideri:

```
auto p = v.begin();    // vector<DataRecord>::iterator
auto z1 = v[3];        // makes copy of DataRecord
auto& z2 = v[3];       // avoids copy
const auto& z3 = v[3];  // const and avoids copy
auto h = t.future();
auto q = make_unique<int[]>(s);
auto f = [](int x) { return x + 10; };
```

In ciascun caso, ci si risparmia la scrittura di un tipo lungo e difficile da ricordare che il compilatore già conosce ma che un programmatore potrebbe scrivere in modo sbagliato.

Esempio

```
template<class T>
auto Container<T>::first() -> Iterator;    // Container<T>::Iterator
```

Eccezione

Evitare auto per gli elenchi di inizializzatori e nei casi in cui si conosce esattamente quale tipo si vuole e dove un inizializzatore potrebbe richiedere una conversione.

Esempio

```
auto lst = { 1, 2, 3 };    // lst is an initializer list
auto x{1};    // x is an int (in C++17; initializer_list in C++11)
```

Nota

A partire dal C++20, possiamo (e dovremmo) usare i concetti per essere più specifici sul tipo che stiamo deducendo:

```
// ...
forward_iterator auto p = algo(x, y, z);
```

Esempio (C++17)

```
std::set<int> values;
// ...
auto [ position, newly_inserted ] = values.insert(5);    // break out.
↪ the members of the std::pair
```

Imposizione

Segnalare la ripetizione ridondante dei nomi dei tipi in una dichiarazione.

13.4.8 ES.12: Non riutilizzare i nomi all'interno di scope annidati

Motivo

È facile confondersi su quale variabile venga utilizzata. Può causare problemi di manutenzione.

Esempio, cattivo

```
int d = 0;
// ...
if (cond) {
    // ...
    d = 9;
    // ...
}
else {
    // ...
    int d = 7;
    // ...
    d = value_to_be_returned;
    // ...
}

return d;
```

Se questa è una grande istruzione `if`, è facile trascurare il fatto che una nuova `d` è stata introdotta nello scope più interno. Questa è una nota fonte di bug. Talvolta tale riutilizzo di un nome in uno scope interno è detto «shadowing».

Nota

Lo shadowing è un problema principalmente quando le funzioni sono troppo grandi e troppo complesse.

Esempio

Lo shadowing degli argomenti di una funzione nel blocco più esterno è impedito dal linguaggio:

```
void f(int x)
{
    int x = 4;  // error: reuse of function argument name

    if (x) {
        int x = 7;  // allowed, but bad
        // ...
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
}  
}
```

Esempio, cattivo

Anche il riutilizzo del nome di un membro come una variabile locale può essere un problema:

```
struct S {  
    int m;  
    void f(int x);  
};  
  
void S::f(int x)  
{  
    m = 7;    // assign to member  
    if (x) {  
        int m = 9;  
        // ...  
        m = 99; // assign to local variable  
        // ...  
    }  
}
```

Eccezione

Spesso si riutilizzano i nomi delle funzioni di una classe base in una classe derivata:

```
struct B {  
    void f(int);  
};  
  
struct D : B {  
    void f(double);  
    using B::f;  
};
```

Questo è fonte di errori. Ad esempio, se avessimo dimenticato la dichiarazione di using, una chiamata a `d.f(1)` non avrebbe trovato la versione `int` di `f`.

??? C'è la necessità di una regola specifica per lo shadowing/hiding nelle gerarchie delle classi?

Imposizione

- Segnalare il riutilizzo di un nome negli scope locali nidificati
- Segnalare il riutilizzo di un nome di un membro come variabile locale in una funzione membro
- Segnalare il riutilizzo di un nome globale come variabile locale o il nome di un membro
- Segnalare il riutilizzo di un nome di un membro di una classe base in una classe derivata (ad eccezione dei nomi delle funzioni)

13.4.9 ES.20: Inizializzare sempre un oggetto

Motivo

Evitare errori usato-prima-della-assegnazione e l'associato comportamento indefinito. Evitare i problemi di comprensione di una inizializzazione complessa. Semplificare il refactoring.

Esempio

```
void use(int arg)
{
    int i;    // bad: uninitialized variable
    // ...
    i = 7;    // initialize i
}
```

No, `i = 7` non inizializza `i`; lo assegna. Inoltre, `i` può essere letto nella parte `...` Meglio:

```
void use(int arg)    // OK
{
    int i = 7;        // OK: initialized
    string s;         // OK: default initialized
    // ...
}
```

Nota

La regola *inizializzare sempre* è deliberatamente più forte della regola del linguaggio *un oggetto deve essere inizializzato prima di essere usato*. Quest'ultima regola, più rilassata, rileva i bug tecnici, ma:

- Porta a un codice meno leggibile
- Incoraggia a dichiarare i nomi in scope più ampi del necessario
- Porta ad una più difficile lettura del codice

- Porta a bug logici incoraggiando un codice complesso
- Ostacola il refactoring

La regola *inizializzare sempre* è una regola di stile volta a migliorare la manutenibilità, nonché è una regola che protegge dagli errori usato-prima-della-assegnazione.

Esempio

Ecco un esempio che viene spesso considerato per dimostrare la necessità di una regola più rilassata per l'inizializzazione

```
widget i;    // "widget" a type that's expensive to initialize,
↳possibly a large trivial type
widget j;

if (cond) {  // bad: i and j are initialized "late"
    i = f1();
    j = f2();
}
else {
    i = f3();
    j = f4();
}
```

Questo non può essere banalmente riscritto per inizializzare *i* e *j* con gli inizializzatori. Si noti che per i tipi con un costruttore di default, il tentativo di posticipare l'inizializzazione porta semplicemente a una inizializzazione di default seguita da una assegnazione. Una popolare motivazione per questi esempi è «l'efficienza», ma un compilatore che possa rilevare se si è incappati in un errore usato-prima-della-assegnazione può anche eliminare ogni ridondante inizializzazione duplicata.

Supponendo che vi sia una connessione logica tra *i* e *j*, tale connessione dovrebbe probabilmente essere espressa nel codice:

```
pair<widget, widget> make_related_widgets(bool x)
{
    return (x) ? {f1(), f2()} : {f3(), f4()};
}

auto [i, j] = make_related_widgets(cond);    // C++17
```

Se la funzione `make_related_widgets` è altrimenti ridondante, possiamo eliminarla usando una lambda ES.28:

```
auto [i, j] = [x] { return (x) ? pair{f1(), f2()} : pair{f3(), f4()} }
↳();    // C++17
```

L'uso di un valore che rappresenta il «non-inizializzato» è un sintomo di un problema e non una soluzione:

```
widget i = uninit; // bad
widget j = uninit;

// ...
use(i);           // possibly used before set
// ...

if (cond) {       // bad: i and j are initialized "late"
    i = f1();
    j = f2();
}
else {
    i = f3();
    j = f4();
}
```

Ora il compilatore non può nemmeno semplicemente rilevare un usato-prima-della-assegnazione. Inoltre, abbiamo introdotto una complessità nello spazio degli stati per il widget: quali operazioni sono valide su un widget `uninit` e quali no?

Nota

L'inizializzazione complessa è stata popolare per decenni con i programmatori più abili. È stata anche una delle principali fonti di errori e complessità. Molti di questi errori vengono introdotti durante gli anni di manutenzione dopo l'implementazione iniziale.

Esempio

Questa regola riguarda i dati membri.

```
class X {
public:
    X(int i, int ci) : m2{i}, cm2{ci} {}
    // ...

private:
    int m1 = 7;
    int m2;
    int m3;

    const int cm1 = 7;
    const int cm2;
    const int cm3;
};
```

Il compilatore segnala il cm3 non inizializzato perché è un const, ma non rileva l'assenza di inizializzazione di m3. Di solito, una rara inizializzazione del membro spurio giustifica l'assenza di errori per la mancanza di inizializzazione e spesso un ottimizzatore può eliminare un'inizializzazione ridondante (p.es., un'inizializzazione che si verifica immediatamente prima di un'assegnazione).

Eccezione

Se si sta dichiarando un oggetto che sta per essere inizializzato dall'input, l'inizializzazione causerebbe una doppia inizializzazione. Tuttavia, si tenga presente che ciò potrebbe lasciare dati non inizializzati dopo l'input – cosa che è stata una fertile fonte di errori e violazioni della sicurezza:

```
constexpr int max = 8 * 1024;
int buf[max];           // OK, but suspicious: uninitialized
f.read(buf, max);
```

Il costo di inizializzazione di tale array potrebbe essere significativo in alcune situazioni. Tuttavia, tali esempi tendono a lasciare accessibili le variabili non iniziate, quindi dovrebbero essere trattate con sospetto.

```
constexpr int max = 8 * 1024;
int buf[max] = {};      // zero all elements; better in some situations
f.read(buf, max);
```

A causa delle regole di inizializzazione restrittive per gli array e `std::array`, offrono gli esempi più convincenti della necessità di questa eccezione.

Se possibile, utilizzare una funzione di libreria nota per non andare in overflow. Per esempio:

```
string s;    // s is default initialized to ""
cin >> s;    // s expands to hold the string
```

Non considerare le variabili semplici che sono oggetto delle operazioni di input come eccezioni a questa regola:

```
int i;    // bad
// ...
cin >> i;
```

Nel caso non raro in cui gli oggetti dell'input e le operazioni di input sono separate (come non dovrebbero essere) sorge la possibilità dell'usato-prima-della-assegnazione.

```
int i2 = 0;    // better, assuming that zero is an acceptable value for
→i2
// ...
cin >> i2;
```

Un buon ottimizzatore dovrebbe conoscere le operazioni di input ed eliminare l'operazione ridondante.

Nota

A volte, una lambda può essere utilizzata come inizializzatore per evitare una variabile non inizializzata:

```
error_code ec;
Value v = [&] {
    auto p = get_value(); // get_value() returns a pair<error_code,
    ↪Value>
    ec = p.first;
    return p.second;
}();
```

o forse:

```
Value v = [] {
    auto p = get_value(); // get_value() returns a pair<error_code,
    ↪Value>
    if (p.first) throw Bad_value{p.first};
    return p.second;
}();
```

Si veda anche: *ES.28*

Imposizione

- Segnalare ogni variabile non inizializzata. Non segnalare le variabili dei tipi user-defined con costruttori di default.
- Controllare che un buffer non inizializzato venga scritto *immediatamente* dopo la dichiarazione. Il passaggio di una variabile non inizializzata come riferimento ad un argomento non-const può essere considerato come una scrittura nella variabile.

13.4.10 ES.21: Non introdurre una variabile (o una costante) prima che ne sia necessario l'uso

Motivo

Leggibilità. Per limitare lo scope in cui si può usare la variabile.

Esempio

```
int x = 7;
// ... no use of x here ...
++x;
```

Imposizione

Segnalare le dichiarazioni che sono distanti dal loro primo utilizzo.

13.4.11 ES.22: Non dichiarare una variabile fin quando non si abbia un valore con cui inizializzarla

Motivo

Leggibilità. Limitare lo scope in cui sia possibile usare una variabile. Per non rischiare l'usato-prima-della-assegnazione. L'inizializzazione è spesso più efficiente dell'assegnazione.

Esempio, cattivo

```
string s;
// ... no use of s here ...
s = "what a waste";
```

Esempio, cattivo

```
SomeLargeType var; // Hard-to-read CaMeLcAsEvArIaBlE

if (cond) // some non-trivial condition
    Set(&var);
else if (cond2 || !cond3) {
    var = Set2(3.14);
}
else {
    var = 0;
    for (auto& e : something)
        var += e;
}

// use var; that this isn't done too early can be enforced statically.
→with only control flow
```

Questo andrebbe bene se ci fosse un'inizializzazione di default per `SomeLargeType` che non fosse troppo costosa. Altrimenti, un programmatore potrebbe benissimo chiedersi se sia stato coperto ogni possibile percorso attraverso la rete delle condizioni. In caso contrario, abbiamo un bug «usato-prima-della-assegnazione». Questa è una trappola per la manutenzione.

Per gli inizializzatori di moderata complessità, comprese le variabili `const`, si prenda in considerazione l'uso di una lambda per definire l'inizializzatore; cfr. *ES.28*.

Imposizione

- Segnalare le dichiarazioni con inizializzazione di default che vengono assegnate prima di essere lette.
- Segnalare qualsiasi calcolo complicato dopo una variabile non inizializzata e prima che sia usata.

13.4.12 ES.23: Preferire la sintassi di inizializzazione {}

Motivo

Preferire {}. Le regole per l'inizializzazione {} sono più semplici, più generali, meno ambigue e più sicure delle altre forme di inizializzazione.

Usare = solo quando si è sicuri che non ci possano essere conversioni «narrowing». Per i tipi aritmetici nativi, usare = solo con auto.

Evitare l'inizializzazione (), che dà adito ad ambiguità nel parser.

Esempio

```
int x {f(99)};
int y = x;
vector<int> v = {1, 2, 3, 4, 5, 6};
```

Eccezione

Per i contenitori, esiste una tradizione sull'uso di {...} per un elenco di elementi e (...) per le dimensioni:

```
vector<int> v1(10);    // vector of 10 elements with the default value.
↪0
vector<int> v2{10};    // vector of 1 element with the value 10

vector<int> v3(1, 2);  // vector of 1 element with the value 2
vector<int> v4{1, 2};  // vector of 2 elements with the values 1 and 2
```

Nota

Gli inizializzatori `{}` non consentono le conversioni «narrowing» (e questo di solito è una cosa buona) e permettono i costruttori espliciti (il che va bene, si sta inizializzando intenzionalmente una nuova variabile).

Esempio

```
int x {7.9};    // error: narrowing
int y = 7.9;    // OK: y becomes 7. Hope for a compiler warning
int z {gsl::narrow_cast<int>(7.9)};    // OK: you asked for it
auto zz = gsl::narrow_cast<int>(7.9);    // OK: you asked for it
```

Nota

L'inizializzazione `{}` si può usare per quasi tutte le inizializzazioni; non le altre forme di inizializzazione:

```
auto p = new vector<int> {1, 2, 3, 4, 5};    // initialized vector
D::D(int a, int b) :m{a, b} {    // member initializer (e.g., m might
    ↪ be a pair)
    // ...
};
X var {};    // initialize var to be empty
struct S {
    int m {7};    // default initializer for a member
    // ...
};
```

Per questo motivo, l'inizializzazione `{}` è spesso chiamata «inizializzazione uniforme» (sebbene purtroppo siano rimaste alcune irregolarità).

Nota

L'inizializzazione di una variabile dichiarata usando `auto` con un singolo valore, ad esempio, `{v}`, ha avuto risultati a sorpresa fino al C++17. Le regole del C++17 sono meno aleatorie:

```
auto x1 {7};    // x1 is an int with the value 7
auto x2 = {7};    // x2 is an initializer_list<int> with an element 7

auto x11 {7, 8};    // error: two initializers
auto x22 = {7, 8};    // x22 is an initializer_list<int> with elements 7
    ↪ and 8
```

Usare `={...}` se si vuole veramente una `initializer_list<T>`


```
auto fib10 = {1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55}; // fib10 is a list
```

Nota

={} dà un’inizializzazione copia mentre {} dà un’inizializzazione diretta. Similmente alla stessa distinzione tra l’inizializzazione-copia e l’inizializzazione-diretta, ciò può portare a delle sorprese. {} accetta costruttori `explicit`; ={} no. Per esempio:

```
struct Z { explicit Z() {} };

Z z1{}; // OK: direct initialization, so we use explicit_
↳constructor
Z z2 = {}; // error: copy initialization, so we cannot use the_
↳explicit constructor
```

Usare la semplice inizializzazione-{} a meno che non si desiderino disabilitare esplicitamente i costruttori.

Esempio

```
template<typename T>
void f()
{
    T x1(1); // T initialized with 1
    T x0(); // bad: function declaration (often a mistake)

    T y1 {1}; // T initialized with 1
    T y0 {}; // default initialized T
    // ...
}
```

Si veda anche: *Discussione*

Imposizione

- Segnalare l’uso di = per inizializzare i tipi aritmetici in cui si verifica il «narrowing».
- Segnalare gli usi della sintassi di inizializzazione () che sono in realtà delle dichiarazioni. (Molti compilatori dovrebbero già segnalarlo).

13.4.13 ES.24: Usare un `unique_ptr<T>` per contenere i puntatori

Motivo

L'uso di `std::unique_ptr` è il modo più semplice per evirare «leak». È affidabile, fa sì che il sistema di tipi faccia gran parte del lavoro per convalidare la sicurezza della proprietà [ownership], aumenta la leggibilità e ha costi a runtime pari a zero o quasi zero.

Esempio

```
void use(bool leak)
{
    auto p1 = make_unique<int>(7);    // OK
    int* p2 = new int{7};              // bad: might leak
    // ... no assignment to p2 ...
    if (leak) return;
    // ... no assignment to p2 ...
    vector<int> v(7);
    v.at(7) = 0;                      // exception thrown
    delete p2;                        // too late to prevent leaks
    // ...
}
```

Se `leak == true` l'oggetto puntato da `p2` è perso [leak] e l'oggetto puntato da `p1` non lo è. Lo stesso vale quando `at()` solleva un errore. In entrambi i casi, l'istruzione `delete p2` non viene raggiunta.

Imposizione

Si cercano i puntatori che siano destinatari di `new`, `malloc()` e le funzioni che potrebbero restituire tali puntatori.

13.4.14 ES.25: Dichiarare un oggetto `const` o `constexpr` a meno che non se ne voglia, in seguito, modificare il valore

Motivo

In questo modo non è possibile modificare il valore per errore. In questo modo si potrebbe dare opportunità di ottimizzazione del compilatore.

Esempio

```
void f(int n)
{
    const int bufmax = 2 * n + 2; // good: we can't change bufmax by
    ↪accident
    int xmax = n;                // suspicious: is xmax intended to
    ↪change?
    // ...
}
```

Imposizione

Cercare se una variabile viene effettivamente mutata e la segnala se non lo è. Sfortunatamente, potrebbe essere impossibile rilevare quando una non-const non era *destinata* a cambiare (rispetto a quando semplicemente non è stata variata).

13.4.15 ES.26: Non usare una variabile per due usi non correlati

Motivo

Leggibilità e sicurezza.

Esempio, cattivo

```
void use()
{
    int i;
    for (i = 0; i < 20; ++i) { /* ... */ }
    for (i = 0; i < 200; ++i) { /* ... */ } // bad: i recycled
}
```

Nota

Come ottimizzazione, si potrebbe voler ri-utilizzare un buffer come un block-note, ma anche in questo caso si preferisca limitare lo “scope” della variabile il più possibile e si faccia attenzione a non provocare bug dai dati lasciati in un buffer riciclato in quanto questa è una comune sorgente di bug sulla sicurezza.

```
void write_to_file()
{
    std::string buffer;                // to avoid reallocations on every
    ↪loop iteration
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
for (auto& o : objects) {  
    // First part of the work.  
    generate_first_string(buffer, o);  
    write_to_file(buffer);  
  
    // Second part of the work.  
    generate_second_string(buffer, o);  
    write_to_file(buffer);  
  
    // etc...  
}  
}
```

Imposizione

Segnalare le variabili riciclate.

13.4.16 ES.27: Usare `std::array` o `stack_array` per gli array sullo stack

Motivo

Sono leggibili e non implicitamente convertiti in puntatori. Non vengono confusi con le estensioni non-standard degli array nativi [built-in].

Esempio, cattivo

```
const int n = 7;  
int m = 9;  
  
void f()  
{  
    int a1[n];  
    int a2[m];    // error: not ISO C++  
    // ...  
}
```

Nota

La definizione di `a1` è C++ legale e c'è sempre stata. C'è molto codice come questo. Tuttavia, è soggetto a errori, soprattutto quando la dimensione `[bound]` non è locale. Inoltre, è una fonte «popolare» di errori (overflow del buffer, puntatori dalla conversione `[decay]` degli array, ecc.). La definizione di `a2` è C ma non C++ ed è considerato un rischio per la sicurezza

Esempio

```
const int n = 7;
int m = 9;

void f()
{
    array<int, n> a1;
    stack_array<int> a2(m);
    // ...
}
```

Imposizione

- Segnalare gli array con dimensioni `[bound]` non-costanti (VLA [Variable Length Array] del C)
- Segnalare gli array con dimensioni costanti non-locali

13.4.17 ES.28: Usare le lambda per delle inizializzazioni complesse, specialmente di variabili `const`

Motivo

Incapsula bene l'inizializzazione locale, inclusa la pulizia delle variabili necessaria solo per l'inizializzazione, senza la necessità di creare una funzione non locale e non riutilizzabile. Funziona anche con variabili che dovrebbero essere `const` ma solo dopo alcune operazioni di inizializzazione.

Esempio, cattivo

```
widget x;    // should be const, but:
for (auto i = 2; i <= N; ++i) {           // this could be some
    x += some_obj.do_something_with(i);    // arbitrarily long code
}                                           // needed to initialize x
// from here, x should be const, but we can't say so in code in this.
→style
```

Esempio, buono

```
const widget x = [&] {
    widget val;                               // assume that widget.
→has a default constructor
    for (auto i = 2; i <= N; ++i) {           // this could be some
        val += some_obj.do_something_with(i); // arbitrarily long code
    }                                         // needed to initialize.
→x
    return val;
}();
```

Se possibile, si riducano le condizioni ad un semplice insieme di alternative (p.es., un `enum`) e non si confonda la selezione con l'inizializzazione.

Imposizione

Difficile. Nel migliore dei casi è una euristica. Cercare una variabile non inizializzata seguita da un ciclo in cui la si assegna.

13.4.18 ES.30: Non usare le macro per manipolare il testo del programma

Motivo

Le macro sono una delle principali fonti di bug. Le macro non obbediscono alle normali regole di scope e dei tipi. Le macro fanno sì che il lettore umano veda qualcosa di diverso da ciò che vede il compilatore. Le macro complicano gli strumenti di building.

Esempio, cattivo

```
#define Case break; case    /* BAD */
```

Questa macro dall'aspetto innocuo trasforma una singola c minuscola invece di una C in un brutto bug sul controllo del flusso.

Nota

Questa regola non vieta l'uso delle macro per il «controllo della configurazione» usate negli `#ifdef`, ecc.

In futuro, è probabile che i moduli eliminino la necessità di macro nel controllo della configurazione.

Nota

Questa regola ha lo scopo di scoraggiare anche l'uso di `#` per la «stringification» e di `##` per la concatenazione. Come è solito per le macro, ci sono usi «per lo più innocui», ma anche questi possono creare problemi a tool, come i «completatori» automatici, gli analizzatori statici, e i debugger. Spesso il desiderio di utilizzare macro fantasiose è un segno di un design troppo complesso. Inoltre, `#` e `##` incoraggiano la definizione e l'uso delle macro:

```
#define CAT(a, b) a ## b
#define STRINGIFY(a) #a

void f(int x, int y)
{
    string CAT(x, y) = "asdf";    // BAD: hard for tools to handle (and
    ↪ugly)
    string sx2 = STRINGIFY(x);
    // ...
}
```

Esistono soluzioni alternative per la gestione delle stringhe di basso livello utilizzando le macro. Per esempio:

```
enum E { a, b };

template<int x>
constexpr const char* stringify()
{
    switch (x) {
        case a: return "a";
        case b: return "b";
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void f()
{
    string s1 = stringify<a>();
    string s2 = stringify<b>();
    // ...
}
```

Questo non è conveniente come una macro da definire, ma altrettanto facile da usare, ha zero overhead ed è tipizzato e ha uno scope.

In futuro, è probabile che la riflessione statica [static reflection] elimini gli ultimi bisogni del preprocessore per la manipolazione del testo del programma.

Imposizione

Ci si allarmi quando si vede una macro che non sia usata per il controllo del sorgente (p.es., `#ifdef`)

13.4.19 ES.31: Non usare le macro per le costanti o le «funzioni»

Motivo

Le macro sono una delle principali fonti di bug. Le macro non obbediscono alle normali regole di scope e dei tipi. Le macro non obbediscono alle solite regole per il passaggio degli argomenti. Le macro fanno sì che il lettore umano veda qualcosa di diverso da ciò che vede il compilatore. Le macro complicano gli strumenti di building.

Esempio, cattivo

```
#define PI 3.14
#define SQUARE(a, b) (a * b)
```

Anche se non avessimo lasciato un ben noto bug in `SQUARE` ci sono corrette alternative molto migliori; per esempio:

```
constexpr double pi = 3.14;
template<typename T> T square(T a, T b) { return a * b; }
```


Imposizione

Ci si allarmi quando si vede una macro che non sia usata per il controllo del sorgente (p.es., #ifdef)

13.4.20 ES.32: Usare il TUTTO_IN_MAIUSCOLO per tutti i nomi delle macro

Motivo

Convenzione. Leggibilità. Distinzione delle macro.

Esempio

```
#define forever for (;;)    /* very BAD */  
  
#define FOREVER for (;;)    /* Still evil, but at least visible to ↵  
↵ humans */
```

Imposizione

Ci si allarmi quando si vede una macro in minuscolo.

13.4.21 ES.33: Se è necessario usare le macro, dargli dei nomi univoci

Motivo

Le macro non obbediscono alle regole dello scope.

Esempio

```
#define MYCHAR            /* BAD, will eventually clash with someone else  
↵ 's MYCHAR*/  
  
#define ZCORP_CHAR        /* Still evil, but less likely to clash */
```

Nota

Evitare le macro se possibile: *ES.30*, *ES.31* e *ES.32*. Tuttavia, ci sono miliardi di righe di codice disseminate di macro e una lunga tradizione sull'uso e sull'abuso delle macro. Se si è costretti a utilizzare le macro, si utilizzino nomi lunghi e prefissi possibilmente univoci (ad esempio, il nome della propria organizzazione) per ridurre la probabilità di un conflitto.

Imposizione

Emettere un warning sui nomi di macro troppo brevi.

13.4.22 ES.34: Non definire una funzione variadica (C-style)

Motivo

Non è «type safe». Richiede un codice disordinato per il-cast-e-pieno-di-macro per funzionare correttamente.

Esempio

```
#include <cstdarg>

// "severity" followed by a zero-terminated list of char*s; write the
→C-style strings to cerr
void error(int severity ...)
{
    va_list ap;                // a magic type for holding arguments
    va_start(ap, severity);    // arg startup: "severity" is the first
→argument of error()

    for (;;) {
        // treat the next var as a char*; no checking: a cast in
→disguise
        char* p = va_arg(ap, char*);
        if (!p) break;
        cerr << p << ' ';
    }

    va_end(ap);                // arg cleanup (don't forget this)

    cerr << '\n';
    if (severity) exit(severity);
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

void use()
{
    error(7, "this", "is", "an", "error", nullptr);
    error(7); // crash
    error(7, "this", "is", "an", "error"); // crash
    const char* is = "is";
    string an = "an";
    error(7, "this", is, an, "error"); // crash
}

```

Alternativa: L'overloading. I template. I template variadici.

```

#include <iostream>

void error(int severity)
{
    std::cerr << '\n';
    std::exit(severity);
}

template<typename T, typename... Ts>
constexpr void error(int severity, T head, Ts... tail)
{
    std::cerr << head;
    error(severity, tail...);
}

void use()
{
    error(7); // No crash!
    error(5, "this", "is", "not", "an", "error"); // No crash!

    std::string an = "an";
    error(7, "this", "is", "not", an, "error"); // No crash!

    error(5, "oh", "no", nullptr); // Compile error! No need for
    ↪ nullptr.
}

```

Nota

Questo è fondamentalmente il modo in cui è implementato `printf`.

Imposizione

- Segnalare le definizioni in stile C delle funzioni variadiche.
- Segnalare `#include <cstdarg>` e `#include <stdarg.h>`

13.5 ES.expr: Espressioni

Le espressioni cambiano i valori.

13.5.1 ES.40: Evitare espressioni complicate

Motivo

Le espressioni complicate sono soggette a errori.

Esempio

```
// bad: assignment hidden in subexpression
while ((c = getc()) != -1)

// bad: two non-local variables assigned in sub-expressions
while ((cin >> c1, cin >> c2), c1 == c2)

// better, but possibly still too complicated
for (char c1, c2; cin >> c1 >> c2 && c1 == c2;)

// OK: if i and j are not aliased
int x = ++i + ++j;

// OK: if i != j and i != k
v[i] = v[j] + v[k];

// bad: multiple assignments "hidden" in subexpressions
x = a + (b = f()) + (c = g()) * 7;

// bad: relies on commonly misunderstood precedence rules
x = a & b + c * d && e ^ f == 7;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// bad: undefined behavior
x = x++ + x++ + ++x;
```

Alcune di queste espressioni sono incondizionatamente cattive (p.es., si basano su comportamenti indefiniti). Altre sono semplicemente così complicate e/o insolite che persino i bravi programmatori potrebbero fraintenderle o trascurare un problema nella fretta.

Nota

Il C++17 inasprisce le regole per l'ordine di valutazione (da sinistra a destra, tranne da destra a sinistra nelle assegnazioni, e l'ordine di valutazione degli argomenti della funzione non è specificato; *cfr. ES.43*), ma ciò non cambia il fatto che le espressioni complicate sono potenzialmente confuse.

Nota

Un programmatore dovrebbe conoscere e utilizzare le regole di base per le espressioni.

Esempio

```
x = k * y + z;           // OK

auto t1 = k * y;         // bad: unnecessarily verbose
x = t1 + z;

if (0 <= x && x < max)    // OK

auto t1 = 0 <= x;         // bad: unnecessarily verbose
auto t2 = x < max;
if (t1 && t2)             // ...
```

Imposizione

Difficile. Quanto complicata deve essere un'espressione per essere considerata complicata? Anche scrivere calcoli come dichiarazioni con una sola operazione è fonte di confusione. Cose da considerare:

- effetti collaterali: gli effetti collaterali su più variabili non locali (per qualche definizione di non locale) possono insospettire, specialmente se gli effetti collaterali sono in sottoespressioni separate
- scrive su variabili con alias [aliased]
- più di N operatori (e quanto dovrebbe valere N?)

- dipendenza da sottili regole di precedenza
- usa un comportamento indefinito (possiamo capire tutto il comportamento indefinito?)
- comportamento definito dall'implementazione?
- ???

13.5.2 ES.41: In caso di dubbio sulla precedenza degli operatori, usare le parentesi

Motivo

Evitare errori. Leggibilità. Non tutti ricordano a memoria la tabella degli operatori.

Esempio

```
const unsigned int flag = 2;
unsigned int a = flag;

if (a & flag != 0) // bad: means a&(flag != 0)
```

Nota: Si raccomanda ai programmatori di prendere visione della tabella delle precedenze per le operazioni aritmetiche, quella delle operazioni logiche, ma si prenda in considerazione di mescolare le operazioni logiche bit a bit con gli altri operatori che necessitano delle parentesi.

```
if ((a & flag) != 0) // OK: works as intended
```

Nota

Si dovrebbe essere abbastanza esperti da non aver bisogno delle parentesi per:

```
if (a < 0 || a <= max) {
    // ...
}
```

Imposizione

- Segnalare le combinazioni di operazioni logiche con altri operatori.
- Segnalare gli operatori di assegnazioni non come un operatore all'estrema sinistra.
- ???

13.5.3 ES.42: Usare in modo semplice e diretto i puntatori

Motivo

La gestione dei puntatori complicati è una delle principali fonti di errori.

Nota

Usare, invece, `gsl::span`. I puntatori dovrebbero *fare riferimento solo a singoli oggetti*. L'aritmetica dei puntatori è fragile e facile da sbagliare, la fonte di molti, molti bug e violazioni della sicurezza. `span` è un tipo sicuro, col controllo dei limiti [bounds-checked], per l'accesso ai dati degli array. L'accesso a un array con limiti noti che utilizza una costante come indice può essere convalidato dal compilatore.

Esempio, cattivo

```
void f(int* p, int count)
{
    if (count < 2) return;

    int* q = p + 1;    // BAD

    ptrdiff_t d;
    int n;
    d = (p - &n);      // OK
    d = (q - p);       // OK

    int n = *p++;      // BAD

    if (count < 6) return;

    p[4] = 1;          // BAD

    p[count - 1] = 2;  // BAD

    use(&p[0], 3);     // BAD
}
```

Esempio, buono

```
void f(span<int> a) // BETTER: use span in the function declaration
{
    if (a.size() < 2) return;

    int n = a[0];      // OK

    span<int> q = a.subspan(1); // OK

    if (a.size() < 6) return;

    a[4] = 1;          // OK

    a[a.size() - 1] = 2; // OK

    use(a.data(), 3);  // OK
}
```

Nota

L'indicizzazione tramite una variabile è difficile da convalidare sia per i tool che per gli umani. `span` è un tipo sicuro, col controllo dei limiti [bounds-checked], per l'accesso ai dati degli array. `at()` è un'ulteriore alternativa che garantisce che i singoli accessi controllino i limiti. Se sono necessari iteratori per accedere a un array, utilizzare gli iteratori da uno `span` costruito sull'array.

Esempio, cattivo

```
void f(array<int, 10> a, int pos)
{
    a[pos / 2] = 1; // BAD
    a[pos - 1] = 2; // BAD
    a[-1] = 3;      // BAD (but easily caught by tools) -- no
    ↪replacement, just don't do this
    a[10] = 4;      // BAD (but easily caught by tools) -- no
    ↪replacement, just don't do this
}
```


Esempio, buono

Usare uno span:

```
void f1(span<int, 10> a, int pos) // A1: Change parameter type to use _
→span
{
    a[pos / 2] = 1; // OK
    a[pos - 1] = 2; // OK
}

void f2(array<int, 10> arr, int pos) // A2: Add local span and use that
{
    span<int> a = {arr.data(), pos};
    a[pos / 2] = 1; // OK
    a[pos - 1] = 2; // OK
}
```

Usare at():

```
void f3(array<int, 10> a, int pos) // ALTERNATIVE B: Use at() for _
→access
{
    at(a, pos / 2) = 1; // OK
    at(a, pos - 1) = 2; // OK
}
```

Esempio, cattivo

```
void f()
{
    int arr[COUNT];
    for (int i = 0; i < COUNT; ++i)
        arr[i] = i; // BAD, cannot use non-constant indexer
}
```

Esempio, buono

Usare uno span:

```
void f1()
{
    int arr[COUNT];
    span<int> av = arr;
    for (int i = 0; i < COUNT; ++i)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
    av[i] = i;
}
```

Usare uno span e range-for:

```
void f1a()
{
    int arr[COUNT];
    span<int, COUNT> av = arr;
    int i = 0;
    for (auto& e : av)
        e = i++;
}
```

Usare at() per l'accesso:

```
void f2()
{
    int arr[COUNT];
    for (int i = 0; i < COUNT; ++i)
        at(arr, i) = i;
}
```

Usare un range-for:

```
void f3()
{
    int arr[COUNT];
    int i = 0;
    for (auto& e : arr)
        e = i++;
}
```

Nota

I tool possono proporre una riscrittura degli accessi agli array che implichi, invece, l'uso di espressioni di indici dinamici at():

```
static int a[10];

void f(int i, int j)
{
    a[i + j] = 12;      // BAD, could be rewritten as ...
    at(a, i + j) = 12;  // OK -- bounds-checked
}
```

Esempio

Trasformare un array in un puntatore (come essenzialmente fa sempre il linguaggio) toglie la possibilità di controllare i limiti, quindi lo si eviti

```
void g(int* p);

void f()
{
    int a[5];
    g(a);           // BAD: are we trying to pass an array?
    g(&a[0]);       // OK: passing one object
}
```

Se si vuole passare un array, diciamo:

```
void g(int* p, size_t length); // old (dangerous) code

void g1(span<int> av); // BETTER: get g() changed.

void f2()
{
    int a[5];
    span<int> av = a;

    g(av.data(), av.size()); // OK, if you have no choice
    g1(a);                  // OK -- no decay here, instead use _
    →implicit span ctor
}
```

Imposizione

- Segnalare qualsiasi operazione aritmetica su un'espressione di tipo puntatore che dia come risultato un valore di tipo puntatore.
- Segnalare qualsiasi espressione di indicizzazione su un'espressione o una variabile di tipo array (sia un array statico che uno `std::array`) in cui l'indicizzatore non è un'espressione costante in fase di compilazione con un valore compreso tra 0 e il limite superiore dell'array.
- Segnalare qualsiasi espressione che si baserebbe sulla conversione implicita di un array in un puntatore.

Questa regola fa parte del *profilo di sicurezza dei limiti*.

13.5.4 ES.43: Evitare espressioni con un ordine di valutazione incerto

Motivo

Non si ha alcuna idea di cosa faccia questo codice. Portabilità. Anche se sembra fare qualcosa di ragionevole, potrebbe fare altro su un altro compilatore (p.es., la successiva release del proprio compilatore) o con un diverso settaggio dell'ottimizzatore.

Nota

Il C++17 inasprisce le regole per l'ordine di valutazione: da-sinistra-a-destra, tranne da destra a sinistra nelle assegnazioni, e l'ordine di valutazione degli argomenti della funzione non è specificato.

Tuttavia, si ricordi che il codice potrebbe essere compilato con un compilatore pre-C++17 (p.es., tramite il taglia-incolla) quindi non ci si comporti troppo da esperti..

Esempio

```
v[i] = ++i;    // the result is undefined
```

Una buona regola empirica è che non si dovrebbe leggere due volte un valore in un'espressione che si sta scrivendo.

Imposizione

Può essere rilevato da un buon analizzatore.

13.5.5 ES.44: Non dipendere dall'ordine di valutazione degli argomenti di una funzione

Motivo

Perché quell'ordine non è specificato.

Nota

Il C++17 inasprisce le regole per l'ordine di valutazione, ma l'ordine di valutazione degli argomenti della funzione non è ancora specificato.

Esempio

```
int i = 0;
f(++i, ++i);
```

Prima del C++17, il comportamento non era indefinito, quindi poteva essere qualsiasi cosa (p.es., `f(2, 2)`). Dal C++17, questo codice non ha più un comportamento indefinito, ma non è ancora specificato quale argomento viene valutato per primo. La chiamata sarà `f(1, 2)` o `f(2, 1)`, ma non si sa quale delle due.

Esempio

Gli operatori sovraccaricati [overload] possono portare a problemi con l'ordine di valutazione:

```
f1()->m(f2());           // m(f1(), f2())
cout << f1() << f2();    // operator<<(operator<<(cout, f1()), f2())
```

In C++17, questi esempi funzionano come previsto (da sinistra a destra) e le assegnazioni vengono valutate da destra a sinistra (proprio come `gli = lo` sono da destra a sinistra)

```
f1() = f2();    // undefined behavior in C++14; in C++17, f2() is
→evaluated before f1()
```

Imposizione

Può essere rilevato da un buon analizzatore.

13.5.6 ES.45: Evitare «costanti magiche»; utilizzare costanti simboliche

Motivo

Le costanti senza nome incluse in espressioni vengono facilmente trascurate e sono spesso difficili da capire:

Esempio

```
for (int m = 1; m <= 12; ++m)    // don't: magic constant 12
    cout << month[m] << '\n';
```

No, non tutti sanno che ci sono 12 mesi, in un anno, numerati 1..12. Meglio:

```
// months are indexed 1..12
constexpr int first_month = 1;
constexpr int last_month = 12;

for (int m = first_month; m <= last_month; ++m)    // better
    cout << month[m] << '\n';
```

Ancora meglio, non esporre le costanti:

```
for (auto m : month)
    cout << m << '\n';
```

Imposizione

Segnalare i valori letterali nel codice. Far passare `0`, `1`, `nullptr`, `\n`, `""`, ed altri in un elenco di valori ammessi.

13.5.7 ES.46: Evitare conversioni aritmetiche con perdita (narrowing, troncamenti)

Motivo

Una conversione narrowing distrugge l'informazione, spesso in modo inaspettato.

Esempio, cattivo

Un esempio chiave è il narrowing semplice:

```
double d = 7.9;
int i = d;    // bad: narrowing: i becomes 7
i = (int) d;  // bad: we're going to claim this is still not explicit
              ↪ enough

void f(int x, long y, double d)
{
    char c1 = x;    // bad: narrowing
    char c2 = y;    // bad: narrowing
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
char c3 = d;    // bad: narrowing
}
```

Nota

La libreria di supporto delle linee guida offre un'operazione `narrow_cast` per specificare che il narrowing è accettabile e un `narrow` («narrow if») che genera un'eccezione se un troncamento butta via delle informazioni:

```
i = gsl::narrow_cast<int>(d);    // OK (you asked for it): narrowing: i_
↪becomes 7
i = gsl::narrow<int>(d);         // OK: throws narrowing_error
```

Includiamo anche i cast aritmetici con perdita, come ad esempio da un tipo a virgola mobile negativo a un tipo intero senza segno:

```
double d = -7.9;
unsigned u = 0;

u = d;                                // bad: narrowing
u = gsl::narrow_cast<unsigned>(d);    // OK (you asked for it): u_
↪becomes 4294967289
u = gsl::narrow<unsigned>(d);         // OK: throws narrowing_error
```

Nota

Questa regola non si applica alle [conversioni contestuali in bool](#):

```
if (ptr) do_something(*ptr);    // OK: ptr is used as a condition
bool b = ptr;                   // bad: narrowing
```

Imposizione

Un buon analizzatore può rilevare tutte le conversioni narrowing. Tuttavia, segnalare tutte le conversioni narrowing porterà a molti falsi positivi. Suggerimenti:

- Segnalare tutte le conversioni da virgola-mobile a intero (forse solo `float->char` e `double->int`. Questo è un punto oscuro! c'è bisogno di dati).
- Segnalare tutti i `long->char` (Si sospetta che `int->char` sia molto comune. Questo è un punto oscuro! c'è bisogno di dati).
- Considerare specialmente sospette le conversioni narrowing per gli argomenti delle funzioni.

13.5.8 ES.47: Usare nullptr anziché 0 o NULL

Motivo

Leggibilità. Ridurre al minimo le sorprese: `nullptr` non può confondersi con un `int`. `nullptr` ha anche un tipo ben specificato (molto restrittivo), e quindi funziona in più scenari in cui la deduzione del tipo potrebbe fare la cosa sbagliata con `NULL` o `0`.

Esempio

Si consideri:

```
void f(int);
void f(char*);
f(0);           // call f(int)
f(nullptr);     // call f(char*)
```

Imposizione

Segnalare l'uso di `0` e `NULL` per i puntatori. La trasformazione potrebbe essere aiutata da una semplice trasformazione del programma.

13.5.9 ES.48: Evitare i cast

Motivo

I cast sono una fonte ben nota di errori e rendono inaffidabili alcune ottimizzazioni.

Esempio, cattivo

```
double d = 2;
auto p = (long*)&d;
auto q = (long long*)&d;
cout << d << ' ' << *p << ' ' << *q << '\n';
```

Cosa credete che questo frammento stampi? Il risultato è definito nella migliore delle ipotesi. Io ho ottenuto

```
2 0 4611686018427387904
```

Aggiungendo

```
*q = 666;
cout << d << ' ' << *p << ' ' << *q << '\n';
```


Io ho ottenuto

```
3.29048e-321 666 666
```

Sorpresi? Sono contento che il programma non vada in crash.

Nota

I programmatori che scrivono cast in genere presumono di sapere cosa stanno facendo o che scrivere un cast rende il programma «più facile da leggere». Infatti, spesso disabilitano le regole generali sull'uso dei valori. La risoluzione dell'overload è l'istanziamento dei template solitamente scelgono la funzione giusta se c'è una funzione giusta da selezionare. Se non c'è, forse dovrebbe esserci, piuttosto che applicare una correzione locale (cast).

Note

I cast sono necessari in un linguaggio di programmazione di sistemi. Ad esempio, come altrimenti si potrebbe ottenere l'indirizzo del registro di un dispositivo in un puntatore? Tuttavia, dei cast se ne abusa gravemente, nonché sono una delle principali fonti di errori.

Se si sente la necessità di parecchi cast, potrebbe essere un fondamentale problema progettuale.

Il *profilo del tipo* vieta il `reinterpret_cast` e i cast C-style.

Mai eseguire il cast a `(void)` per ignorare un valore di ritorno `[[nodiscard]]`. Se si vuole deliberatamente scartare un tale risultato, ci si rifletta bene sul fatto che potrebbe essere una pessima idea (solitamente c'è un buon motivo per cui l'autore della funzione o del tipo restituito ha usato `[[nodiscard]]`). Se si pensa ancora che sia appropriato e si abbia il consenso del revisore del codice, si usa `std::ignore` = per disattivare il warning in modo semplice, portatile e facile da ritrovare con `grep`.

Alternative

I cast sono ampiamente (ab) usati. Il C++ moderno ha delle regole e dei costrutti che eliminano la necessità di cast in molti contesti, come

- Nell'uso dei template
- Usare `std::variant`
- Nell'affidarsi a conversioni implicite ben definite e sicure tra i tipi di puntatori
- Usare `std::ignore` = per ignorare i valori `[[nodiscard]]`.

Imposizione

- Segnalare tutti i cast C-style, compresi quelli a void.
- Segnalare il cast in stile funzione utilizzando `Type(value)`. Utilizzare, invece, `Type{value}` che non è restrittivo. (Cfr. ES.64.)
- Segnalare i *cast identici* tra tipi puntatori, dove i tipi dei sorgenti e dei destinatari sono gli stessi (`#Pro-type-identitycast`).
- Segnalare il cast esplicito di un puntatore che potrebbe essere *implicito*.

13.5.10 ES.49: Se si deve usare un cast, si utilizzi un «named cast»

Motivo

Leggibilità. Evitare errori. I «named cast» sono più specifici di un cast di tipo C o di un cast funzionale, consentendo al compilatore di rilevare alcuni errori.

I «named cast» sono:

- `static_cast`
- `const_cast`
- `reinterpret_cast`
- `dynamic_cast`
- `std::move` // `move(x)` è un riferimento rvalue a `x`
- `std::forward` // `forward<T>(x)` è un riferimento rvalue o uno lvalue a `x` a seconda di `T`
- `gsl::narrow_cast` // `narrow_cast<T>(x)` è `static_cast<T>(x)`
- `gsl::narrow` // `narrow<T>(x)` è uno `static_cast<T>(x)` se `static_cast<T>(x)` == `x` o solleva un `narrowing_error`

Esempio

```
class B { /* ... */ };
class D { /* ... */ };

template<typename D> D* upcast(B* pb)
{
    D* pd0 = pb;                // error: no implicit_
    ↪ conversion from B* to D*
    D* pd1 = (D*)pb;            // legal, but what is done?
    D* pd2 = static_cast<D*>(pb); // error: D is not derived_
    ↪ from B
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

D* pd3 = reinterpret_cast<D*>(pb); // OK: on your head be it!
D* pd4 = dynamic_cast<D*>(pb);    // OK: return nullptr
// ...
}

```

L'esempio è stato sintetizzato da un vero bug in cui D era derivato da B, ma qualcuno ha eseguito il refactorng della gerarchia. Il cast in stile C è pericoloso perché può fare qualsiasi tipo di conversione, privandoci di qualsiasi protezione dagli errori (ora e in futuro).

Nota

Invece, quando si converte senza perdita di informazioni (p.es. da float a double o da int32 a int64), si può usare l'inizializzazione tra parentesi graffe.

```

double d {some_float};
int64_t i {some_int32};

```

Ciò rende chiaro che la conversione del tipo era prevista e impedisce anche le conversioni tra tipi che potrebbero comportare una perdita di precisione. (È un errore di compilazione tentare di inizializzare un float da un double in questo modo, per esempio).

Nota

`reinterpret_cast` può essere essenziale, ma gli usi essenziali (p.es., trasformare un indirizzo macchina in un puntatore) non sono sicuri:

```

auto p = reinterpret_cast<Device_register>(0x800); // inherently
↳dangerous

```

Imposizione

- Segnalare tutti i cast C-style, compresi quelli a void.
- Segnalare il cast in stile funzione utilizzando `Type(value)`. Utilizzare, invece, `Type{value}` che non è restrittivo. (Cfr. ES.64.)
- Il *profilo del tipo* vieta il `reinterpret_cast`.
- Il *profilo del tipo* mette in guardia sull'uso di uno `static_cast` tra i tipi aritmetici.

13.5.11 ES.50: Non eseguire il cast da un const

Motivo

Contraddice il const. Se la variabile è effettivamente dichiarata const, la modifica porta ad un comportamento indefinito.

Esempio, cattivo

```
void f(const int& x)
{
    const_cast<int&>(x) = 42;    // BAD
}

static int i = 0;
static const int j = 0;

f(i); // silent side effect
f(j); // undefined behavior
```

Esempio

Talvolta, si potrebbe essere tentati di ricorrere a `const_cast` per evitare la duplicazione del codice, ad esempio quando si hanno due funzioni di accesso che differiscono solo per un const ma con implementazioni simili. Per esempio:

```
class Bar;

class Foo {
public:
    // BAD, duplicates logic
    Bar& get_bar()
    {
        /* complex logic around getting a non-const reference to my_
    ↪bar */
    }

    const Bar& get_bar() const
    {
        /* same complex logic around getting a const reference to my_
    ↪bar */
    }
private:
    Bar my_bar;
};
```

Preferire, invece, la condivisione delle implementazioni. Normalmente, si può solo avere la funzione non-const che chiama la funzione const. Tuttavia, quando esiste una logica complessa, ciò può portare al seguente pattern che ricorre ancora a un `const_cast`:

```
class Foo {
public:
    // not great, non-const calls const version but resorts to const_
    ↪cast
    Bar& get_bar()
    {
        return const_cast<Bar&>(static_cast<const Foo&>(*this).get_
    ↪bar());
    }
    const Bar& get_bar() const
    {
        /* the complex logic around getting a const reference to my_
    ↪bar */
    }
private:
    Bar my_bar;
};
```

Sebbene questo modello sia sicuro quando applicato correttamente, poiché il chiamante deve avere avuto un oggetto non-const per cominciare, non è l'ideale perché la sicurezza è difficile da ottenersi automaticamente come regola di un checker.

Preferire, invece, mettere il codice comune in una funzione helper comune – e trasformarlo in un template in modo da dedurre il const. Questo non usa affatto alcun `const_cast` at all:

```
class Foo {
public:
    // good
    Bar& get_bar() { return get_bar_impl(*this); }
    const Bar& get_bar() const { return get_bar_impl(*this); }
private:
    Bar my_bar;

    template<class T> // good, deduces whether T is const or_
    ↪non-const
    static auto& get_bar_impl(T& t)
    { /* the complex logic around getting a possibly-const_
    ↪reference to my_bar */ }
};
```

Nota: Non eseguire grandi lavori indipendenti all'interno di un template, questo porta ad un aumento del codice. Per esempio, un ulteriore miglioramento sarebbe se tutte le parti di `get_bar_impl` potessero essere indipendenti e fattorizzate in una funzione comune non-template, per una riduzione potenzialmente grande della dimensione del codice.

Eccezione

Potrebbe essere necessario eliminare `const` chiamando funzioni con un incorretto `const`. È preferibile racchiudere queste funzioni inline `const`-corrette con dei wrapper per incapsulare in un unico posto il cast.

Esempio

A volte, «eliminare il `const`» è per consentire l'aggiornamento di alcune informazioni transitorie su di un oggetto altrimenti immutabile. Esempi sono il caching, la memoizzazione e il pre-calcolo. Tali esempi spesso gestiti anche o meglio usando `mutable` o una indirezione anziché una `const_cast`.

Si prenda in considerazione la possibilità di memorizzare i risultati, calcolati in precedenza, di un'operazione costosa:

```
int compute(int x); // compute a value for x; assume this to be costly

class Cache {    // some type implementing a cache for an int->int_
    ↪operation
public:
    pair<bool, int> find(int x) const;    // is there a value for x?
    void set(int x, int v);              // make y the value for x
    // ...
private:
    // ...
};

class X {
public:
    int get_val(int x)
    {
        auto p = cache.find(x);
        if (p.first) return p.second;
        int val = compute(x);
        cache.set(x, val); // insert value for x
        return val;
    }
    // ...
private:
    Cache cache;
};
```

Qui, `get_val()` è logicamente costante, quindi lo si vorrebbe rendere un membro `const`. Per fare ciò si deve ancora mutare `cache`, quindi a volte si ricorre ad un `const_cast`:

```
class X {    // Suspicious solution based on casting
public:
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

int get_val(int x) const
{
    auto p = cache.find(x);
    if (p.first) return p.second;
    int val = compute(x);
    const_cast<Cache&>(cache).set(x, val);    // ugly
    return val;
}
// ...
private:
    Cache cache;
};

```

Fortunatamente, esiste una soluzione migliore: Si indica che `cache` è mutabile anche per un oggetto `const`:

```

class X {    // better solution
public:
    int get_val(int x) const
    {
        auto p = cache.find(x);
        if (p.first) return p.second;
        int val = compute(x);
        cache.set(x, val);
        return val;
    }
    // ...
private:
    mutable Cache cache;
};

```

Una soluzione alternativa sarebbe quella di memorizzare un puntatore alla `cache`:

```

class X {    // OK, but slightly messier solution
public:
    int get_val(int x) const
    {
        auto p = cache->find(x);
        if (p.first) return p.second;
        int val = compute(x);
        cache->set(x, val);
        return val;
    }
    // ...
private:
    unique_ptr<Cache> cache;
};

```

Questa soluzione è la più flessibile, ma richiede la costruzione e la distruzione esplicite di *cache (molto probabilmente nel costruttore e nel distruttore di X).

In ogni variant, ci si deve proteggere contro i conflitti dei dati [data race] sulla cache nel codice multi-threaded, forse utilizzando un `std::mutex`.

Imposizione

- Segnalare i `const_casts`.
- Questa regola fa parte del *profilo di sicurezza del tipo* per il relativo Profilo.

13.5.12 ES.55: Evitare la necessità di controllare i range

Motivo

I costrutti che non possono andare in overflow non lo fanno (e solitamente funzionano più velocemente):

Esempio

```
for (auto& x : v)      // print all elements of v
    cout << x << '\n';

auto p = find(v, x);    // find x in v
```

Imposizione

Cercare i controlli espliciti sui range suggerendo euristicamente delle alternative.

13.5.13 ES.56: Scrivere `std::move()` solo quando è necessario spostare esplicitamente un oggetto in un altro scope

Motivo

Solitamente si sposta anziché copiare, per evitare duplicazioni e per migliorare le prestazioni.

Uno spostamento [move] solitamente lascia dietro di sé un oggetto vuoto (C.64), che può sorprendere e persino essere pericoloso, quindi si cerca di evitare lo spostamento dagli lvalues (vi si potrà accedere in seguito).

Note

Lo spostamento viene fatto implicitamente quando l'origine è un rvalue (p.es., il valore nella gestione di un `return` o il risultato di una funzione), quindi non si complichino inutilmente il codice, in questi casi, scrivendo esplicitamente `move`. Si scrivano, invece, brevi funzioni che restituiscano valori, e sia il ritorno della funzione che l'accettazione del ritorno da parte del chiamante saranno naturalmente ottimizzati.

In generale, seguire le linee-guida in questo documento (incluso il non rendere gli scope delle variabili inutilmente ampi, scrivendo funzioni brevi che restituiscono valori, restituendo variabili locali) aiuta ad eliminare il più possibile la necessità dei `std::move` espliciti.

Il `move` esplicito è necessario per spostare [move] esplicitamente un oggetto in un altro scope, in particolare per passarlo a una funzione «sink» e nelle stesse implementazioni delle operazioni di `move` (costruttore di `move`, operatore di assegnazione del `move`) e nell'operazione di `swap`.

Esempio, cattivo

```
void sink(X&& x);    // sink takes ownership of x

void user()
{
    X x;
    // error: cannot bind an lvalue to a rvalue reference
    sink(x);
    // OK: sink takes the contents of x, x must now be assumed to be
    ➔empty
    sink(std::move(x));

    // ...

    // probably a mistake
    use(x);
}
```

Solitamente, viene usato un `std::move()` come argomento di un parametro `&&`. E dopo averlo fatto, si suppone che l'oggetto sia stato spostato via (cfr. C.64) e che non se ne debba leggere lo stato finché non lo si imposti ad un nuovo valore.

```
void f()
{
    string s1 = "supercalifragilisticexpialidocious";

    string s2 = s1;           // ok, takes a copy
    assert(s1 == "supercalifragilisticexpialidocious"); // ok

    // bad, if you want to keep using s1's value
    string s3 = move(s1);
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// bad, assert will likely fail, s1 likely changed
assert(s1 == "supercalifragilisticexpialidocious");
}
```

Esempio

```
void sink(unique_ptr<widget> p); // pass ownership of p to sink()

void f()
{
    auto w = make_unique<widget>();
    // ...
    sink(std::move(w));           // ok, give to sink()
    // ...
    sink(w); // Error: unique_ptr is carefully designed so that you
    ↪ cannot copy it
}
```

Note

`std::move()` è un cast a `&&` sotto mentite spoglie; di per sé non sposta nulla, ma contrassegna un oggetto nominato come candidato allo spostamento. Il linguaggio conosce già i casi comuni dove è possibile spostare gli oggetti, specialmente quando si restituiscono i valori delle funzioni, quindi non si complichino il codice con un ridondante `std::move()`.

Non scrivere mai `std::move()` solo perché qualcuno ha detto che «è più efficiente». In generale, non si devono credere alle affermazioni sulla «efficienza» senza dati (???). In generale, non complicare il proprio codice senza motivo (?). Mai scrivere `std::move()` per un oggetto `const`, esso viene silenziosamente trasformato in una copia (cfr. Item 23 in *Meyers15*)

Esempio, cattivo

```
vector<int> make_vector()
{
    vector<int> result;
    // ... load result with data
    return std::move(result); // bad; just write "return result;"
}
```

Mai scrivere `return move(local_variable);`, perché il linguaggio già sa che la variabile è un candidato per il `move`. Scrivere `move` in questo codice non aiuta e può in effetti essere dannoso perché su alcuni compilatori interferisce col RVO (l'ottimizzazione del valore di ritorno) creando un'ulteriore alias di riferimento alla variabile locale.

Esempio, cattivo

```
vector<int> v = std::move(make_vector()); // bad; the std::move is
↳entirely redundant
```

Mai scrivere `move` per un valore di ritorno come `x = move(f());` dove `f` ritorna per valore. Il linguaggio già sa che un valore restituito è un oggetto temporaneo che può essere trasferito [moved].

Esempio

```
void mover(X&& x)
{
    call_something(std::move(x));           // ok
    call_something(std::forward<X>(x));     // bad, don't std::forward
↳an rvalue reference
    call_something(x);                     // suspicious, why not
↳std::move?
}

template<class T>
void forwarder(T&& t)
{
    call_something(std::move(t));           // bad, don't std::move a
↳forwarding reference
    call_something(std::forward<T>(t));     // ok
    call_something(t);                     // suspicious, why not
↳std::forward?
}
```

Imposizione

- Segnalare l'uso di `std::move(x)` dove `x` è un rvalue o il linguaggio lo tratterà già come un rvalue, compreso `return std::move(local_variable);` e `std::move(f())` su una funzione che restituisce per valore.
- Segnalare le funzioni che prendono un parametro `S&&` se non c'è alcun overload `const S&` che si prenda cura degli lvalue.
- Segnalare un argomento spostato con `std::move`, passato a un parametro, tranne quando il tipo di parametro è un riferimento rvalue `X&&` o quando il tipo è «move-only» e il parametro viene passato per valore.
- Segnalare quando `std::move` viene applicato ad un «forwarding» del riferimento (`T&&` dove `T` è un tipo di parametro template). Usare, invece, `std::forward`.

- Segnalare quando `std::move` viene applicato ad un valore diverso da un riferimento rvalue a un non-const. (Un caso più generale della regola precedente per coprire i casi non-forwarding).
- Segnalare quando `std::forward` viene applicato ad un riferimento rvalue (`X&&` dove `X` è un tipo parametro non-template). Usare, invece, `std::move`.
- Segnalare quando `std::forward` viene applicato ad un riferimento diverso dal forwarding. (Un caso più generale della regola precedente per coprire i casi non-moving).
- Segnalare quando un oggetto viene potenzialmente spostato [move] e la successiva operazione è un'operazione `const`; dovrebbe esserci prima un'operazione non-const, idealmente un'assegnazione, per resettare subito il valore dell'oggetto.

13.5.14 ES.60: Evitare new e delete al di fuori delle funzioni di gestione delle risorse

Motivo

La gestione diretta delle risorse nel codice di un'applicazione è soggetta ad errori ed è noiosa.

Nota

Questa è anche nota come la regola del «Nessun semplice [naked] new!»

Esempio, cattivo

```
void f(int n)
{
    auto p = new X[n];    // n default constructed Xs
    // ...
    delete[] p;
}
```

Può esserci del codice nella parte ... che non esegue mai il delete.

Si veda anche: *R: Gestione delle risorse*

Imposizione

Segnalare i [naked] new e i [naked] delete.

13.5.15 ES.61: Eseguire il delete degli array con delete[] e usando delete per il resto

Motivo

Questo è ciò che richiede il linguaggio e gli errori possono portare ad errori nel rilascio delle risorse e/o corrompere la memoria.

Esempio, cattivo

```
void f(int n)
{
    auto p = new X[n];    // n default constructed Xs
    // ...
    delete p;    // error: just delete the object p, rather than delete
    → the array p[]
}
```

Nota

Questo esempio non solo viola la *regola di nessun new [naked]* come nel precedente esempio, ma presenta molti altri problemi.

Imposizione

- Segnalare new e delete non corrispondenti se si trovano nello stesso scope.
- Segnalare new e delete non corrispondenti se si trovano in una coppia costruttore/distruttore.

13.5.16 ES.62: Non confrontare i puntatori in diversi array

Motivo

Il risultato è indefinito.

Esempio, cattivo

```
void f()
{
    int a1[7];
    int a2[9];
    if (&a1[5] < &a2[7]) {}          // bad: undefined
    if (0 < &a1[5] - &a2[7]) {}     // bad: undefined
}
```

Nota

Questo esempio presenta molti più problemi.

Imposizione

???

13.5.17 ES.63: Non provocare «slice»

Motivo

Lo slicing – ovvero la copia di solo una parte di un oggetto tramite l’assegnazione o l’inizializzazione – molto spesso porta a errori perché l’oggetto doveva essere considerato nella sua interezza. Nei rari casi in cui lo slicing è voluto, il codice può sorprendere.

Esempio

```
class Shape { /* ... */ };
class Circle : public Shape { /* ... */ Point c; int r; };

Circle c { {0, 0}, 42 };
Shape s {c};          // copy construct only the Shape part of Circle
s = c;                // or copy assign only the Shape part of Circle

void assign(const Shape& src, Shape& dest)
{
    dest = src;
}

Circle c2 { {1, 1}, 43 };
assign(c, c2);        // oops, not the whole state is transferred
assert(c == c2);      // if we supply copying, we should also provide
↳comparison,          // but this will likely return false
```

Il risultato sarà privo di significato perché il centro e il raggio non verranno copiati da c in s. La prima difesa contro questo è *definire la classe base Shape in modo che non lo consenta*.

Alternativa

Se si intende eseguire lo slice, se ne definisca un'operazione esplicita. Ciò evita al lettore un po' di confusione. Per esempio:

```
class Smiley : public Circle {
public:
    Circle copy_circle();
    // ...
};

Smiley sm { /* ... */ };
Circle c1 {sm}; // ideally prevented by the definition of Circle
Circle c2 {sm.copy_circle()};
```

Imposizione

Emettere un warning contro lo slicing.

13.5.18 ES.64: Usare la notazione T{e} per la costruzione

Motivo

La sintassi per la costruzione T{e} rende esplicito che si desidera la costruzione. La sintassi della costruzione T{e} non consente il [narrowing]. T{e} è l'unica espressione generale sicura per la costruzione di un valore di tipo T da un'espressione e. Le notazioni dei cast T(e) e (T)e non sono né sicure né generali.

Esempio

Per i tipi nativi, la notazione per la costruzione protegge dal narrowing e dalla reinterpretazione

```
void use(char ch, int i, double d, char* p, long long lng)
{
    int x1 = int{ch};      // OK, but redundant
    int x2 = int{d};       // error: double->int narrowing; use a cast_
    ↪if you need to
    int x3 = int{p};       // error: pointer to->int; use a reinterpret_
    ↪cast if you really need to
    int x4 = int{lng};     // error: long long->int narrowing; use a_
    ↪cast if you need to
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
    int y1 = int(ch);    // OK, but redundant
    int y2 = int(d);    // bad: double->int narrowing; use a cast if
    ↪you need to
    int y3 = int(p);    // bad: pointer to->int; use a reinterpret_
    ↪cast if you really need to
    int y4 = int(lng);  // bad: long long->int narrowing; use a cast
    ↪if you need to

    int z1 = (int)ch;    // OK, but redundant
    int z2 = (int)d;    // bad: double->int narrowing; use a cast if
    ↪you need to
    int z3 = (int)p;    // bad: pointer to->int; use a reinterpret_
    ↪cast if you really need to
    int z4 = (int)lng;  // bad: long long->int narrowing; use a cast
    ↪if you need to
}
```

Le conversioni intere in/da puntatori sono implementazioni definite quando si usano le notazioni T(e) o (T)e, e non sono portabili tra le piattaforme con dimensioni diverse degli interi e dei puntatori.

Nota

Evitare i cast (conversione esplicita del tipo) e, se lo si deve fare, preferire i «named cast».

Nota

Se non è ambiguo, la T può essere lasciata fuori da T{e}.

```
complex<double> f(complex<double>);
```

```
auto z = f({2*pi, 1});
```

Nota

La notazione della costruzione è la più generale *notazione dell'inizializzatore*.

Eccezione

`std::vector` ed altri contenitori sono stati definiti prima di avere `{}` come notazione per la costruzione. Si consideri:

```
vector<string> vs {10};           // ten empty strings
vector<int> vi1 {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10}; // ten elements 1..10
vector<int> vi2 {10};           // one element with
→the value 10
```

Come si ottiene un `vector` di 10 `int` inizializzati col default?

```
vector<int> v3(10); // ten elements with value 0
```

L'uso di `()` anziché di `{}` per il numero degli elementi è convenzionale (risalente ai primi anni '80), difficile da cambiare, ma resta un errore di progetto: per un contenitore dove il tipo dell'elemento si può confondere col numero degli elementi, si ha un'ambiguità da risolvere. La soluzione convenzionale consiste nell'interpretare `{10}` come un elenco di un elemento ed usare `(10)` per distinguere una dimensione.

Non c'è bisogno di ripetere questo errore nel nuovo codice. Si può definire un tipo per rappresentare il numero degli elementi:

```
struct Count { int n; };

template<typename T>
class Vector {
public:
    Vector(Count n);           // n default-initialized
→elements
    Vector(initializer_list<T> init); // init.size() elements
    // ...
};

Vector<int> v1{10};
Vector<int> v2{Count{10}};
Vector<Count> v3{Count{10}}; // yes, there is still a very minor
→problem
```

Il principale problema lasciato è quello di trovare un nome adatto per `Count`.

Imposizione

Segnalare i cast di tipo C (T)e e quelli in stile funzionale T(e).

13.5.19 ES.65: Non de-referenziare un puntatore non valido

Motivo

Dereferenziare un puntatore non valido, come `nullptr`, è un comportamento indefinito, che di solito porta ad arresti anomali immediati, risultati errati o corruzione della memoria.

Nota

Per puntatore qui si intende qualsiasi riferimento indiretto a un oggetto, incluso equivalentemente un iteratore o una vista.

Nota

Questa è una regola ovvia e ben conosciuta del linguaggio, ma può essere ben difficile da seguire. Sono necessari un buon stile di codifica, una libreria di supporto e l'analisi statica per eliminare le violazioni senza un ulteriore lavoro. Questa è una parte importante della discussione sul *modello del C++ per la sicurezza dei tipi e delle risorse*.

Si veda anche:

- Usare *RAII* per evitare i problemi sul ciclo-di-vita [lifetime].
- Usare *unique_ptr* per evitare i problemi sul ciclo-di-vita [lifetime].
- Usare *shared_ptr* per evitare i problemi sul ciclo-di-vita [lifetime].
- Usare i *riferimenti* quando non è possibile `nullptr`.
- Usare *not_null* per rilevare in anticipo un inatteso `nullptr`.
- Usare il *profilo dei [bound]* per evitare gli errori sui range.

Esempio

```
void f()
{
    int x = 0;
    int* p = &x;

    if (condition()) {
        int y = 0;
        p = &y;
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

    } // invalidates p

    *p = 42;           // BAD, p might be invalid if the branch was
    ↪taken
}

```

Per risolvere il problema, o si prolunga la durata dell'oggetto a cui si intende fare riferimento col puntatore, o si riduce la durata del puntatore (si sposta la dereferenza prima che finisca la durata dell'oggetto puntato).

```

void f1()
{
    int x = 0;
    int* p = &x;

    int y = 0;
    if (condition()) {
        p = &y;
    }

    *p = 42;           // OK, p points to x or y and both are still
    ↪in scope
}

```

Sfortunatamente, la maggior parte dei problemi sui puntatori non validi sono più difficili da individuare e più difficili da risolvere.

Esempio

```

void f(int* p)
{
    int x = *p; // BAD: how do we know that p is valid?
}

```

Esiste un'enorme quantità di codice simile. La maggior parte funziona – dopo molti test – ma isolatamente è impossibile dire se `p` potrebbe essere `nullptr`. Di conseguenza, anche questa è una delle principali fonti di errori. Esistono molti approcci per affrontare questo potenziale problema:

```

void f1(int* p) // deal with nullptr
{
    if (!p) {
        // deal with nullptr (allocate, return, throw, make p point to
        ↪something, whatever
    }
}

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
int x = *p;
}
```

Ci sono due potenziali problemi col test per il `nullptr`:

- non è sempre ovvio cosa fare se troviamo `nullptr`
- il test può essere ridondante e/o relativamente costoso
- non è ovvio se il test deve proteggere da una violazione o è parte della logica richiesta.

```
void f2(int* p) // state that p is not supposed to be nullptr
{
    assert(p);
    int x = *p;
}
```

Ciò comporterebbe un costo solo quando viene abilitato il controllo dell'asserzione e fornisce informazioni utili a un compilatore/analizzatore. Funzionerebbe ancora meglio se/quando il C++ avesse un supporto diretto per i contratti [contract]:

```
void f3(int* p) // state that p is not supposed to be nullptr
    [[expects: p]]
{
    int x = *p;
}
```

In alternativa, si potrebbe usare `gsl::not_null` per assicurarsi che `p` non sia `nullptr`.

```
void f(not_null<int*> p)
{
    int x = *p;
}
```

Questi rimedi si occupano solo di `nullptr`. Si tenga presente che esistono altri modi per ottenere un puntatore invalido.

Esempio

```
void f(int* p) // old code, doesn't use owner
{
    delete p;
}

void g() // old code: uses naked new
{
    auto q = new int{7};
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
f(q);  
int x = *q; // BAD: dereferences invalid pointer  
}
```

Esempio

```
void f()  
{  
    vector<int> v(10);  
    int* p = &v[5];  
    v.push_back(99); // could reallocate v's elements  
    int x = *p; // BAD: dereferences potentially invalid pointer  
}
```

Imposizione

Questa regola fa parte del *profilo di sicurezza dei limiti*

- Segnalare una dereferenza di un puntatore che punta ad un oggetto che è uscito dallo scope
- Segnalare una dereferenza di un puntatore che potrebbe essere stato invalidato da un'assegnazione con `nullptr`
- Segnalare una dereferenza di un puntatore che potrebbe essere stato invalidato da un `delete`
- Segnalare una dereferenza di un puntatore a un elemento di un contenitore che potrebbe essere stato invalidato per dereferenza

13.6 ES.stmt: Istruzioni

Le istruzioni controllano il flusso di controllo (ad eccezione delle chiamate alla funzione e degli errori, che sono espressioni).

13.6.1 ES.70: Preferire l'istruzione `switch` all'istruzione `if` potendo scegliere

Motivo

- Leggibilità.
- Efficienza: Uno `switch` effettua un confronto tra costanti ed è solitamente più ottimizzato di una serie di test con una sequenza di `if-then-else`.

- Uno `switch` consente di effettuare un controllo euristico della consistenza. Per esempio, sono stati considerati tutti i valori di una `enum`? Se no, c'è un `default`?

Esempio

```
void use(int n)
{
    switch (n) {    // good
    case 0:
        // ...
        break;
    case 7:
        // ...
        break;
    default:
        // ...
        break;
    }
}
```

anziché:

```
void use2(int n)
{
    if (n == 0)    // bad: if-then-else chain comparing against a set_
    ↪ of constants
        // ...
    else if (n == 7)
        // ...
}
```

Imposizione

Segnalare le sequenze di `if-then-else` che confrontano (solo) con costanti.

13.6.2 ES.71: Preferire un'istruzione `range-for` ad un'istruzione `for` potendo scegliere

Motivo

Leggibilità. Prevenzione degli errori. Efficienza.

Esempio

```
for (gsl::index i = 0; i < v.size(); ++i)    // bad
    cout << v[i] << '\n';

for (auto p = v.begin(); p != v.end(); ++p)    // bad
    cout << *p << '\n';

for (auto& x : v)    // OK
    cout << x << '\n';

for (gsl::index i = 1; i < v.size(); ++i) // touches two elements: can
    ↪ 't be a range-for
    cout << v[i] + v[i - 1] << '\n';

for (gsl::index i = 0; i < v.size(); ++i) // possible side effect: can
    ↪ 't be a range-for
    cout << f(v, &v[i]) << '\n';

for (gsl::index i = 0; i < v.size(); ++i) { // body messes with loop_
    ↪ variable: can't be a range-for
        if (i % 2 != 0)
            cout << v[i] << '\n'; // output odd elements
    }
```

n umano o un buon analizzatore statico potrebbe determinare che non ci sono effetti collaterali su `v` in `f(v, &v[i])` in modo che si possa riscrivere il loop.

In genere è meglio evitare di «scombussolare la variabile del loop» nel suo body.

Nota

Non usare costose copie della variabile del loop in un ciclo range-for:

```
for (string s : vs) // ...
```

Questo copierà ogni elemento di `vs` in `s`. Meglio:

```
for (string& s : vs) // ...
```

Meglio ancora, se la variabile del loop non viene modificata o copiata:

```
for (const string& s : vs) // ...
```

Imposizione

Cercare i loop, se un tradizionale ciclo cerca solamente ogni elemento di una sequenza e non ci sono effetti collaterali su quello che fa con gli elementi, si riscriva il loop utilizzando un range-for.

13.6.3 ES.72: Preferire un'istruzione for ad un'istruzione while quando c'è un'ovvia variabile del ciclo

Motivo

Leggibilità: si ha «davanti» tutta la logica del ciclo. Lo scope della variabile del loop può essere limitato.

Esempio

```
for (gsl::index i = 0; i < vec.size(); i++) {  
    // do work  
}
```

Esempio, cattivo

```
int i = 0;  
while (i < vec.size()) {  
    // do work  
    i++;  
}
```

Imposizione

???

13.6.4 ES.73: Preferire un'istruzione while ad un'istruzione for quando non è ovvia la variabile del ciclo

Motivo

Leggibilità.

Esempio

```
int events = 0;
for (; wait_for_event(); ++events) { // bad, confusing
    // ...
}
```

Il «ciclo event» è fuorviante perché il contatore degli eventi, `events`, non ha niente a che fare con la condizione del loop (`wait_for_event()`). Meglio

```
int events = 0;
while (wait_for_event()) { // better
    ++events;
    // ...
}
```

Imposizione

Segnalare le azioni negli inizializzatori dei `for` e negli incrementi dei `for` che non sono in relazione con la condizione del `for`.

13.6.5 ES.74: Dichiarare la variabile del ciclo nella parte dell'iniziatore dell'istruzione `for`

Cfr. ES.6

13.6.6 ES.75: Evitare l'istruzione `do`

Motivo

Leggibilità, prevenzione degli errori. La condizione per terminare sta alla fine (dove non si può ignorare) e la condizione non è verificata al primo passaggio.

Esempio

```
int x;
do {
    cin >> x;
    // ...
} while (x < 0);
```

Nota

Sì, ci sono buoni esempi in cui un'istruzione `do` risulta una soluzione chiara, ma anche molti errori.

Imposizione

Segnalare le istruzioni `do`.

13.6.7 ES.76: Evitare il `goto`

Motivo

Leggibilità, prevenzione degli errori. Esistono strutture di controllo migliori per gli umani; il `goto` è per il codice generato dalla macchina.

Eccezione

Uscire da un ciclo annidato. In questo caso, saltare sempre in avanti.

```
for (int i = 0; i < imax; ++i)
    for (int j = 0; j < jmax; ++j) {
        if (a[i][j] > elem_max) goto finished;
        // ...
    }
finished:
// ...
```

Esempio, cattivo

C'è un largo uso del blocco `goto-exit` del C:

```
void f()
{
    // ...
    goto exit;
    // ...
    goto exit;
    // ...
exit:
    // ... common cleanup code ...
}
```

Questa è una simulazione ad-hoc dei distruttori. Si dichiarino le proprie risorse con gli handle con i distruttori che ripuliscono tutto. Se per qualche motivo non si può gestire la ripulitura delle variabili usate con i distruttori, si prenda in considerazione `gsl::finally()` come un'alternativa di pulizia più leggibile al `goto exit`

Imposizione

- Segnalare i `goto`. Meglio ancora segnalare tutti i `goto` che non saltano da un ciclo nidificato all'istruzione immediatamente dopo al ciclo più esterno.

13.6.8 ES.77: Minimizzare l'uso di `break` e `continue` nei cicli

Motivo

Nel body di un ciclo un po' più complesso, è facile tralasciare un `break` o un `continue`.

Un `break` in un ciclo ha un significato terribilmente diverso da un `break` in un'istruzione `switch` (e si possono avere istruzioni `switch` in un ciclo e un ciclo in un "case" di uno `switch`).

Esempio

```
switch(x) {
case 1 :
    while (/* some condition */) {
        // ...
        break;
    } // Oops! break switch or break while intended?
case 2 :
    // ...
    break;
}
```

Alternativa

Spesso, un loop che richiede un `break` è un buon candidato per una funzione (algoritmo), nel qual caso il `break` diventa un `return`.

```
//Original code: break inside loop
void use1()
{
    std::vector<T> vec = {/* initialized with some values */};
    T value;
    for (const T item : vec) {
        if (/* some condition*/) {
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
        value = item;
        break;
    }
}
/* then do something with value */
}

//BETTER: create a function and return inside loop
T search(const std::vector<T> &vec)
{
    for (const T &item : vec) {
        if (/* some condition */) return item;
    }
    return T(); //default value
}

void use2()
{
    std::vector<T> vec = { /* initialized with some values */ };
    T value = search(vec);
    /* then do something with value */
}
```

Spesso, un ciclo che usa il `continue` può essere equivalentemente e chiaramente espresso da un'istruzione `if`.

```
for (int item : vec) { // BAD
    if (item%2 == 0) continue;
    if (item == 5) continue;
    if (item > 10) continue;
    /* do something with item */
}

for (int item : vec) { // GOOD
    if (item%2 != 0 && item != 5 && item <= 10) {
        /* do something with item */
    }
}
```

Nota

Se è davvero necessario interrompere un loop, un `break` è in generale la migliore delle alternative al *modificare la variabile del loop* o al *goto*:

Imposizione

???

13.6.9 ES.78: Non fare affidamento ai proseguimenti impliciti nelle istruzioni `switch`

Motivo

Finire sempre un case non vuoto con un `break`. Tralasciare accidentalmente un `break` è un bug abbastanza comune. Affidarsi deliberatamente al proseguimento implicito può rappresentare un pericolo per la manutenzione e dovrebbe essere un fatto raro ed esplicito.

Esempio

```
switch (eventType) {
case Information:
    update_status_bar();
    break;
case Warning:
    write_event_log();
    // Bad - implicit fallthrough
case Error:
    display_error_window();
    break;
}
```

Label di casi multipli di una singola istruzione è OK:

```
switch (x) {
case 'a':
case 'b':
case 'f':
    do_something(x);
    break;
}
```

Anche le istruzioni `return` nell'etichetta di un case sono OK:

```
switch (x) {  
case 'a':  
    return 1;  
case 'b':  
    return 2;  
case 'c':  
    return 3;  
}
```

Eccezioni

In rari casi se si ritiene opportuno il proseguimento implicito, si dev'essere espliciti ed usare la notazione `[[fallthrough]]`:

```
switch (eventType) {  
case Information:  
    update_status_bar();  
    break;  
case Warning:  
    write_event_log();  
    [[fallthrough]];  
case Error:  
    display_error_window();  
    break;  
}
```

Nota

Imposizione

Segnalare tutti i proseguimenti `[fallthrough]` impliciti nei case non vuoti.

13.6.10 ES.79: Usare default per gestire i (soli) casi comuni

Motivo

Chiarezza del codice. Migliori opportunità per il rilevamento degli errori.

Esempio

```
enum E { a, b, c, d };

void f1(E x)
{
    switch (x) {
    case a:
        do_something();
        break;
    case b:
        do_something_else();
        break;
    default:
        take_the_default_action();
        break;
    }
}
```

Qui è chiaro che esiste un'azione di default e che i casi a e b sono speciali.

Esempio

Ma cosa succede se non c'è un'azione di default e si vogliono gestire solo casi specifici? In tal caso, si inserisca un default vuoto o altrimenti sarà impossibile sapere se si intendevano gestire tutti i casi:

```
void f2(E x)
{
    switch (x) {
    case a:
        do_something();
        break;
    case b:
        do_something_else();
        break;
    default:
        // do nothing for the rest of the cases
        break;
    }
}
```

Omettendo il default, un manutentore e/o un compilatore potrebbe ragionevolmente presumere che si intendano gestire tutti i casi:

```
void f2(E x)
{
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
switch (x) {
  case a:
    do_something();
    break;
  case b:
  case c:
    do_something_else();
    break;
}
```

È stato dimenticato il case d o lo si è deliberatamente tralasciato? La dimenticanza di un case solitamente avviene quando viene aggiunto un elemento ad un enumerazione e chi lo ha fatto non è riuscito a inserirlo in tutti gli switch che usano quell'enumeratore.

Imposizione

Segnalare le istruzioni switch basate su una enumerazione che non gestiscono tutte le enumerazioni e non hanno un default. Questo potrebbe produrre troppi falsi positivi in certi tipi di codice; in tal caso, segnalare solo gli switch che gestiscono la maggior parte ma non tutti (questa era la strategia del primissimo compilatore C++).

13.6.11 ES.84: Non tentare di dichiarare una variabile locale senza nome

Motivo

Non c'è nulla di simile. Quello che ad un umano appare come una variabile senza un nome per un compilatore è un'istruzione che consiste in un temporaneo che subito esce dallo scope.

Esempio, cattivo

```
void f()
{
    lock_guard<mutex>{mx};    // Bad
    // ...
}
```

Questo dichiara un oggetto lock_guard anonimo che esce immediatamente dallo scope vicino al punto e virgola. Non è un errore insolito. In particolare, questo esempio può portare a conflitti difficili da trovare.

Nota

Gli argomenti di funzioni senza nome vanno bene.

Imposizione

Segnalare le istruzioni che sono solo temporanee.

13.6.12 ES.85: Rendere visibili le istruzioni vuote

Motivo

Leggibilità.

Esempio

```
for (i = 0; i < max; ++i);    // BAD: the empty statement is easily
↪overlooked
v[i] = f(v[i]);

for (auto x : v) {           // better
    // nothing
}
v[i] = f(v[i]);
```

Imposizione

Segnalare le istruzioni vuote che non sono blocchi e non contengono commenti.

13.6.13 ES.86: Evitare di modificare le variabili di controllo dei cicli nel corpo dei cicli for

Motivo

Il controllo del loop dovrebbe consentire il corretto ragionamento su quello che avviene all'interno del ciclo. Modificare i contatori dei loop sia nell'espressione dell'iterazione che nel corpo del loop è una perenne fonte di sorprese e bug.

Esempio

```
for (int i = 0; i < 10; ++i) {
    // no updates to i -- ok
}

for (int i = 0; i < 10; ++i) {
    //
    if (/* something */) ++i; // BAD
    //
}

bool skip = false;
for (int i = 0; i < 10; ++i) {
    if (skip) { skip = false; continue; }
    //
    if (/* something */) skip = true; // Better: using two variables.
    ↪for two concepts.
    //
}
```

Imposizione

Segnalare le variabili che vengono potenzialmente aggiornate (hanno un uso non-const) sia nel controllo dell'iterazione del loop che nel suo body.

13.6.14 ES.87: Non aggiungere dei ridondanti == o != alle condizioni

Motivo

Questo evita la prolissità ed elimina delle opportunità per sbagliare. Aiuta a rendere lo stile coerente e convenzionale.

Esempio

Per definizione, una condizione in un'istruzione if, while o un for sceglie tra true e false. Un valore numerico viene confrontato con 0 e il valore di un puntatore con nullptr.

```
// These all mean "if p is not nullptr"
if (p) { ... }           // good
if (p != 0) { ... }      // redundant !=0, bad: don't use 0 for
    ↪pointers
if (p != nullptr) { ... } // redundant !=nullptr, not recommended
```

Spesso, `if (p)` viene letto come «se `p` è valido» che è una diretta espressione dell'intento dei programmatori, mentre `if (p != nullptr)` sarebbe una soluzione prolissa.

Esempio

Questa regola è particolarmente utile quando una dichiarazione viene utilizzata come condizione

```
if (auto pc = dynamic_cast<Circle*>(ps)) { ... } // execute if ps_
↳points to a kind of Circle, good

if (auto pc = dynamic_cast<Circle*>(ps); pc != nullptr) { ... } // not_
↳recommended
```

Esempio

Si noti che, nelle condizioni, sono applicate le conversioni implicite in `bool`. Per esempio:

```
for (string s; cin >> s; ) v.push_back(s);
```

Ciò richiama, di `istream`, `operator bool()`.

Nota

Il confronto esplicito di un numero intero con `0` non è generalmente ridondante. Il motivo è che (al contrario di puntatori e dei booleani) un numero intero ha spesso più di due valori ragionevoli. Inoltre `0` (zero) viene spesso utilizzato per indicare un successo. Di conseguenza, è meglio essere specifici sul confronto.

```
void f(int i)
{
    if (i)           // suspect
    // ...
    if (i == success) // possibly better
    // ...
}
```

Si ricordi sempre che un intero può avere più di due valori.

Esempio, cattivo

È stato notato che

```
if(strcmp(p1, p2)) { ... } // are the two C-style strings equal?_
↪(mistake!)
```

è un comune errore da principianti. Se si usano stringhe in stile C, si devono conoscere bene le funzioni <cstring>. Essere prolisso scrivendo

```
if(strcmp(p1, p2) != 0) { ... } // are the two C-style strings equal?
↪ (mistake!)
```

non basterebbe a salvare la situazione.

Nota

La condizione opposta viene espressa più facilmente con una negazione:

```
// These all mean "if p is nullptr"
if (!p) { ... } // good
if (p == 0) { ... } // redundant == 0, bad: don't use 0 for_
↪pointers
if (p == nullptr) { ... } // redundant == nullptr, not recommended
```

Imposizione

Semplice, basta controllare l'uso ridondante di != e == nelle condizioni.

13.7 Aritmetica

13.7.1 ES.100: Non mischiare l'aritmetica con segno con quella senza segno

Motivo

Evitare risultati errati.

Esempio

```
int x = -3;
unsigned int y = 7;

cout << x - y << '\n'; // unsigned result, possibly 4294967286
cout << x + y << '\n'; // unsigned result: 4
cout << x * y << '\n'; // unsigned result, possibly 4294967275
```

È più difficile individuare il problema in esempi più realistici.

Nota

Sfortunatamente, il C++ usa interi con segno per gli indici degli array e la libreria standard usa interi senza segno per gli indici dei contenitori. Questo preclude la coerenza. Usare `gsl::index` per gli indici; *cfr. ES.107*.

Imposizione

- I compilatori già lo fanno e talvolta emettono dei warning.
- (Per evitare confusione) Non segnalare un confronto tra signed/unsigned dove uno degli argomenti è `sizeof` o una chiamata alla `.size()` di un container e l'altro è `ptrdiff_t`.

13.7.2 ES.101: Usare i tipi unsigned per la gestione dei bit

Motivo

I tipi senza segno supportano la gestione dei bit senza le sorprese del bit del segno.

Esempio

```
unsigned char x = 0b1010'1010;
unsigned char y = ~x; // y == 0b0101'0101;
```

Nota

I tipi senza segno possono anche essere utili per l'aritmetica modulare. Tuttavia, se si vuole l'aritmetica modulare, si aggiungano i commenti necessari, evidenziando il comportamento “arrotondato”, in quanto questo codice può meravigliare alcuni programmatori.

Imposizione

- Quasi impossibile in generale a causa dell'utilizzo di indici unsigned nella libreria standard
- ???

13.7.3 ES.102: Usare i tipi con segno per l'aritmetica

Motivo

Poiché la maggior parte dell'aritmetica è considerata avere un segno; $x - y$ restituisce un numero negativo quando $y > x$ tranne nei rari casi in cui si vuole veramente l'aritmetica modulare.

Esempio

L'aritmetica senza segno può dare risultati sorprendenti se non ce lo si aspetta. Ciò è ancora più vero per l'aritmetica mista signed e unsigned.

```
template<typename T, typename T2>
T subtract(T x, T2 y)
{
    return x - y;
}

void test()
{
    int s = 5;
    unsigned int us = 5;
    cout << subtract(s, 7) << '\n';           // -2
    cout << subtract(us, 7u) << '\n';         // 4294967294
    cout << subtract(s, 7u) << '\n';         // -2
    cout << subtract(us, 7) << '\n';         // 4294967294
    cout << subtract(s, us + 2) << '\n';     // -2
    cout << subtract(us, s + 2) << '\n';     // 4294967294
}
```

Qui siamo stati molto espliciti su ciò che sta accadendo, ma se si fosse visto `us - (s + 2)` or `s += 2; ...; us - s`, sarebbe giustamente sorto il sospetto che il risultato stampato sarebbe stato 4294967294?

Eccezione

Usare i tipi unsigned se si vuole veramente l'aritmetica modulare - aggiungere i commenti opportuni evidenziando il comportamento “arrotondato”, in quanto questo codice può meravigliare alcuni programmatori.

Esempio

La libreria standard usa i tipi unsigned per gli indici. L'array nativo usa i tipi signed per gli indici. Ciò genera inevitabili sorprese (e bug).

```
int a[10];
for (int i = 0; i < 10; ++i) a[i] = i;
vector<int> v(10);
// compares signed to unsigned; some compilers warn, but we should not
for (gsl::index i = 0; i < v.size(); ++i) v[i] = i;

int a2[-2];           // error: negative size

// OK, but the number of ints (4294967294) is so large that we should
↳ get an exception
vector<int> v2(-2);
```

Usare `gsl::index` per gli indici; *cfr. ES.107*.

Imposizione

- Segnalare l'aritmetica tra signed e unsigned
- Segnalare i risultati dell'aritmetica unsigned assegnati o stampati come signed.
- Segnalare i letterali negativi (p.es. -2) usati come indici per i container.
- (Per evitare confusione) Non segnalare un confronto tra signed/unsigned dove uno degli argomenti è `sizeof` o una chiamata alla `.size()` di un container e l'altro è `ptrdiff_t`.

13.7.4 ES.103: Evitare l'overflow

Motivo

Solitamente l'overflow rende l'algoritmo numerico senza senso. Incrementando un valore oltre il suo valore massimo può corrompere la memoria e portare a un comportamento indefinito.

Esempio, cattivo

```
int a[10];  
a[10] = 7;    // bad, array bounds overflow  
  
for (int n = 0; n <= 10; ++n)  
    a[n] = 9;    // bad, array bounds overflow
```

Esempio, cattivo

```
int n = numeric_limits<int>::max();  
int m = n + 1;    // bad, numeric overflow
```

Esempio, cattivo

```
int area(int h, int w) { return h * w; }  
  
auto a = area(10'000'000, 100'000'000);    // bad, numeric overflow
```

Eccezione

Usare i tipi unsigned se si vuole veramente l'aritmetica modulare.

Alternativa: Per le applicazioni critiche dove possono capitare degli overhead, usare un tipo intero [range-checked] e/o un floating-point.

Imposizione

???

13.7.5 ES.104: Evitare l'underflow

Motivo

Decrementando un valore oltre il suo valore minimo può portare alla corruzione della memoria e a comportamenti indefiniti.

Esempio, cattivo

```
int a[10];  
a[-2] = 7;    // bad  
  
int n = 101;  
while (n--)  
    a[n - 1] = 9;    // bad (twice)
```

Eccezione

Usare i tipi unsigned se si vuole veramente l'aritmetica modulare.

Imposizione

???

13.7.6 ES.105: Non dividere per lo zero intero**Motivo**

Il risultato è indefinito e probabilmente si ha un crash.

Nota

Questo vale anche per %.

Esempio, cattivo

```
int divide(int a, int b)  
{  
    // BAD, should be checked (e.g., in a precondition)  
    return a / b;  
}
```

Esempio, buono

```
int divide(int a, int b)
{
    // good, address via precondition (and replace with contracts once C++ gets them)
    Expects(b != 0);
    return a / b;
}

double divide(double a, double b)
{
    // good, address via using double instead
    return a / b;
}
```

Alternativa: Per le applicazioni critiche dove possono capitare degli overhead, usare un tipo intero [range-checked] e/o un floating-point.

Imposizione

- Segnalare la divisione per un valore intero che possa valere zero

13.7.7 ES.106: Non tentare di evitare i valori negativi utilizzando unsigned

Motivo

Scegliere un `unsigned` implica molti cambiamenti al solito funzionamento degli interi, compresa l'aritmetica modulare, può sopprimere i warning riguardanti l'overflow, ed aprire la porta agli errori sui mix signed/unsigned. L'uso di `unsigned` in realtà non elimina la possibilità di valori negativi.

Esempio

```
unsigned int u1 = -2;    // Valid: the value of u1 is 4294967294
int i1 = -2;
unsigned int u2 = i1;    // Valid: the value of u2 is 4294967294
int i2 = u2;             // Valid: the value of i2 is -2
```

I problemi con questi costrutti (perfettamente legali) sono difficili da evidenziare nel codice reale e sono la fonte di molti errori del mondo reale. Si consideri:

```

unsigned area(unsigned height, unsigned width) { return height*width; }
→ // [see also](#Ri-expects)
// ...
int height;
cin >> height;
auto a = area(height, 2); // if the input is -2 a becomes 4294967292

```

Si ricordi che -1 quando viene assegnato ad un `unsigned int` diventa il più grande numero `unsigned int`. Inoltre, poiché l'aritmetica senza segno è l'aritmetica modulare, la moltiplicazione non genera overflow, ma si “arrotonda”.

Esempio

```

unsigned max = 100000; // "accidental typo", I mean to say 10'000
unsigned short x = 100;
while (x < max) x += 100; // infinite loop

```

Se `x` fosse stato un `signed short`, avremmo potuto avvertire del comportamento indefinito dovuto all'overflow.

Alternative

- usare interi signed e controllare che `x >= 0`
- usare un tipo intero positivo
- usare un sotto-indice [subrange] di tipo intero
- `Assert(-1 < x)`

Per esempio

```

struct Positive {
    int val;
    Positive(int x) :val{x} { Assert(0 < x); }
    operator int() { return val; }
};

int f(Positive arg) { return arg; }

int r1 = f(2);
int r2 = f(-2); // throws

```

Nota

???

Imposizione

Cfr. le imposizioni di ES.100.

13.7.8 ES.107: Non usare unsigned per l'indicizzazione, preferire `gsl::index`

Motivo

Per evitare la confusione tra signed e unsigned. Per consentire una migliore ottimizzazione. Per consentire un migliore rilevamento degli errori. Per evitare le insidie con `auto` e `int`.

Esempio, cattivo

```
vector<int> vec = /*...*/;

for (int i = 0; i < vec.size(); i += 2)                // might_
    ↪not be big enough
    cout << vec[i] << '\n';
for (unsigned i = 0; i < vec.size(); i += 2)           // risk_
    ↪wraparound
    cout << vec[i] << '\n';
for (auto i = 0; i < vec.size(); i += 2)              // might_
    ↪not be big enough
    cout << vec[i] << '\n';
for (vector<int>::size_type i = 0; i < vec.size(); i += 2) // verbose
    cout << vec[i] << '\n';
for (auto i = vec.size()-1; i >= 0; i -= 2)            // bug
    cout << vec[i] << '\n';
for (int i = vec.size()-1; i >= 0; i -= 2)            // might_
    ↪not be big enough
    cout << vec[i] << '\n';
```

Esempio, buono

```
vector<int> vec = /*...*/;

for (gsl::index i = 0; i < vec.size(); i += 2)           // ok
    cout << vec[i] << '\n';
for (gsl::index i = vec.size()-1; i >= 0; i -= 2)       // ok
    cout << vec[i] << '\n';
```

Nota

L'array nativo consente l'indicizzazione con segno. I container della libreria standard usano indici unsigned. Pertanto, non è possibile alcuna soluzione perfetta e pienamente compatibile (a meno che e fin quando i container della libreria standard non modificheranno l'odierno uso degli indici signed in futuro). Dati i noti problemi con i mix tra signed e unsigned, è meglio attenersi agli interi (signed) di dimensioni sufficienti, che è garantito da `gsl::index`.

Esempio

```
template<typename T>
struct My_container {
public:
    // ...
    T& operator[](gsl::index i);    // not unsigned
    // ...
};
```

Esempio

```
??? demonstrate improved code generation and potential for error_
→detection ???
```

Alternative

Alternative per gli utenti

- usare gli algoritmi
- usare il range-for
- usare iteratori/puntatori

Imposizione

- Molto complicato, fin quando i container della libreria standard sbagliano.
- (Per evitare confusione) Non segnalare un confronto tra signed/unsigned dove uno degli argomenti è `sizeof` o una chiamata alla `.size()` di un container e l'altro è `ptrdiff_t`.

Per: Prestazione

??? questa sezione dovrebbe stare nella guida principale???

Questa sezione contiene le regole per le persone che necessitano di prestazioni elevate e una bassa latenza. Cioè, queste sono regole che riguardano come utilizzare il minor tempo e il minor numero possibile di risorse per realizzare un'attività in un tempo prevedibilmente breve. Le regole in questa sezione sono più restrittive ed intrusive di quelle necessarie per molte (la maggior parte) delle applicazioni. Non cercare ingenuamente di seguirle nel codice generico: raggiungere gli obiettivi di bassa latenza richiede un lavoro extra.

Riepilogo sulle regole per le prestazioni:

- *Per.1: Non ottimizzare senza motivo*
- *Per.2: Non ottimizzare prematuramente*
- *Per.3: Non ottimizzare qualcosa che non è critico per le prestazioni*
- *Per.4: Non dare per scontato che il codice complicato sia necessariamente più veloce del codice semplice*
- *Per.5: Non dare per scontato che il codice di basso livello sia necessariamente più veloce di quello ad alto livello*
- *Per.6: Non fare affermazioni sulle prestazioni senza fare misurazioni*
- *Per.7: Progettare per consentire l'ottimizzazione*
- *Per.10: Affidarsi al sistema di tipo statico*
- *Per.11: Spostare il calcolo dal run-time alla compilazione*
- *Per.12: Eliminare gli alias ridondanti*
- *Per.13: Eliminare le indirezioni ridondanti*
- *Per.14: Minimizzare il numero di allocazioni e de-allocazioni*

- *Per.15: Non allocare su un ramo critico*
- *Per.16: Usare strutture dati compatte*
- *Per.17: Dichiarare per primi i membri più usati di una struct time-critical*
- *Per.18: Lo spazio è tempo*
- *Per.19: Accesso prevedibile alla memoria*
- *Per.30: Evitare i [context switch] sui percorsi [path] critici*

14.1 Per.1: Non ottimizzare senza motivo

14.1.1 Motivo

Se non è necessaria alcuna ottimizzazione, i principali risultati corrisponderanno a più errori e costi di manutenzione più elevati.

14.1.2 Nota

Alcuni ottimizzano per abitudine o perché è divertente.

???

14.2 Per.2: Non ottimizzare prematuramente

14.2.1 Motivo

Il codice ottimizzato in modo elaborato è in genere più grande e più difficile da modificare rispetto a quello non ottimizzato.

???

14.3 Per.3: Non ottimizzare qualcosa che non è critico per le prestazioni

14.3.1 Motivo

L'ottimizzazione di una parte non critica per le prestazioni di un programma non ha alcun effetto sulle prestazioni del sistema.

14.3.2 Nota

Se il proprio programma trascorre la maggior parte del tempo ad aspettare il web o un essere umano, l'ottimizzazione del calcolo in memoria è probabilmente inutile.

In altre parole: Se il programma impiega il 4% del suo tempo di elaborazione facendo il calcolo A e il 40% del tempo per il calcolo B, un miglioramento del 50% su A impatta quanto un miglioramento del 5% su B. (Se non si sa quanto tempo impiegano A e B, cfr. Per.1 e Per.2.)

14.4 Per.4: Non dare per scontato che il codice complicato sia necessariamente più veloce del codice semplice

14.4.1 Motivo

Il codice semplice può essere molto veloce. Gli ottimizzatori a volte fanno meraviglie con un codice semplice

14.4.2 Esempio, buono

```
// clear expression of intent, fast execution

vector<uint8_t> v(1000000);

for (auto& c : v)
    c = ~c;
```

14.4.3 Esempio, cattivo

```
// intended to be faster, but is often slower

vector<uint8_t> v(1000000);

for (size_t i = 0; i < v.size(); i += sizeof(uint64_t)) {
    uint64_t& quad_word = *reinterpret_cast<uint64_t*>(&v[i]);
    quad_word = ~quad_word;
}
```

14.4.4 Nota

???

???

14.5 Per.5: Non dare per scontato che il codice di basso livello sia necessariamente più veloce di quello ad alto livello

14.5.1 Motivo

Il codice di basso livello talvolta inibisce le ottimizzazioni. Gli ottimizzatori a volte fanno meraviglie con un codice di alto livello.

14.5.2 Nota

???

???

14.6 Per.6: Non fare affermazioni sulle prestazioni senza fare misurazioni

14.6.1 Motivo

Quello delle performance è un campo disseminato di falsi miti e folclore. I moderni hardware ed ottimizzatori sfidano ingenui assunti; anche gli esperti vengono regolarmente sorpresi.

14.6.2 Nota

Ottenere buone misurazioni delle prestazioni può risultare difficile e richiedere strumenti specializzati.

14.6.3 Nota

Alcuni semplici micro-benchmark che usano il `time` di Unix o il `<chrono>` della libreria standard possono aiutare a dissipare i miti più ovvi. Se non si riesce a misurare accuratamente tutto il sistema, si provi almeno a misurare alcune delle operazioni e algoritmi chiave. Un profiler può aiutare a capire quali parti del sistema sono critiche per le prestazioni. Spesso, ci si sorprenderà. ???

14.7 Per.7: Progettare per consentire l'ottimizzazione

14.7.1 Motivo

Perché spesso si deve ottimizzare il progetto iniziale. Perché un progetto che ignora la possibilità di un successivo miglioramento è difficile da modificare.

14.7.2 Esempio

Dal C (e dal C++) standard:

```
void qsort (void* base, size_t num, size_t size, int (*compar)(const_
→void*, const void*));
```

Quando c'è stato bisogno di ordinare la memoria? In realtà, si ordinano sequenze di elementi, in genere memorizzati in contenitori. Una chiamata a `qsort` elimina molte informazioni utili (p.es., il tipo degli elementi), costringe l'utente a ripetere le informazioni già note (p.es., la dimensione degli elementi), ed obbliga a scrivere altro codice (p.es., una funzione per confrontare i double). Ciò implica un lavoro aggiuntivo per il programmatore, soggetto a errori e si priva il compilatore delle informazioni necessarie per l'ottimizzazione.

```
double data[100];
// ... fill a ...

// 100 chunks of memory of sizeof(double) starting at
// address data using the order defined by compare_doubles
qsort(data, 100, sizeof(double), compare_doubles);
```

Dal punto di vista della progettazione dell'interfaccia, `qsort` getta via informazioni utili.

Si può fare di meglio (nel C++98)

```
template<typename Iter>
    void sort(Iter b, Iter e); // sort [b:e)

sort(data, data + 100);
```

Qui, si usano le conoscenze del compilatore sulla dimensione dell'array, il tipo degli elementi e su come confrontare i double.

Col C++20 possiamo fare ancora meglio

```
// sortable specifies that c must be a
// random-access sequence of elements comparable with <
void sort(sortable auto& c);

sort(c);
```

La chiave è passare informazioni sufficienti per scegliere una buona implementazione. In questo, le interfacce `sort` mostrano qui un ulteriore punto debole: Si basano implicitamente sul tipo di elemento che abbia definito il «minore di» (<). Per completare l'interfaccia, abbiamo bisogno di una seconda versione che accetti un criterio di confronto:

```
// compare elements of c using r
template<random_access_range R, class C> requires sortable<R, C>
void sort(R&& r, C c);
```

La specifica di `sort` della libreria standard di propone due versioni e altro ancora.

14.7.3 Nota

Si dice che l'ottimizzazione prematura sia *la fonte di tutti i mali*, ma questo non è un motivo per disdegnare le prestazioni. Non è mai prematuro considerare ciò che rende un progetto migliorabile e migliorare le prestazioni è un miglioramento comunemente desiderato. Si cerchi di creare un insieme di abitudini che per default si traducano in un codice efficiente, gestibile e ottimizzabile. In particolare, quando si scrive una funzione che non sia un dettaglio di implementazione una tantum, considerare

- **Passaggio delle informazioni:** Preferire delle semplici *interfacce* che trasportino abbastanza informazioni per un successivo miglioramento dell'implementazione. Si noti che le informazioni fluiscono dentro e fuori da un'implementazione attraverso le interfacce che si forniscono.
- **Dati compatti:** Per default, *usare dati compatti*, come in `std::vector` e *accedervi in modo sistematico*. Se si ritiene di aver bisogno di una struttura collegata, provare a creare l'interfaccia in modo che questa struttura non venga vista dagli utenti.
- **Argomenti passati e restituiti dalla funzione:** Distinguere tra dati mutabili e non-mutabili. Non imporre l'onere di una gestione delle risorse ai propri utenti. Non imporre false indirizzazioni a run-time ai propri clienti. Usare *modi convenzionali* per passare le informazioni attraverso l'interfaccia; modi non convenzionali e/o modi «ottimizzati» per il passaggio dei dati possono seriamente complicare le successive ottimizzazioni.
- **Astrazione:** Non generalizzare eccessivamente; un progetto che cerca di soddisfare ogni possibile uso (ed abuso) e che rifiuta ogni decisione progettuale successiva (utilizzando indirizzazioni durante la compilazione o a run-time) è solitamente un pasticcio complicato,

rigonfio e difficile da capire. Generalizzare da esempi concreti, preservando le prestazioni. Non generalizzare basandosi su mere speculazioni sulle future necessità. L'ideale è una generalizzazione «zero-overhead».

- **Librerie:** Usare librerie con delle buone interfacce. Se non è disponibile una libreria se ne crei una imitando lo stile dell'interfaccia di una buona libreria. La *libreria standard* è il primo buon posto per ispirarsi.
- **Isolamento:** Isolare il proprio codice da quello disordinato e/o vecchio stile fornendo un'interfaccia adatta. Questo è talvolta detto «fornire un wrapper» per il codice utile/necessario ma disordinato. Non lasciare che i cattivi progetti «si insinuino» nel proprio codice.

14.7.4 Esempio

Si consideri:

```
template<class ForwardIterator, class T>
bool binary_search(ForwardIterator first, ForwardIterator last, const
    ↪T& val);
```

`binary_search(begin(c), end(c), 7)` dirà se 7 è in `c` oppure no. Tuttavia, non dirà dove si trova quel 7 e se ci sono più di un 7.

A volte, è sufficiente restituire la minima quantità di informazioni (qui, `true` o `false`), ma una buona interfaccia restituisce le informazioni necessarie al chiamante. Quindi, la libreria `standard` offre anche

```
template<class ForwardIterator, class T>
ForwardIterator lower_bound(ForwardIterator first, ForwardIterator
    ↪last, const T& val);
```

`lower_bound` restituisce un iteratore alla prima corrispondenza se c'è, altrimenti al primo elemento maggiore di `val`, o `last` se nessun elemento è stato trovato.

Tuttavia, `lower_bound` non restituisce ancora informazioni sufficienti per tutti gli usi, quindi la libreria `standard` propone anche

```
template<class ForwardIterator, class T>
pair<ForwardIterator, ForwardIterator>
equal_range(ForwardIterator first, ForwardIterator last, const T& val);
```

`equal_range` restituisce una `pair` [coppia] di iteratori il primo e uno oltre l'ultima corrispondenza.

```
auto r = equal_range(begin(c), end(c), 7);
for (auto p = r.first; p != r.second; ++p)
    cout << *p << '\n';
```

Ovviamente, queste tre interfacce sono implementate con lo stesso codice di base. Sono semplicemente tre modi per presentare agli utenti l'algoritmo di ricerca binaria di base, che vanno da quelle che restituiscono le informazioni più semplici («semplifica le cose semplici!») a quelle più complete, ma non sempre necessarie, («non nascondere informazioni utili»). Naturalmente, la creazione di un tale set di interfacce richiede esperienza e conoscenza del dominio.

14.7.5 Nota

Non creare banalmente l'interfaccia in modo che corrisponda alla prima implementazione e al primo caso d'uso a cui si pensa. Una volta completata l'implementazione iniziale, la si esamini; una volta distribuita, sarà difficile porre rimedio agli errori.

14.7.6 Nota

Una necessità di efficienza non implica una necessità di *codice a basso-livello*. Il codice di alto livello non è necessariamente lento o prolisso.

14.7.7 Nota

Le cose hanno dei costi. Non si dev'essere paranoici sui costi (i moderni computer sono veramente molto veloci), ma si deve avere un'idea approssimativa dell'ordine di grandezza del costo di quello che si usa. Per esempio, avere idea del costo di un accesso alla memoria, una chiamata a una funzione, il confronto tra stringhe, una chiamata di sistema, un accesso al disco, e un messaggio tramite la rete.

14.7.8 Nota

Se si riesce a pensare a una sola implementazione, probabilmente non si ha qualcosa per cui poter escogitare un'interfaccia stabile. Forse, è solo un dettaglio implementativo - non tutte le parti del codice hanno bisogno di un'interfaccia stabile - ma ci si prenda una pausa e si facciano delle considerazioni. Una domanda che può essere utile è «quale interfaccia sarebbe necessaria se questa operazione dovesse essere implementata usando più thread? essere vettorizzata?»

14.7.9 Nota

Questa regola non contraddice la regola *Non ottimizzare prematuramente*. Essa la completa, incoraggiando gli sviluppatori a consentire un'ottimizzazione successiva, appropriata e non-prematura, se e dove necessario.

14.7.10 Imposizione

Difficile. Forse cercando gli argomenti della funzione `void*` si troveranno esempi di interfacce che ostacolano la successiva ottimizzazione.

14.8 Per.10: Affidarsi al sistema di tipo statico

14.8.1 Motivo

Le violazioni dei tipi, i tipi deboli (p.es. i `void*`), e il codice a basso-livello (p.es., manipolazione di sequenze come singoli byte) rendono il lavoro dell'ottimizzatore molto più difficile. Il codice semplice spesso si ottimizza meglio del codice complicato fatto a mano.

???

14.9 Per.11: Spostare il calcolo dal run-time alla compilazione

14.9.1 Motivo

Per ridurre la dimensione del codice e il tempo di esecuzione. Per evitare i conflitti dei dati [data race] utilizzando le costanti. Per rilevare gli errori in fase di compilazione (eliminando così la necessità di un codice per la gestione degli errori).

14.9.2 Esempio

```
double square(double d) { return d*d; }
static double s2 = square(2);    // old-style: dynamic initialization

constexpr double ntimes(double d, int n)    // assume 0 <= n
{
    double m = 1;
    while (n--) m *= d;
    return m;
}
constexpr double s3 {ntimes(2, 3)}; // modern-style: compile-time
↳ initialization
```

Il codice come l'inizializzazione di `s2` non è raro, specialmente per un'inizializzazione che sia un po' più complicata di `square()`. Tuttavia, rispetto all'inizializzazione di `s3` ci sono due problemi:

- si subisce l'overhead di una chiamata durante l'esecuzione

- un altro thread potrebbe accedere a s2 prima che avvenga l'inizializzazione.

Note: non si può avere un conflitto su una costante.

14.9.3 Esempio

Si prenda in considerazione una popolare tecnica per fornire un handle per memorizzare piccoli oggetti nell'handle stesso e quelli più grandi sull'heap.

```
constexpr int on_stack_max = 20;

template<typename T>
struct Scoped {      // store a T in Scoped
    // ...
    T obj;
};

template<typename T>
struct On_heap {     // store a T on the free store
    // ...
    T* objp;
};

template<typename T>
using Handle = typename std::conditional<(sizeof(T) <= on_stack_max),
    Scoped<T>,      // first alternative
    On_heap<T>      // second alternative
>::type;

void f()
{
    Handle<double> v1;                // the double goes on the
    ↪stack
    Handle<std::array<double, 200>> v2; // the array goes on the free
    ↪store
    // ...
}
```

Si supponga che `Scoped` e `On_heap` abbiano delle interfacce utente compatibili. Qui si calcola il tipo ottimale da utilizzare in fase di compilazione. Esistono tecniche simili per selezionare la funzione ottimale da chiamare.

14.9.4 Nota

L'ideale è *non* per cercare di eseguire tutto in fase di compilazione. Ovviamente, la maggior parte dei calcoli dipende dagli input, quindi non si possono spostare in fase di compilazione, ma al di là di questo vincolo logico c'è il fatto che il calcolo complesso in fase di compilazione ne può aumentare notevolmente i tempi e complicare il debug. È anche possibile che si rallenti il codice mediante il calcolo in fase di compilazione. Questo è certamente raro, ma scomponendo un calcolo generale in sotto-calcoli separatamente ottimali, è possibile rendere meno efficace la cache delle istruzioni.

14.9.5 Imposizione

- Cercare le funzioni più semplici che potrebbero essere constexpr (ma non lo sono).
- Cercare le funzioni chiamate con tutti gli argomenti con espressioni costanti.
- Cercare le macro che potrebbero essere constexpr.

14.10 Per.12: Eliminare gli alias ridondanti

???

14.11 Per.13: Eliminare le indirezioni ridondanti

???

14.12 Per.14: Minimizzare il numero di allocazioni e de-allocazioni

???

14.13 Per.15: Non allocare su un ramo critico

???

14.14 Per.16: Usare strutture dati compatte

14.14.1 Motivo

Le prestazioni sono solitamente dominate dai tempi di accesso alla memoria.

???

14.15 Per.17: Dichiarare per primi i membri più usati di una struct time-critical

???

14.16 Per.18: Lo spazio è tempo

14.16.1 Motivo

Le prestazioni sono solitamente dominate dai tempi di accesso alla memoria.

???

14.17 Per.19: Accesso prevedibile alla memoria

14.17.1 Motivo

Le prestazioni sono molto sensibili alle prestazioni della cache e gli algoritmi della cache favoriscono il semplice accesso (solitamente lineare) ai dati adiacenti.

14.17.2 Esempio

```
int matrix[rows][cols];

// bad
for (int c = 0; c < cols; ++c)
    for (int r = 0; r < rows; ++r)
        sum += matrix[r][c];

// good
for (int r = 0; r < rows; ++r)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
for (int c = 0; c < cols; ++c)
    sum += matrix[r][c];
```

14.18 Per.30: Evitare i [context switch] sui percorsi [path] critici

???

CP: Concorrenza e parallelismo

Spesso si vuole che i computer facciano molte cose contemporaneamente (o almeno che sembrino eseguirle nello stesso tempo). I motivi per volerlo sono vari (p.es., aspettare molti eventi con un singolo processore, elaborare molti flussi di dati simultaneamente o utilizzare tante infrastrutture hardware) e questo lo fanno delle strutture basilari per espletare la concorrenza e il parallelismo. Qui, si parla di alcuni principi e regole per usare le strutture del C++ standard ISO per espletare la concorrenza e il parallelismo.

I thread sono le fondamenta a livello macchina per la programmazione concorrente e parallela. I thread consentono l'esecuzione di più sezioni di un programma indipendentemente, condividendo la stessa memoria. La programmazione concorrente è complicata, perché proteggere i dati condivisi tra i thread è più facile a dirsi che a farsi. Eseguire un codice single-thread esistente in modo concorrente può risultare banale come aggiungere strategicamente `std::async` o `std::thread`, o può essere necessario riscrivere tutto, a seconda che il codice originale sia stato scritto in modo thread-friendly.

Le regole della concorrenza/parallelismo in questo documento sono progettate tenendo tre obiettivi in mente:

- Aiutare a scrivere codice utilizzabile in un ambiente con thread
- Illustrare un modo pulito e sicuro per utilizzare le primitive del threading fornite dalla libreria standard
- Offrire indicazioni su cosa fare quando la concorrenza e il parallelismo non raggiungono le prestazioni necessarie

È anche importante notare che la concorrenza in C++ è una storia incompiuta. Il C++11 ha introdotto molte primitive centrali per la concorrenza, il C++14 e il C++17 le hanno migliorate, e c'è molto interesse nel semplificare la scrittura di programmi concorrenti in C++. Si prevede che alcune di queste linee-guida relative alla libreria cambieranno significativamente nel tempo.

Questa sezione richiede molto lavoro (ovviamente). Si noti che si inizia con le regole riguardanti i non esperti. I veri esperti devono aspettare un po’; i contributi sono ben accettati, ma per favore, si pensi alla maggior parte dei programmatori che stanno lottando per far funzionare correttamente e in modo performante i loro programmi concorrenti.

Riepilogo delle regole sul parallelismo e la concorrenza:

- *CP.1: Si assuma che il proprio codice girerà come parte in un programma multi-threaded*
- *CP.2: Evitare i conflitti dei dati [data race]*
- *CP.3: Minimizzare la condivisione esplicita dei dati scrivibili*
- *CP.4: Pensare in termini di task, anziché di thread*
- *CP.8: Non cercare di usare `volatile` per la sincronizzazione*
- *CP.9: Quando possibile utilizzare i tool per validare il proprio codice concorrente*

Si veda anche:

- *CP.con: Concorrenza*
- *CP.coro: Coroutine*
- *CP.par: Parallelismo*
- *CP.mess: Passaggio dei messaggi*
- *CP.vec: Vettorizzazione*
- *CP.free: Programmazione senza lock*
- *CP.etc: Ecc. regole della concorrenza*

15.1 CP.1: Si assuma che il proprio codice girerà come parte in un programma multi-threaded

15.1.1 Motivo

È difficile essere certi che la concorrenza non sia utilizzata ora e che non verrà utilizzata in futuro. Il codice si riutilizza. Le librerie che non utilizzano i thread potrebbero essere utilizzate da un'altra parte in un programma che utilizza i thread. Si noti che questa regola si applica subito al codice della libreria e meno urgentemente alle applicazioni singole. Tuttavia, nel tempo, pezzi di codice possono apparire in luoghi inaspettati.

15.1.2 Esempio, cattivo

```
double cached_computation(int x)
{
    // bad: these statics cause data races in multi-threaded usage
    static int cached_x = 0.0;
    static double cached_result = COMPUTATION_OF_ZERO;

    if (cached_x != x) {
        cached_x = x;
        cached_result = computation(x);
    }
    return cached_result;
}
```

Sebbene `cached_computation` funziona perfettamente in un ambiente single-thread, in uno multi-threaded le due variabili static provocano conflitti e quindi un comportamento indefinito.

15.1.3 Esempio, buono

```
struct ComputationCache {
    int cached_x = 0;
    double cached_result = COMPUTATION_OF_ZERO;

    double compute(int x) {
        if (cached_x != x) {
            cached_x = x;
            cached_result = computation(x);
        }
        return cached_result;
    }
};
```

Qui la cache viene memorizzata come un dato membro di un oggetto `ComputationCache`, anziché come uno stato statico condiviso. Questa refactoring essenzialmente delega la responsabilità al chiamante: un programma single-threaded potrebbe ancora decidere di avere un `ComputationCache` globale, mentre un programma multi-threaded potrebbe avere un'istanza `ComputationCache` per ciascun thread o una per ciascun «contesto» per qualsiasi definizione di «contesto». La funzione refactored non tenta più di gestire l'allocazione di `cached_x`. In questo senso, questa è un'applicazione del «Single Responsibility Principle».

In questo specifico esempio, il refactoring per la sicurezza del thread migliora anche la riutilizzabilità nei programmi single-threaded. Non è difficile immaginare che un programma a thread singolo potrebbe volere due istanze `ComputationCache` per usarle in diverse parti del programma, senza che i dati memorizzati nella cache vengano sovrascritti a vicenda.

Ci sono molti altri modi con cui si può migliorare la sicurezza dei thread al codice scritto per un ambiente multi-threaded standard (ovvero, uno in cui l'unica forma di concorrenza sia `std::thread`):

- Contrassegnare le variabili di stato come `thread_local` anziché `static`.
- Implementare il controllo della concorrenza, ad esempio, proteggendo l'accesso alle due variabili `static` con uno `static std::mutex`.
- Rifiutare di compilare e/o eseguire in un ambiente multi-thread.
- Fornire due implementazioni: una per ambienti a singolo thread e un'altra per ambienti a thread multipli.

15.1.4 Eccezione

Il codice che non viene mai eseguito in un ambiente multi-thread.

Fare attenzione: ci sono molti esempi in cui il codice «riconosciuto» che non girava in un programma multi-thread è stato inserito in un programma multi-thread, spesso dopo anni.. Solitamente, questi programmi portano ad un penoso lavoro per rimuovere i conflitti. Pertanto, il codice che non dovrebbe mai essere eseguito in un ambiente multi-thread dovrebbe essere chiaramente etichettato come tale e idealmente dotato di meccanismi, durante la compilazione o a run-time, per rilevare tempestivamente i bug di utilizzo.

15.2 CP.2: Evitare i conflitti dei dati [data race]

15.2.1 Motivo

Se non lo si fa, niente garantisce il funzionamento e persistono dei subdoli errori.

15.2.2 Nota

In breve, se due thread possono accedere contemporaneamente allo stesso oggetto (senza sincronizzazione), e almeno uno scrive (eseguendo un'operazione non-`const`), si ha un conflitto [data race]. Per ulteriori informazioni su come utilizzare bene la sincronizzazione per eliminare i conflitti, si consulti un buon libro sulla concorrenza (Vedere *Studiare attentamente la bibliografia*).

15.2.3 Esempio, cattivo

Esistono molti esempi di conflitti, alcuni dei quali girano in software di produzione in questo preciso momento. Un semplicissimo esempio:

```
int get_id()
{
    static int id = 1;
    return id++;
}
```

L'incremento qui è un esempio di conflitto [data race]. Questo può andar male in molti modi, tra cui:

- Il thread A carica il valore di `id`, Il contesto del sistema operativo disattiva A per un po'', durante il quale altri thread creano centinaia di ID. Quando torna in esecuzione il thread A, `id` viene riscritto col valore di `id` letto da A più uno.
- I thread A e B caricano `id` e lo incrementano simultaneamente. Entrambi ottengono lo stesso ID.

Le variabili static locali sono una comune fonte di conflitti [data race].

15.2.4 Esempio, cattivo:

```
void f(fstream& fs, regex pattern)
{
    array<double, max> buf;
    int sz = read_vec(fs, buf, max);           // read from fs into_
    ↪buf
    gsl::span<double> s {buf};
    // ...
    auto h1 = async([&] { sort(std::execution::par, s); });    //_
    ↪spawn a task to sort
    // ...
    auto h2 = async([&] { return find_all(buf, sz, pattern); });    //_
    ↪spawn a task to find matches
    // ...
}
```

Qui, si ha un (brutto) conflitto tra gli elementi di `buf` (`sort` leggerà e scriverà). Tutti i conflitti [data race] sono brutti. Qui, si è riusciti ad avere un conflitto tra i dati sullo stack. Non tutti i conflitti sono facili da evidenziare come questo.

15.2.5 Esempio, cattivo:

```
// code not controlled by a lock

unsigned val;

if (val < 5) {
    // ... other thread can change val here ...
    switch (val) {
        case 0: // ...
        case 1: // ...
        case 2: // ...
        case 3: // ...
        case 4: // ...
    }
}
```

Ora, un compilatore che non sa che `val` può cambiare, molto probabilmente implementerà quello `switch` usando una tabella dei salti con cinque voci. Quindi, un `val` al di fuori dell'intervallo `[0..4]` provocherà un salto ad un indirizzo che può puntare ovunque nel programma e l'esecuzione proseguirà da lì. Davvero, «tutto può accadere» se si ha un conflitto. In realtà, può capitare di peggio: guardando il codice generato si potrebbe essere in grado di determinare dove salterà per un dato valore; questo può essere un rischio per la sicurezza.

15.2.6 Imposizione

Se possibile, fare almeno qualcosa. Ci sono tool commerciali ed open-source che cercano di risolvere questo problema, ma si tenga presente che le soluzioni hanno un costo e dei punti ignoti. I tool statici spesso hanno molti falsi positivi mentre quelli a run-time spesso hanno un costo elevato. Si spera in strumenti migliori. Utilizzando più tool si possono rilevare più problemi che con uno solo.

Ci sono altri modi per attenuare la possibilità di conflitti:

- Evitare i dati globali
- Evitare le variabili `static`
- Usare più tipi concreti sullo stack (e non passare troppi puntatori)
- Usare maggiormente dati immutabili (letterali, `constexpr` e `const`)

15.3 CP.3: Minimizzare la condivisione esplicita dei dati scrivibili

15.3.1 Motivo

Se non si condividono dati scrivibili, non si hanno conflitti. Meno condivisione si fa, minori possibilità si hanno di dimenticare di sincronizzare l'accesso (ottenendo conflitti). Meno condivisione si fa, minori possibilità si hanno di aspettare per un lock (migliorando le prestazioni).

15.3.2 Esempio

```
bool validate(const vector<Reading>&);
Graph<Temp_node> temperature_gradients(const vector<Reading>&);
Image altitude_map(const vector<Reading>&);
// ...

void process_readings(const vector<Reading>& surface_readings)
{
    auto h1 = async([&] { if (!validate(surface_readings)) throw_
→Invalid_data{}; });
    auto h2 = async([&] { return temperature_gradients(surface_
→readings); });
    auto h3 = async([&] { return altitude_map(surface_readings); });
    // ...
    h1.get();
    auto v2 = h2.get();
    auto v3 = h3.get();
    // ...
}
```

Senza quelle `const`, si dovrebbe rivedere ogni funzione richiamata in modo asincrono per un potenziale conflitto su `surface_readings`. Rendere `surface_readings` per essere `const` (rispetto a questa funzione) consente il ragionamento utilizzando solo il corpo della funzione.

15.3.3 Nota

I dati immutabili si possono condividere in modo sicuro ed efficientemente. Non è necessario alcun lock: Non si può avere un conflitto su una costante. Si veda anche *CP.mess: Passaggio dei Parametri* e *CP.31: preferire il passaggio per valore*.

15.3.4 Imposizione

???

15.4 CP.4: Pensare in termini di task, anziché di thread

15.4.1 Motivo

Un thread è l'implementazione di un concetto, un modo di pensare alla macchina. Un task è una nozione di applicazione, qualcosa che ci piacerebbe fare, preferibilmente contemporaneamente ad altre attività. I concetti dell'applicazione sono più facili da immaginare.

15.4.2 Esempio

```
void some_fun(const std::string& msg)
{
    std::thread publisher([=] { std::cout << msg; });           // bad:
    ↪less expressive                                             //      and
    ↪more error-prone                                           //
    auto pubtask = std::async([=] { std::cout << msg; });       // OK
    // ...
    publisher.join();
}
```

15.4.3 Nota

Ad eccezione di `async()`, le funzioni della libreria standard sono low-level, machine-oriented, a livello di thread-e-lock. Questa è un fondamento necessario, ma si deve cercare di aumentare il livello di astrazione: per produttività, per affidabilità e per prestazione. Questo è un potente argomento per usare librerie a più alto livello, più orientate alle applicazioni (se possibile, basate sulle funzioni della libreria standard).

15.4.4 Imposizione

???

15.5 CP.8: Non cercare di usare volatile per la sincronizzazione

15.5.1 Motivo

In C++, diversamente da altri linguaggi, `volatile` non fornisce l'atomicità, non sincronizza tra i thread, e non impedisce il riordino delle istruzioni (né il compilatore né l'hardware). Semplicemente non ha nulla a che fare con la concorrenza.

15.5.2 Esempio, cattivo:

```
int free_slots = max_slots; // current source of memory for objects

Pool* use()
{
    if (int n = free_slots--) return &pool[n];
}
```

Qui c'è un problema: Questo è un codice perfettamente valido in un programma a thread singolo, ma ci sono due thread che lo eseguono e c'è una condizione di «race» su `free_slots` in cui due i thread possono ottenere lo stesso valore e `free_slots`. Questo è (ovviamente) un brutto conflitto e gli esperti di altri linguaggi potrebbero cercare di risolvere in questo modo:

```
volatile int free_slots = max_slots; // current source of memory for
↳objects

Pool* use()
{
    if (int n = free_slots--) return &pool[n];
}
```

Questo non ha alcun effetto sulla sincronizzazione: Il conflitto resta!

Il meccanismo del C++ per questo è scrivere `atomic`:

```
atomic<int> free_slots = max_slots; // current source of memory for
↳objects

Pool* use()
{
    if (int n = free_slots--) return &pool[n];
}
```

Ora l'operazione `--` è atomica, anziché una sequenza leggi-incrementa-scrivi dove un altro thread potrebbe inserirsi tra le operazioni.

15.5.3 Alternativa

Usare i tipi `atomic` dove si userebbe `volatile` in un altro linguaggio. Usare un mutex per esempi più complicati.

15.5.4 Si veda anche

(rari) usi appropriati di `volatile`

15.6 CP.9: Quando possibile utilizzare i tool per validare il proprio codice concorrente

L'esperienza dimostra che il codice concorrente è estremamente difficile da scrivere correttamente e che il controllo in fase di compilazione, quelli a run-time, ed i test sono meno efficaci nel trovare gli errori sulla concorrenza rispetto a quelli che cercano errori nel codice sequenziale. Subdoli errori di concorrenza possono avere effetti drammaticamente negativi, tra cui la corruzione della memoria, deadlock e vulnerabilità della sicurezza.

15.6.1 Esempio

???

15.6.2 Nota

La sicurezza del thread è impegnativa, spesso ha la meglio sui programmatori esperti: gli strumenti costituiscono una importante strategia per mitigare tali rischi. Ci sono molti tool «in giro», sia commerciali che open-source, sia tool per la ricerca che per la produzione. Sfortunatamente le esigenze e i vincoli delle persone differiscono in modo così drammatico che non si possono formulare raccomandazioni specifiche, ma si può menzionare:

- Strumenti di imposizione [enforcement] statica: sia `clang` e qualche più vecchia versione di `GCC` hanno qualche supporto per l'annotazione statica delle proprietà sulla sicurezza del thread. L'uso coerente di questa tecnica trasforma molte classi di errori sulla sicurezza dei thread in errori di compilazione. Le annotazioni sono generalmente locali (contrassegnando un particolare dato membro come protetto da un particolare mutex) e solitamente sono facili da imparare. Tuttavia, come con molti tool statici, possono spesso presentare falsi negativi; casi che avrebbero dovuto essere rilevati ma vengono autorizzati.
- strumenti di imposizione [enforcement] dinamica: Il `Thread Sanitizer` di Clang (aka TSAN) è un potente esempio di strumenti dinamici: esso cambia la compilazione e l'esecuzione del proprio programma aggiungendo un conteggio sull'accesso della memoria, identificando assolutamente i conflitti in una data esecuzione del codice binario. Il suo costo è sia in memoria (5-10x nella maggior parte dei casi) che in rallentamento della CPU

(2-20x). Gli strumenti dinamici come questi sono migliori quando vengono applicati ai test di integrazione, ai «canary pushes», o unit di test che operano su thread multipli. Il carico di lavoro è importante: Quando TSAN identifica un problema, si tratta sempre di un vero e proprio conflitto [data race], ma può identificare solo i conflitti visti in una data esecuzione.

15.6.3 Imposizione

Spetta a un costruttore di applicazioni scegliere quali strumenti di supporto sono utili per una particolare applicazione.

15.7 CP.con: Concorrenza

Questa sezione si concentra sugli usi relativamente ad-hoc dei thread multipli che comunicano tramite dati condivisi.

- Per gli algoritmi paralleli, si veda *parallelismo*
- Per la comunicazione inter-task senza una esplicita condivisione, si veda *messaging*
- Per il codice vettoriale parallelo, si veda *vettorizzazione*
- Per la programmazione lock-free, si veda *lock free*

Riepilogo delle regole sulla concorrenza:

- CP.20: Usare il RAII, mai il semplice `lock()/unlock()`
- CP.21: Usare `std::lock()` o `std::scoped_lock` per acquisire mutex multipli
- CP.22: Mai chiamare codice sconosciuto mentre si tiene un lock (p.es., una callback)
- CP.23: Pensare ad un `thread` congiunto [*joining*] come contenitore con uno scope
- CP.24: Pensare ad un `thread` come ad un contenitore globale
- CP.25: Preferire `gsl::joining_thread` a `std::thread`
- CP.26: Non eseguire il `detach()` di un `thread`
- CP.31: Passare una piccola quantità di dati tra i thread per valore, anziché per riferimento o puntatore
- CP.32: Per condividere la proprietà [ownership] tra `thread` non correlati, usare gli `shared_ptr`
- CP.40: Minimizzare il [*context switching*]
- CP.41: Minimizzare la creazione e la distruzione del `thread`
- CP.42: Non eseguire un `wait` senza una condizione
- CP.43: Minimizzare il tempo trascorso nella sezione critica
- CP.44: Ricordarsi di dare un nome ai `lock_guards` e agli `unique_lock`

- *CP.50: Definire un mutex assieme ai dati che protegge. Usare `synchronized_value<T>` dove possibile*
- ??? quando usare uno spinlock
- ??? quando usare `try_lock()`
- ??? quando preferire `lock_guard` a `unique_lock`
- ??? [Time multiplexing]
- ??? quando/come usare `new thread`

15.7.1 CP.20: Usare il RAlI, mai il semplice `lock()/unlock()`

Motivo

Evitare brutti errori con i lock non rilasciati.

Esempio, cattivo

```
mutex mtx;

void do_stuff()
{
    mtx.lock();
    // ... do stuff ...
    mtx.unlock();
}
```

Prima o poi, qualcuno dimenticherà il `mtx.unlock()`, piazzando un `return` nel `... do stuff ...`, generando un'eccezione o qualcosa del genere.

```
mutex mtx;

void do_stuff()
{
    unique_lock<mutex> lck {mtx};
    // ... do stuff ...
}
```


Imposizione

Segnalare le chiamate del membro `lock()` e `unlock()`. ???

15.7.2 CP.21: Usare `std::lock()` o `std::scoped_lock` per acquisire mutex multipli

Motivo

Per evitare i deadlock sui mutex multipli.

Esempio

Questo provoca un deadlock:

```
// thread 1
lock_guard<mutex> lck1(m1);
lock_guard<mutex> lck2(m2);

// thread 2
lock_guard<mutex> lck2(m2);
lock_guard<mutex> lck1(m1);
```

Usare, invece `lock()`:

```
// thread 1
lock(m1, m2);
lock_guard<mutex> lck1(m1, adopt_lock);
lock_guard<mutex> lck2(m2, adopt_lock);

// thread 2
lock(m2, m1);
lock_guard<mutex> lck2(m2, adopt_lock);
lock_guard<mutex> lck1(m1, adopt_lock);
```

o (meglio, ma solo in C++17):

```
// thread 1
scoped_lock<mutex, mutex> lck1(m1, m2);

// thread 2
scoped_lock<mutex, mutex> lck2(m2, m1);
```

Qui, quelli che hanno scritto `thread1` e `thread2` non sono ancora d'accordo sull'ordine dei mutex, ma l'ordine non importa più.

Nota

Nel codice reale, i `mutex` hanno raramente un nome per rammentare convenientemente al programmatore una relazione e un ordine di acquisizione previsti. Nel codice reale, i `mutex` non sempre sono convenientemente acquisiti su righe consecutive.

Nota

Nel C++17 è possibile scrivere semplicemente

```
lock_guard lck1(m1, adopt_lock);
```

e dedurre il tipo `mutex`.

Imposizione

Rilevare l'acquisizione di `mutex` multipli. Questo è generalmente indecidibile, ma prendere semplici esempi (come quello precedente) è facile.

15.7.3 CP.22: Mai chiamare codice sconosciuto mentre si tiene un lock (p.es., una callback)

Motivo

Se non si sa cosa faccia un pezzo di codice, si rischia un deadlock.

Esempio

```
void do_this(Foo* p)
{
    lock_guard<mutex> lck {my_mutex};
    // ... do something ...
    p->act(my_data);
    // ...
}
```

Se non si sa cosa fa `Foo::act` (forse è una funzione virtuale che invoca una classe membro derivata da una classe non ancora scritta), si potrebbe chiamare `do_this` (ricorsivamente) provocando un deadlock su `my_mutex`. Forse si bloccherà su un `mutex` diverso e non tornerà in un tempo ragionevole, causando ritardi a qualsiasi codice che chiama `do_this`.

Esempio

Un esempio comune del problema di «chiamare codice ignoto» è una chiamata a una funzione che tenta di acquisire l'accesso allo stesso oggetto sottoposto a lock. Tale problema può spesso essere risolto utilizzando un `recursive_mutex`. Per esempio:

```
recursive_mutex my_mutex;

template<typename Action>
void do_something(Action f)
{
    unique_lock<recursive_mutex> lck {my_mutex};
    // ... do something ...
    f(this);    // f will do something to *this
    // ...
}
```

Se, come è probabile, `f()` richiama delle operazioni su `*this`, ci si deve assicurare che l'invariante dell'oggetto sia preso prima della chiamata.

Imposizione

- Segnalare una chiamata a una funzione virtuale prendendo un `mutex` non ricorsivo
- Segnalare la chiamata a una callback prendendo un `mutex` non ricorsivo

15.7.4 CP.23: Pensare ad un thread congiunto [joining] come contenitore con uno scope

Motivo

Per mantenere la sicurezza del puntatore ed evitare i leak, si devono considerare quali puntatori vengono usati da un thread. Se un thread si unisce [joins], si possono tranquillamente passare i puntatori agli oggetti nello scope `thread` e degli scope racchiusi.

Esempio

```
void f(int* p)
{
    // ...
    *p = 99;
    // ...
}
int glob = 33;
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void some_fct(int* p)
{
    int x = 77;
    joining_thread t0(f, &x);           // OK
    joining_thread t1(f, p);           // OK
    joining_thread t2(f, &glob);       // OK
    auto q = make_unique<int>(99);
    joining_thread t3(f, q.get());     // OK
    // ...
}
```

Un `gsl::joining_thread` è un `std::thread` con un distruttore che si unisce [joins] e che non può essere `detached()`. Per «OK» si intende che l'oggetto starà nello scope («attivo») finché un thread può usare un puntatore ad esso. Il fatto che i thread vengano eseguiti contemporaneamente qui non influisce sui problemi di durata o proprietà; questi thread possono essere visti come un solo oggetto funzione chiamato da `some_fct`.

Imposizione

Assicurarsi che dei `joining_thread` non eseguano il `detach()`. Successivamente, si applica la solita imposizione sul ciclo di vita [lifetime] e la proprietà [ownership] (per gli oggetti locali).

15.7.5 CP.24: Pensare ad un thread come ad un contenitore globale

Motivo

Per mantenere la sicurezza del puntatore ed evitare i leak, si devono considerare quali puntatori vengono usati da un thread. Se un thread è staccato [detached], si possono tranquillamente passare puntatori a oggetti statici e sull'heap [free store] (solo).

Esempio

```
void f(int* p)
{
    // ...
    *p = 99;
    // ...
}

int glob = 33;

void some_fct(int* p)
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
{
    int x = 77;
    std::thread t0(f, &x);           // bad
    std::thread t1(f, p);           // bad
    std::thread t2(f, &glob);       // OK
    auto q = make_unique<int>(99);
    std::thread t3(f, q.get());     // bad
    // ...
    t0.detach();
    t1.detach();
    t2.detach();
    t3.detach();
    // ...
}
```

Con «OK» si intende che l'oggetto rimarrà nello scope («attivo») fin quando un thread userà i puntatori ad esso. Con «bad» si intende che un thread potrebbe usare un puntatore dopo che l'oggetto puntato è stato distrutto. Il fatto che i thread vengano eseguiti contemporaneamente qui non influisce sui problemi di durata o proprietà; questi thread possono essere visti come un solo oggetto funzione chiamato da `some_fct`.

Nota

Anche gli oggetti con una durata nello storage statico possono dare problemi se usati dai thread [detached]: se il thread continua fino alla fine del programma, potrebbe stare in esecuzione contemporaneamente alla distruzione di oggetti statici, e quindi l'accesso a tali oggetti potrebbe sollevare un conflitto [race].

Nota

Questa regola è ridondante se *non si esegue il detach()* e si usa `gsl::joining_thread`. Tuttavia, la conversione del codice per seguire tali linee-guida potrebbe essere difficile e persino impossibile per le librerie di terze parti. In tali casi, la regola diventa essenziale per la sicurezza della durata e di quella del tipo.

In generale, non si può decidere se viene eseguito un `detach()` per un thread, ma i semplici casi comuni sono facili da rilevare. Se non è possibile dimostrare che un thread non esegue il `detach()`, si deve assumere che lo faccia e che sopravviva allo scope in cui è stato costruito; Dopo di ciò, si applica la solita imposizione sulla durata e la proprietà [ownership] (per gli oggetti globali).

Imposizione

Segnalare i tentativi di passare variabili locali ad un thread di cui si può eseguire il `detach()`.

15.7.6 CP.25: Preferire `gsl::joining_thread` a `std::thread`

Motivo

Un `joining_thread` è un thread che si unisce [joins] alla fine del suo scope. I thread staccati [detached] sono difficili da monitorare. È più difficile garantire l'assenza di errori nei thread staccati [detached] (e nei thread potenzialmente detached).

Esempio, cattivo

```
void f() { std::cout << "Hello "; }

struct F {
    void operator()() const { std::cout << "parallel world "; }
};

int main()
{
    std::thread t1{f};           // f() executes in separate thread
    std::thread t2{F{}};        // F()() executes in separate thread
} // spot the bugs
```

Esempio

```
void f() { std::cout << "Hello "; }

struct F {
    void operator()() const { std::cout << "parallel world "; }
};

int main()
{
    std::thread t1{f};           // f() executes in separate thread
    std::thread t2{F{}};        // F()() executes in separate thread

    t1.join();
    t2.join();
} // one bad bug left
```

Nota

Creare i «thread immortali» globali, racchiuderli in uno scope, o sull'heap [free store] anziché eseguire il `detach()`. *Non eseguire il detach.*

Nota

A causa del vecchio codice e delle librerie di terze parti che usano `std::thread`, questa regola può essere difficile da applicare.

Imposizione

Segnalare l'uso di `std::thread`:

- Suggestire l'utilizzo di `gsl::joining_thread` o `std::jthread` nel C++20.
- Suggestire «l'esportazione della proprietà [exporting ownership]» in uno scope circoscritto se si esegue il `detach`.
- Segnalare se non è chiaro se si esegue il `join` o il `detach` di un thread.

15.7.7 CP.26: Non eseguire il detach() di un thread

Motivo

Spesso, la necessità di sopravvivere allo scope della propria creazione, riguarda l'attività dei thread, ma implementare quell'idea con `detach` rende più difficile monitorare e comunicare con il thread detached. In particolare, è più difficile (anche se non impossibile) garantire che il thread sia completato come previsto o che duri per il tempo previsto.

Esempio

```
void heartbeat();

void use()
{
    std::thread t(heartbeat);                // don't join; heartbeat is
    ↪meant to run forever
    t.detach();
    // ...
}
```

Questo è un ragionevole uso di un thread, per cui solitamente si usa il `detach()`. Ci sono comunque dei problemi. Come si può monitorare un thread detached per vedere se è in esecuzione? Qualcosa potrebbe andare storto con `heartbeat`, e perdere un `heartbeat` può essere molto grave in

un sistema per il quale è necessario. Quindi, è necessario comunicare col thread heartbeat (p.es., tramite uno stream di messaggi o eventi di notifica utilizzando una `condition_variable`).

Una alternativa, e solitamente una soluzione migliore, consiste nel controllarne la durata ponendolo in uno scope al di fuori del suo punto di creazione (o attivazione). Per esempio:

```
void heartbeat();

gsl::joining_thread t(heartbeat);           // heartbeat is meant to run
↳run "forever"
```

Questo heartbeat funzionerà (eccetto che per un errore, problemi hardware, ecc.) finché durerà il programma.

Talvolta, si deve separare il punto di creazione dal punto della proprietà [ownership]:

```
void heartbeat();

unique_ptr<gsl::joining_thread> tick_tock {nullptr};

void use()
{
    // heartbeat is meant to run as long as tick_tock lives
    tick_tock = make_unique<gsl::joining_thread>(heartbeat);
    // ...
}
```

Imposizione

Segnalare i `detach()`.

15.7.8 CP.31: Passare una piccola quantità di dati tra i thread per valore, anziché per riferimento o puntatore

Motivo

Una piccola quantità di dati è più economica da copiare e da accedervi rispetto alla condivisione mediante un meccanismo di locking. La copia offre naturalmente una proprietà [ownership] esclusiva (semplifica il codice) ed elimina la possibilità di conflitti.

Nota

Definire esattamente «piccola quantità» è impossibile.

Esempio

```
string modify1(string);
void modify2(string&);

void fct(string& s)
{
    auto res = async(modify1, s);
    async(modify2, s);
}
```

La chiamata a `modify1` implica la copia di due valori `string`; la chiamata a `modify2` no. D'altra parte, l'implementazione di `modify1` è esattamente come la si avrebbe scritta per il codice single-thread, mentre l'implementazione di `modify2` necessiterà di una forma di lock per evitare conflitti. Se la stringa è breve (diciamo 10 caratteri), la chiamata a `modify1` può risultare sorprendentemente veloce; essenzialmente tutto il costo è nello scambio [switch] del thread. Se la stringa è lunga (diciamo 1,000,000 di caratteri), copiarla due volte non è una buona idea.

Si noti che questo argomento non ha nulla a che fare con `async` in quanto tale. Si applica ugualmente alle considerazioni sull'opportunità di utilizzare il passaggio dei messaggi o la memoria condivisa.

Imposizione

???

15.7.9 CP.32: Per condividere la proprietà [ownership] tra thread non correlati, usare gli `shared_ptr`

Motivo

Se i thread non sono correlati (ovvero, non si sa se stanno nello stesso scope o uno nella durata dell'altro) e devono condividere la stessa memoria sull'heap [free store] da cancellare, uno `shared_ptr` (o equivalente) è il solo modo sicuro per garantire il corretto “delete”.

Esempio

???

Nota

- Un oggetto statico (p.es. un globale) si può condividere perché non è posseduto nel senso che qualche thread è responsabile della sua cancellazione.
- Un oggetto nel [free store] che non viene mai cancellato può essere condiviso.
- Un oggetto posseduto [owned] da un thread può essere condiviso in modo sicuro con un altro purché questo secondo thread non sopravviva al proprietario.

Imposizione

???

15.7.10 CP.40: Minimizzare il [context switching]

Motivo

I [context switch] sono costosi.

Esempio

???

Imposizione

???

15.7.11 CP.41: Minimizzare la creazione e la distruzione del thread

Motivo

La creazione del thread è costosa.

Esempio

```
void worker(Message m)
{
    // process
}

void dispatcher(istream& is)
{
    for (Message m; is >> m; )
        run_list.push_back(new thread(worker, m));
}
```

Ciò genera un thread per ogni messaggio, e la `run_list` è presumibilmente fatta per distruggere quei task una volta completati.

Invece, si potrebbe avere una serie di thread di lavoro pre-creati che elaborano i messaggi

```
Sync_queue<Message> work;

void dispatcher(istream& is)
{
    for (Message m; is >> m; )
        work.put(m);
}

void worker()
{
    for (Message m; m = work.get(); ) {
        // process
    }
}

void workers() // set up worker threads (specifically 4 worker_
→ threads)
{
    joining_thread w1 {worker};
    joining_thread w2 {worker};
    joining_thread w3 {worker};
    joining_thread w4 {worker};
}
```

Nota

Se il proprio sistema ha un buon [thread pool], lo si usi. Se il proprio sistema ha una buona [message queue], la si usi.

Imposizione

???

15.7.12 CP.42: Non eseguire un wait senza una condizione

Motivo

Un `wait` senza una condizione può perdere un [wakeup] o svegliarsi semplicemente per scoprire che non ha nulla da fare.

Esempio, cattivo

```
std::condition_variable cv;
std::mutex mx;

void thread1()
{
    while (true) {
        // do some work ...
        std::unique_lock<std::mutex> lock(mx);
        cv.notify_one();    // wake other thread
    }
}

void thread2()
{
    while (true) {
        std::unique_lock<std::mutex> lock(mx);
        cv.wait(lock);    // might block forever
        // do work ...
    }
}
```

Qui, se qualche altro thread “consuma” la notifica di `thread1`, il `thread2` potrebbe aspettare per sempre.

Esempio

```
template<typename T>
class Sync_queue {
public:
    void put(const T& val);
    void put(T&& val);
    void get(T& val);
private:
    mutex mtx;
    condition_variable cond;    // this controls access
    list<T> q;
};

template<typename T>
void Sync_queue<T>::put(const T& val)
{
    lock_guard<mutex> lck(mtx);
    q.push_back(val);
    cond.notify_one();
}

template<typename T>
void Sync_queue<T>::get(T& val)
{
    unique_lock<mutex> lck(mtx);
    cond.wait(lck, [this] { return !q.empty(); });    // prevent
    ↳ spurious wakeup
    val = q.front();
    q.pop_front();
}
```

Ora se la coda è vuota quando un thread esegue `get()` si attiva (p.es., perché un altro thread ha eseguito un `get()` prima di lui), e si disattiverà immediatamente, aspettando.

Imposizione

Segnalare tutti i `wait` senza condizioni.

15.7.13 CP.43: Minimizzare il tempo trascorso nella sezione critica

Motivo

Meno tempo si passa per un mutex preso, minore è la possibilità che un altro thread debba aspettare, dato che le sospensioni e le riprese dei thread sono costose.

Esempio

```
void do_something() // bad
{
    unique_lock<mutex> lck(my_lock);
    do0(); // preparation: does not need lock
    do1(); // transaction: needs locking
    do2(); // cleanup: does not need locking
}
```

Qui, si tiene il lock per più tempo del necessario: Non si avrebbe dovuto tenere il lock prima di averne bisogno e lo si doveva rilasciare prima di iniziare la pulizia. Lo si può riscrivere in questo modo

```
void do_something() // bad
{
    do0(); // preparation: does not need lock
    my_lock.lock();
    do1(); // transaction: needs locking
    my_lock.unlock();
    do2(); // cleanup: does not need locking
}
```

Ma ciò compromette la sicurezza e viola la regola di *usare il RAIL* rule. Si aggiunga, invece, un blocco per la sezione critica:

```
void do_something() // OK
{
    do0(); // preparation: does not need lock
    {
        unique_lock<mutex> lck(my_lock);
        do1(); // transaction: needs locking
    }
    do2(); // cleanup: does not need locking
}
```

Imposizione

Impossibile in generale. Segnalare i `lock()` e gli `unlock()` «[naked]».

15.7.14 CP.44: Ricordarsi di dare un nome ai `lock_guard` e agli `unique_locks`

Motivo

Un oggetto locale anonimo è un oggetto temporaneo che esce immediatamente dallo scope.

Esempio

```
// global mutexes
mutex m1;
mutex m2;

void f()
{
    unique_lock<mutex>(m1); // (A)
    lock_guard<mutex> {m2}; // (B)
    // do work in critical section ...
}
```

Questo sembra abbastanza innocente, ma non lo è. In (A), `m1` è un locale costruito dal default `unique_lock`, che nasconde il globale `::m1` (e non lo blocca). In (B) un temporaneo anonimo `lock_guard` viene costruito e “locca”: `::m2`, ma esce subito dallo scope e sblocca nuovamente `::m2`. Per il resto della funzione `f()` nessuno dei due mutex è bloccato.

Imposizione

Segnalare tutti i `lock_guard` e gli `unique_lock` senza nome.

15.7.15 CP.50: Definire un mutex assieme ai dati che protegge. Usare `synchronized_value<T>` dove possibile

Motivo

Dovrebbe essere ovvio al lettore che i dati devono essere protetti e si deve sapere come viene fatto. Ciò riduce la possibilità che venga bloccato il mutex sbagliato o che il mutex non venga bloccato.

L'uso di un `synchronized_value<T>` garantisce che i dati abbiano un mutex e che il giusto mutex venga bloccato quando si accede ai dati. Si veda la [WG21 proposal](#) per aggiungere un `synchronized_value` ad una futura TS o revisione dello standard del C++.

Esempio

```
struct Record {
    std::mutex m;    // take this mutex before accessing other members
    // ...
};

class MyClass {
    struct DataRecord {
        // ...
    };
    synchronized_value<DataRecord> data; // Protect the data with a
    ↪ mutex
};
```

Imposizione

??? Possibile?

15.8 CP.coro: Coroutine

Questa sezione si concentra sugli usi delle coroutine.

Riepilogo delle regole delle Coroutine:

- *CP.51: Non utilizzare lambda [capturing] che sono coroutine*
- *CP.52: Non mantenere lock o altre primitive di sincronizzazione tra i punti di sospensione*
- *CP.53: I parametri non devono essere passati alle coroutine per riferimento*

15.8.1 CP.51: Non utilizzare lambda [capturing] che sono coroutine

Motivo

Gli schemi d'uso corretti con le normali lambda sono pericolosi con le lambda coroutine. Lo schema ovvio di cattura delle variabili risulterà accedere alla memoria liberata dopo il primo punto di sospensione, che per i puntatori intelligenti con contatori dei riferimenti e tipi copiabili.

Una lambda si traduce in un oggetto [closure] con uno storage, spesso sullo stack, che ad un certo punto uscirà dallo scope. Quando l'oggetto [closure] esce dallo scope usciranno anche le acquisizioni [captures]. Le normali lambda a questo punto hanno terminato l'esecuzione,

quindi non è un problema. Le lambda coroutine possono riprendere da una sospensione dopo che l'oggetto [closure] è stato distrutto e a quel punto tutte le acquisizioni [captures] accederanno alla memoria dopo-che-è-stata-liberata.

Esempio, Cattivo

```
int value = get_value();
std::shared_ptr<Foo> sharedFoo = get_foo();
{
    const auto lambda = [value, sharedFoo]() -> std::future<void>
    {
        co_await something();
        // "sharedFoo" and "value" have already been destroyed
        // the "shared" pointer didn't accomplish anything
    };
    lambda();
} // the lambda closure object has now gone out of scope
```

Esempio, Migliore

```
int value = get_value();
std::shared_ptr<Foo> sharedFoo = get_foo();
{
    // take as by-value parameter instead of as a capture
    const auto lambda = [](auto sharedFoo, auto value) -> std::future
    ↪<void>
    {
        co_await something();
        // sharedFoo and value are still valid at this point
    };
    lambda(sharedFoo, value);
} // the lambda closure object has now gone out of scope
```

Esempio, Ottimale

Usa una funzione per le coroutine.

```
std::future<void> Class::do_something(int value, std::shared_ptr<Foo> ↪
    ↪sharedFoo)
{
    co_await something();
    // sharedFoo and value are still valid at this point
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void SomeOtherFunction()
{
    int value = get_value();
    std::shared_ptr<Foo> sharedFoo = get_foo();
    do_something(value, sharedFoo);
}
```

Imposizione

Segnalare una lambda che è coroutine ed ha una lista capture non vuota.

15.8.2 CP.52: Non mantenere lock o altre primitive di sincronizzazione tra i punti di sospensione

Motivo

Questo schema crea un significativo rischio di deadlock. Alcuni tipi di attese [wait] consentiranno al thread corrente di eseguire ulteriori operazioni fino al completamento dell'operazione asincrona. Se il thread che contiene il lock esegue un lavoro che richiede lo stesso lock, si verificherà un deadlock perché si sta tentando di acquisire un blocco che già si possiede.

Se il completamento della coroutine avviene su un thread diverso dal quello che ha acquisito il lock, si avrà un comportamento indefinito. Anche con l'esplicito ritorno al thread originale ci potrebbe essere la generazione di un'eccezione prima del ripristino della coroutine e il risultato sarà che la protezione del lock non viene distrutta.

Esempio, Cattivo

```
std::mutex g_lock;

std::future<void> Class::do_something()
{
    std::lock_guard<std::mutex> guard(g_lock);
    co_await something(); // DANGER: coroutine has suspended execution_
    ↪ while holding a lock
    co_await somethingElse();
}
```

Esempio, Buono

```
std::mutex g_lock;

std::future<void> Class::do_something()
{
    {
        std::lock_guard<std::mutex> guard(g_lock);
        // modify data protected by lock
    }
    co_await something(); // OK: lock has been released before_
    ↪coroutine suspends
    co_await somethingElse();
}
```

Nota

Questo schema è negativo anche per le prestazioni. Quando viene raggiunto un punto di sospensione, ad esempio `co_await`, l'esecuzione della funzione corrente si interrompe e inizia l'esecuzione di un altro codice. Potrebbe trascorrere molto tempo prima che la coroutine riprenda. Per tutto il tempo verrà mantenuto il lock e non potrà essere acquisito da altri thread per eseguire il lavoro.

Imposizione

Segnalare tutte le protezioni con lock che non vengono distrutte prima della sospensione di una coroutine.

15.8.3 CP.53: I parametri non devono essere passati alle coroutine per riferimento

Motivo

Una volta che una coroutine raggiunge il primo punto di sospensione, ad esempio un `co_await`, torna la porzione sincrona. Dopo di che, tutti i parametri passati per riferimento restano appesi. Qualsiasi utilizzo oltre a questo punto avrà un comportamento indefinito che può includere la scrittura in una memoria appena liberata.

Esempio, Cattivo

```
std::future<int> Class::do_something(const std::shared_ptr<int>& input)
{
    co_await something();

    // DANGER: the reference to input may no longer be valid and may
    ↪ be freed memory
    co_return *input + 1;
}
```

Esempio, Buono

```
std::future<int> Class::do_something(std::shared_ptr<int> input)
{
    co_await something();
    co_return *input + 1; // input is a copy that is still valid here
}
```

Nota

Questo problema non si ha con i parametri di riferimento a cui si accede solamente prima del primo punto di sospensione. Delle successive modifiche alla function possono aggiungere o spostare punti di sospensione che potrebbero re-introdurre questa classe di bug. Alcuni tipi di coroutine hanno il punto di sospensione prima dell'esecuzione della prima riga di codice nella coroutine, nel qual caso i parametri di riferimento sono sempre insicuri. È più sicuro passare sempre per valore perché il parametro copiato risiederà nel frame della coroutine a cui è sicuro accedere in tutta la coroutine.

Nota

Lo stesso pericolo si applica ai parametri di output. *F.20: Per i valori «out» di output, preferendo valori di ritorno ai parametri di output si scoraggiano i parametri di output. Le coroutine dovrebbero evitarle del tutto.*

Imposizione

Segnalare tutti i parametri di riferimenti a una coroutine.

15.9 CP.par: Parallelismo

Con «parallelismo» ci si riferisce all'esecuzione di un'attività (più o meno) simultaneamente («in parallelo con») ad altri elementi di dati.

Riepilogo delle regole sul parallelismo:

- ???
- ???
- Laddove è appropriato, preferire gli algoritmi paralleli della libreria standard
- Usare gli algoritmi progettati per il parallelismo, non quelli con una dipendenza non necessaria dalla valutazione lineare

15.10 CP.mess: Passaggio dei messaggi

Le funzioni della libreria standard sono a livello piuttosto basso, focalizzate sulle necessità vicine alla programmazione critica dell'hardware utilizzando i `thread`, i `mutex`, i tipi `atomic`, ecc. La maggior parte delle persone non dovrebbe lavorare a questo livello: è soggetto a errori e lo sviluppo è lento. Se possibile usare funzioni a più alto livello: librerie di [messaging], algoritmi paralleli e vettorizzazione. Questa sezione tratta il passaggio dei messaggi in modo che un programmatore non debba eseguire la sincronizzazione esplicita.

Riepilogo delle regole sul passaggio dei messaggi:

- *CP.60: Usare un `future` per restituire un valore da un task concorrente*
- *CP.61: Usare `async()` per generare [spawn] un task concorrente*
- code di messaggi [message queues]
- Librerie di [messaging]

???? dovrebbe esserci un «usa `X` anziché `std::async`» dove `X` è qualcosa che userebbe un thread pool meglio specificato?

??? Vale la pena di usare `std::async` alla luce delle future (e già esistenti come librerie) funzioni di parallelismo? Cosa dovrebbero raccomandare le linee-guida se qualcuno vuole parallelizzare, ad esempio, `std::accumulate` (con l'ulteriore preconditione della commutatività), o il «merge sort»?

15.10.1 CP.60: Usare un future per restituire un valore da un task concorrente

Motivo

Un future preserva la solita semantica del return da una chiamata a una funzione per i task asincroni. Non c'è un lock esplicito e vengono gestiti semplicemente sia il corretto (valore) di ritorno che l'errore (eccezione) restituito.

Esempio

```
???
```

Nota

```
???
```

Imposizione

```
???
```

15.10.2 CP.61: Usare `async()` per generare [spawn] un task concorrente

Motivo

Simile alla *R.12*, che dice di evitare i puntatori semplici proprietari, si dovrebbero anche evitare i thread semplici [raw] e le [promise] dove possibile. Utilizzare una funzione factory come `std::async`, che gestisce la generazione o il riutilizzo di un thread senza esporre i thread semplici [raw] al proprio codice.

Esempio

```
int read_value(const std::string& filename)
{
    std::ifstream in(filename);
    in.exceptions(std::ifstream::failbit);
    int value;
    in >> value;
    return value;
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void async_example()
{
    try {
        std::future<int> f1 = std::async(read_value, "v1.txt");
        std::future<int> f2 = std::async(read_value, "v2.txt");
        std::cout << f1.get() + f2.get() << '\n';
    } catch (const std::ios_base::failure& fail) {
        // handle exception here
    }
}
```

Nota

Sfortunatamente, `std::async` non è perfetto. Per esempio, non usa un pool di thread, il che significa che potrebbe non riuscire a causa dell'esaurimento delle risorse, anziché accodare i task da utilizzare in seguito. Tuttavia, anche se non puoi usare `std::async`, si dovrebbe preferire la scrittura di una propria funzione factory future-returning, anziché usare le [raw promise].

Esempio (cattivo)

Questo esempio mostra due modi diversi per usare `std::future`, ma falliscono nell'evitare la gestione di `std::thread`.

```
void async_example()
{
    std::promise<int> p1;
    std::future<int> f1 = p1.get_future();
    std::thread t1([p1 = std::move(p1)]() mutable {
        p1.set_value(read_value("v1.txt"));
    });
    t1.detach(); // evil

    std::packaged_task<int> pt2(read_value, "v2.txt");
    std::future<int> f2 = pt2.get_future();
    std::thread(std::move(pt2)).detach();

    std::cout << f1.get() + f2.get() << '\n';
}
```

Esempio (buono)

Questo esempio mostra un modo con cui è possibile seguire lo schema generale impostato da `std::async`, in un contesto in cui lo stesso `std::async` era inaccettabile per andare in produzione.

```
void async_example(WorkQueue& wq)
{
    std::future<int> f1 = wq.enqueue([]() {
        return read_value("v1.txt");
    });
    std::future<int> f2 = wq.enqueue([]() {
        return read_value("v2.txt");
    });
    std::cout << f1.get() + f2.get() << '\n';
}
```

Ogni thread generato per eseguire il codice di `read_value` viene nascosto dietro la chiamata `WorkQueue::enqueue`. Il codice utente si occupa solo degli oggetti `future`, mai con `thread`, `promise` o oggetti `packaged_task`.

Imposizione

???

15.11 CP.vec: Vettorizzazione

La vettorizzazione è una tecnica per eseguire una serie di attività contemporaneamente senza introdurre una sincronizzazione esplicita. Un'operazione viene semplicemente applicata in parallelo agli elementi di una struttura dati (un vettore, un array, ecc.). La vettorizzazione ha la proprietà interessante che spesso non richiede modifiche non locali a un programma. Tuttavia, la vettorizzazione funziona meglio con strutture dati semplici e con algoritmi appositamente creati per abilitarlo.

Riepilogo delle regole sulla vettorizzazione:

- ???
- ???

15.12 CP.free: Programmazione senza lock

La sincronizzazione con i mutex e con le `condition_variable` può risultare relativamente costosa. Inoltre, può provocare deadlock. Per le prestazioni e per eliminare la possibilità di deadlock, a volte si devono usare le complicate funzioni a basso-livello «lock-free» che si basano sul rapido accesso esclusivo («atomico») alla memoria. La programmazione lock-free si usa anche per implementare meccanismi di concorrenza a livello più alto come i thread e i mutex.

Riepilogo delle regole sulla programmazione lock-free:

- *CP.100: Non utilizzare la programmazione lock-free a meno che non sia assolutamente necessario*
- *CP.101: Diffidare della combinazione hardware/compiler*
- *CP.102: Studiare attentamente la bibliografia*
- come/quando usare l'atomicità
- evitare l'inedia [starvation]
- usare strutture dati lock-free anziché creare specifici accessi lock-free
- *CP.110: Non scriversi il proprio «interblocco ricontrollato» [double-checked locking] per l'inizializzazione*
- *CP.111: Usare un pattern convenzionale se è veramente necessario il «double-checked locking»*
- come/quando confrontare e scambiare

15.12.1 CP.100: Non utilizzare la programmazione lock-free a meno che non sia assolutamente necessario

Motivo

È soggetta a errori e richiede la conoscenza di un esperto delle funzionalità del linguaggio, dell'architettura della macchina e delle strutture dati.

Esempio, cattivo

```
extern atomic<Link*> head;           // the shared head of a linked list

Link* nh = new Link(data, nullptr); // make a link ready for ↵
↵insertion
Link* h = head.load();               // read the shared head of the ↵
↵list

do {
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
    if (h->data <= data) break;           // if so, insert elsewhere
    nh->next = h;                         // next element is the previous.
    ↪ head
} while (!head.compare_exchange_weak(h, nh)); // write nh to head.
    ↪ or to h
```

Trovare il bug. Sarebbe davvero difficile da trovare tramite i test. Si legga a proposito di «ABA problem».

Eccezione

Le *variabili atomiche* possono essere utilizzate in modo semplice e sicuro, purché si utilizzi il modello di memoria coerente sequenzialmente (`memory_order_seq_cst`), che è il default.

Nota

Meccanismi di concorrenza di livello superiore, come i `thread` e i `mutex` vengono implementati con la programmazione lock-free.

Alternativa: Usare strutture dati lock-free implementate da altri come parti di qualche libreria.

15.12.2 CP.101: Diffidare della combinazione hardware/compiler

Motivo

Le interfacce hardware di basso livello utilizzate nella programmazione lock-free sono tra le più difficili da implementare correttamente e tra le aree in cui si verificano i problemi più subdoli sulla portabilità. Se si sta seguendo una programmazione lock-free per le prestazioni, si devono controllare le regressioni.

Nota

Il riordino delle istruzioni (statico e dinamico) ci rende difficile pensare in modo efficace a questo livello (specie se si usano modelli di memoria rilassati [relaxed memory models]). L'esperienza, i modelli (semi)formali e il [model checking] possono servire. Il test - spesso in misura estrema - è essenziale. «Non volare troppo vicino al sole».

Imposizione

Ci sono regole rigide per i test che coprono qualsiasi cambiamento nell'hardware, nel sistema operativo, nel compilatore e nelle librerie.

15.12.3 CP.102: Studiare attentamente la bibliografia

Motivo

Ad eccezione di quelli atomici e di alcuni altri pattern standard, la programmazione senza lock «lock-free» è veramente un argomento per soli esperti. Si deve diventare esperti prima di cimentarsi in codice lock-free utilizzabile da altri.

Riferimenti

- Anthony Williams: C++ concurrency in action. Manning Publications.
- Boehm, Adve, You Don't Know Jack About Shared Variables or Memory Models , Communications of the ACM, Feb 2012.
- Boehm, «Threads Basics», HPL TR 2009-259.
- Adve, Boehm, «Memory Models: A Case for Rethinking Parallel Languages and Hardware», Communications of the ACM, August 2010.
- Boehm, Adve, «Foundations of the C++ Concurrency Memory Model», PLDI 08.
- Mark Batty, Scott Owens, Susmit Sarkar, Peter Sewell, and Tjark Weber, «Mathematizing C++ Concurrency», POPL 2011.
- Damian Dechev, Peter Pirkelbauer, and Bjarne Stroustrup: Understanding and Effectively Preventing the ABA Problem in Descriptor-based Lock-free Designs. 13th IEEE Computer Society ISORC 2010 Symposium. May 2010.
- Damian Dechev and Bjarne Stroustrup: Scalable Non-blocking Concurrent Objects for Mission Critical Code. ACM OOPSLA'09. October 2009
- Damian Dechev, Peter Pirkelbauer, Nicolas Rouquette, and Bjarne Stroustrup: Semantically Enhanced Containers for Concurrent Real-Time Systems. Proc. 16th Annual IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer Based Systems (IEEE ECBS). April 2009.
- Maurice Herlihy, Nir Shavit, Victor Luchangco, Michael Spear, «The Art of Multiprocessor Programming», 2nd ed. September 2020

15.12.4 CP.110: Non scriversi il proprio «interblocco ricontrollato» [double-checked locking] per l'inizializzazione

Motivo

Dal C++11, le variabili locali statiche vengono ora inizializzate in modo thread-safe. In combinazione con il modello RAII, le variabili locali statiche possono sostituire la necessità di scrivere il proprio blocco «double-checked» per l'inizializzazione. Anche con `std::call_once` si può raggiungere lo stesso scopo. Utilizzare le variabili locali statiche del C++11 o `std::call_once` anziché scriversi il proprio blocco «double-checked» per l'inizializzazione.

Esempio

Esempio con `std::call_once`.

```
void f()
{
    static std::once_flag my_once_flag;
    std::call_once(my_once_flag, []()
    {
        // do this only once
    });
    // ...
}
```

Esempio con le variabili locali «thread-safe» del C++11.

```
void f()
{
    // Assuming the compiler is compliant with C++11
    static My_class my_object; // Constructor called only once
    // ...
}

class My_class
{
public:
    My_class()
    {
        // do this only once
    }
};
```

Imposizione

??? È possibile rilevare l'idioma?

15.12.5 CP.111: Usare un pattern convenzionale se è veramente necessario il «double-checked locking»

Motivo

Il «double-checked locking» è facile da rovinare. Se è davvero necessario scrivere il proprio «double-checked locking», nonostante le regole *CP.110: Non scriversi il proprio «interblocco ricontrollato» [double-checked locking] per l'inizializzazione* e *CP.100: Non utilizzare la programmazione lock-free a meno che non sia assolutamente necessario*, farlo secondo un pattern convenzionale.

Gli usi del pattern «double-checked locking» che non sono in violazione della *CP.110: Non scriversi il proprio «interblocco ricontrollato» [double-checked locking] per l'inizializzazione*, si hanno quando un'azione «non-thread-safe» è sia difficile [hard] che rara, ed esiste un test veloce «thread-safe» utilizzabile per garantire che l'azione non sia necessaria, ma non è utilizzabile per garantire il contrario.

Esempio, cattivo

L'uso di volatile non rende il primo controllo «thread-safe», si veda anche *CP.200: Usare volatile solo per comunicare con una memoria non-C++*

```
mutex action_mutex;
volatile bool action_needed;

if (action_needed) {
    std::lock_guard<std::mutex> lock(action_mutex);
    if (action_needed) {
        take_action();
        action_needed = false;
    }
}
```

Esempio, buono

```
mutex action_mutex;
atomic<bool> action_needed;

if (action_needed) {
    std::lock_guard<std::mutex> lock(action_mutex);
    if (action_needed) {
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
        take_action();
        action_needed = false;
    }
}
```

Un preciso ordine della memoria potrebbe essere d'aiuto dove il carico di acquisizione è più efficiente di quello sequenziale

```
mutex action_mutex;
atomic<bool> action_needed;

if (action_needed.load(memory_order_acquire)) {
    lock_guard<std::mutex> lock(action_mutex);
    if (action_needed.load(memory_order_relaxed)) {
        take_action();
        action_needed.store(false, memory_order_release);
    }
}
```

Imposizione

??? È possibile rilevare l'idioma?

15.13 CP.etc: Ecc. regole della concorrenza

Queste regole non sono facilmente categorizzabili:

- *CP.200: Usare volatile solo per comunicare con una memoria non-C++*
- *CP.201: ??? Signals*

15.13.1 CP.200: Usare volatile solo per comunicare con una memoria non-C++

Motivo

`volatile` è usato per far riferimento a oggetti condivisi con un codice «non-C++» o con un hardware che non segue il modello di memoria del C++.

Esempio

```
const volatile long clock;
```

Descrive un registro aggiornato costantemente da un orologio interno. `clock` è volatile perché il suo valore cambierà senza alcuna azione da parte del programma C++ che lo usa. Per esempio, leggendo `clock` due volte si hanno spesso due valori diversi, quindi è opportuno che l'ottimizzatore non ottimizzi la seconda lettura in questo codice:

```
long t1 = clock;
// ... no use of clock here ...
long t2 = clock;
```

`clock` è `const` perché il programma non dovrebbe tentare di scrivere in `clock`.

Nota

A meno che non si stia scrivendo il codice a livello più basso per gestire direttamente l'hardware, si consideri volatile una funzionalità esoterica che è meglio evitare.

Esempio

Solitamente il codice C++ riceve come volatile la memoria posseduta altrove (hardware o un altro linguaggio):

```
int volatile* vi = get_hardware_memory_location();
// note: we get a pointer to someone else's memory here
// volatile says "treat this with extra respect"
```

A volte il codice C++ alloca memoria volatile e la condivide con «qualcun altro» (hardware o un altro linguaggio) per sfuggire deliberatamente ad un puntatore [escaping a pointer]:

```
static volatile long vl;
please_use_this(&vl); // escape a reference to this to "elsewhere"
→ (not C++)
```

Esempio, cattivo

Le variabili locali volatile sono quasi sempre sbagliate – come si possono condividere con altri linguaggi o con l'hardware se sono temporanee? Lo stesso vale quasi altrettanto fortemente per i dati membri, per lo stesso motivo.

```
void f()
{
    volatile int i = 0; // bad, volatile local variable
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
// etc.
}

class My_type {
    volatile int i = 0; // suspicious, volatile data member
    // etc.
};
```

Nota

In C++, diversamente da altri linguaggi, volatile non ha *niente a che fare con la sincronizzazione*.

Imposizione

- Segnalare volatile T locale e i dati membro; quasi certamente si intendeva usare, invece, `atomic<T>`.
- ???

15.13.2 CP.201: ??? Signal

???Gestione dei signal di UNIX???. Potrebbe essere utile ricordare quando siano poco sicuri gli `async-signal-safe`, e come comunicare con un gestore di signal (forse è meglio «non farlo affatto»)

E: Gestione degli errori [Error handling]

La gestione degli errori implica:

- Rilevare un errore
- Trasmettere le informazioni su un errore a un codice per la sua gestione
- Preservare uno stato valido del programma
- Evitare perdite (leak) di risorse

Non è possibile recuperare da tutti gli errori. Se il recupero da un errore non è possibile, è importante «uscire» rapidamente in un modo ben definito. Una strategia per la gestione degli errori deve essere semplice, altrimenti diventa fonte di errori anche peggiori. Anche il codice per gestire gli errori se non testato, o eseguito raramente, è esso stesso una sorgente di molti bug.

Le regole sono fatte per aiutare a evitare i diversi tipi di errori:

- Violazione del tipo (p.es., uso improprio delle `union` e dei `cast`)
- Perdita (leak) delle risorse (compresi i “memory leak”)
- Errori sui limiti [bound]
- Errori del ciclo di vita [lifetime] (ad es. accesso a un oggetto dopo che aver subito un `delete`)
- Errori di complessità (errori logici dati da espressioni o idee eccessivamente complesse)
- Errori di interfaccia (p.es., un valore inatteso passato ad un'interfaccia)

Riepilogo delle regole sulla gestione degli errori [error-handling]:

- *E.1: Sviluppare una strategia di gestione degli errori nelle prime fasi di un progetto*
- *E.2: Generare un'eccezione per segnalare che una funzione non può eseguire il proprio compito*

- E.3: Usare le eccezioni solamente per la gestione degli errori
- E.4: Progettarsi la propria strategia di gestione degli errori basandosi sugli invarianti
- E.5: Consentire ad un costruttore di stabilire un invariante, e sollevare un errore se non può
- E.6: Usare il RAII per evitare i leak
- E.7: Dichiarare le proprie pre-condizioni
- E.8: Dichiarare le proprie pre-condizioni
- E.12: Usare `noexcept` uscendo da una funzione quando un `throw` (un'eccezione) è impossibile o inaccettabile
- E.13: Mai sollevare eccezioni quando si è i diretti proprietari [owner] di un oggetto
- E.14: Usare tipi appositamente progettati o [user-defined] come eccezioni (non i tipi [built-in])
- E.15: Eseguire il «throw» per valore, il «catch» di eccezioni da una gerarchia per riferimento
- E.16: I distruttori, la de-allocazione, `swap` e la costruzione copia/spostamento dell'eccezione, non devono mai fallire
- E.17: Non cercare di catturare tutte le eccezioni da tutte le funzioni
- E.18: Minimizzare l'uso di `try/catch` espliciti
- E.19: Usare un oggetto `final_action` per la pulizia [cleanup] se non è disponibile un gestore delle risorse adatto
- E.25: Se non è possibile sollevare eccezioni, simulare il RAII per la gestione delle risorse
- E.26: Se non è possibile sollevare eccezioni, si prenda in considerazione un veloce fallimento
- E.27: Se non è possibile sollevare eccezioni, si usino sistematicamente i codici di errore
- E.28: Evitare la gestione degli errori basata su uno stato globale (p.es. `errno`)
- E.30: Non utilizzare le specifiche delle eccezioni
- E.31: Ordinare in modo appropriato le proprie istruzioni `catch`

16.1 E.1: Sviluppare una strategia di gestione degli errori nelle prime fasi di un progetto

16.1.1 Motivo

Una strategia coerente e completa per la gestione degli errori e i leak delle risorse è difficile da aggiornare in un sistema.

16.2 E.2: Generare un'eccezione per segnalare che una funzioni non può eseguire il proprio compito

16.2.1 Motivo

Per rendere la gestione degli errori sistematica, robusta e non-ripetitiva.

16.2.2 Esempio

```
struct Foo {
    vector<Thing> v;
    File_handle f;
    string s;
};

void use()
{
    Foo bar { {Thing{1}, Thing{2}, Thing{monkey} }, {"my_file", "r"},
    ↪ "Here we go!"};
    // ...
}
```

Qui, i costruttori dei `vector` e delle `string` potrebbero non essere in grado di allocare memoria sufficiente per i loro elementi, il costruttore dei `vector` potrebbe non essere in grado di copiare i `Thing` nella sua lista di inizializzazione, e `File_handle` potrebbe non essere in grado di aprire il file richiesto. In ogni caso, generano un errore per gestire il chiamante di `use()`. Se `use()` è in grado di gestire il fallimento nel costruire `bar` può assumere il controllo usando `try/catch`. in entrambi i casi, il costruttore di `Foo` distrugge correttamente i membri prima di passare il controllo a chiunque abbia tentato di creare un `Foo`. Si noti che non esiste alcun valore ritorno che potrebbe contenere un codice di errore.

Il costruttore `File_handle` potrebbe essere definito in questo modo:

```
File_handle::File_handle(const string& name, const string& mode)
    : f{fopen(name.c_str(), mode.c_str())}
{
    if (!f)
        throw runtime_error{"File_handle: could not open " + name + " ↪
    ↪ as " + mode};
}
```

16.2.3 Nota

Si dice spesso che le eccezioni siano destinate a segnalare eventi e fallimenti eccezionali. Tuttavia, è un po' "circolare perché «cos'è eccezionale?» Esempi:

- Un prerequisito che non può essere soddisfatto
- Un costruttore che non è in grado di costruire un oggetto (impossibile stabilire il proprio *invariante* della classe)
- Un errore [out-of-range] (p.es., `v[v.size()] = 7`)
- Impossibilità di acquisire una risorsa (p.es., la rete non è attiva)

Al contrario, la conclusione di un normale ciclo non è eccezionale. A meno che il loop non fosse destinato a essere infinito, la terminazione è normale e prevista.

16.2.4 Nota

Non usare un `throw` come un semplice modo alternativo per tornare da una funzione.

16.2.5 Eccezione

Alcuni sistemi, come quelli fortemente real-time richiedono la garanzia che un'azione venga intrapresa entro un tempo costante massimo (solitamente breve) noto prima dell'avvio dell'esecuzione. Questi sistemi possono usare le eccezioni solo se c'è uno strumento di supporto che preveda con precisione il tempo massimo per riprendersi da un `throw`.

Si veda anche: *RAII*

Si veda anche: *discussione*

16.2.6 Nota

Prima di decidere che non ci si può permettere o che non piace la gestione degli errori basata sulle eccezioni, si dia uno sguardo alle *alternative*; queste hanno le loro complessità e i loro problemi. Inoltre, per quanto possibile, effettuare delle misure prima di fare affermazioni sull'efficienza.

16.3 E.3: Usare le eccezioni solamente per la gestione degli errori

16.3.1 Motivo

Per mantenere la gestione degli errori separata dal «codice ordinario.» le implementazioni del C++ tendono ad essere ottimizzate in base al presupposto che le eccezioni siano rare.

16.3.2 Esempio, da non fare

```
// don't: exception not used for error handling
int find_index(vector<string>& vec, const string& x)
{
    try {
        for (gsl::index i = 0; i < vec.size(); ++i)
            if (vec[i] == x) throw i; // found x
    }
    catch (int i) {
        return i;
    }
    return -1; // not found
}
```

Questo è più complicato e molto probabilmente gira molto più lentamente dell'alternativa ovvia. Non c'è niente di eccezionale nel trovare un valore in un vector.

16.3.3 Imposizione

Dovrebbe essere euristico. Cercare i valori «persi [leaked]» delle istruzioni catch.

16.4 E.4: Progettarsi la propria strategia di gestione degli errori basandosi sugli invarianti

16.4.1 Motivo

Per usare un oggetto esso deve essere in uno stato valido (definito formalmente o informalmente da un invariante) e per recuperare da un errore ogni oggetto non distrutto deve essere in uno stato valido.

16.4.2 Nota

Un *invariante*, è una condizione logica per i membri di un oggetto che un costruttore deve stabilire, affinché le funzioni membro pubbliche la possano assumere.

16.4.3 Imposizione

???

16.5 E.5: Consentire ad un costruttore di stabilire un invariante, e sollevare un errore se non può

16.5.1 Motivo

Lasciare un oggetto senza il suo invariante stabilito vuol dire andare in cerca di guai. Non tutte le funzioni membro si possono chiamare.

16.5.2 Esempio

```
class Vector { // very simplified vector of doubles
    // if elem != nullptr then elem points to sz doubles
public:
    Vector() : elem{nullptr}, sz{0}{}
    Vector(int s) : elem{new double[s]}, sz{s} { /* initialize_
    ↪elements */ }
    ~Vector() { delete [] elem; }
    double& operator[](int s) { return elem[s]; }
    // ...
private:
    owner<double*> elem;
    int sz;
};
```

L'invariante della classe - qui definito come commento - è stabilito dal suo costruttore. `new` solleva un errore se non può allocare la memoria richiesta. Gli operatori, in particolare l'operatore di indicizzazione, si basano sull'invariante.

Si veda anche: *Se un costruttore non è in grado di costruire un oggetto valido, generare un'eccezione*

16.5.3 Imposizione

Segnalare le classi con `private` definito senza un costruttore (`public`, `protected` o `private`).

16.6 E.6: Usare il RAII per evitare i leak

16.6.1 Motivo

I leak sono generalmente inaccettabili. Il rilascio manuale delle risorse è soggetto a errori. Il RAII («Resource Acquisition Is Initialization») è il modo più semplice e sistematico per prevenire i leak.

16.6.2 Esempio

```
void f1(int i)    // Bad: possible leak
{
    int* p = new int[12];
    // ...
    if (i < 17) throw Bad{"in f()", i};
    // ...
}
```

Si potrebbe rilasciare la risorsa prima di sollevare l'eccezione:

```
void f2(int i)    // Clumsy and error-prone: explicit release
{
    int* p = new int[12];
    // ...
    if (i < 17) {
        delete[] p;
        throw Bad{"in f()", i};
    }
    // ...
}
```

Questo è prolisso. Nel codice più complesso con più possibili throw il rilascio esplicito diventa ripetitivo e soggetto ad errori.

```
void f3(int i)    // OK: resource management done by a handle (but see ↵
↵below)
{
    auto p = make_unique<int[]>(12);
    // ...
    if (i < 17) throw Bad{"in f()", i};
    // ...
}
```

Si noti che questo funziona anche quando il throw è implicito perché avviene in una funzione chiamata:

```
void f4(int i)    // OK: resource management done by a handle (but see ↵
↳ below)
{
    auto p = make_unique<int[]>(12);
    // ...
    helper(i);    // might throw
    // ...
}
```

A meno che non sia davvero necessaria la semantica del puntatore, utilizzare un oggetto con risorsa locale:

```
void f5(int i)    // OK: resource management done by local object
{
    vector<int> v(12);
    // ...
    helper(i);    // might throw
    // ...
}
```

È ancora più semplice e sicuro e spesso è più efficiente.

16.6.3 Nota

Se non c'è alcun gestore delle risorse ovvio e per qualche motivo non è possibile definire un appropriato oggetto/handle, come ultima risorsa, le azioni di ripulitura [cleanup] possono essere rappresentate da un oggetto *final_action*.

16.6.4 Nota

Ma cosa si fa se si sta scrivendo un programma in cui non è possibile usare le eccezioni? Primo confutare quest'assunto; ci sono molti falsi miti contro le eccezioni. Si conoscono solo alcuni buoni motivi:

- Si è su un sistema talmente piccolo che il supporto delle eccezioni si prenderebbe gran parte dei 2K di memoria disponibile.
- Si è su un sistema hard-real-time e non ci sono tool che ci garantiscano che un'eccezione venga gestita nel tempo richiesto.
- Si è su un sistema con un sacco di codice pre-esistente che usa tantissimi puntatori difficili-da-capire (in particolare senza una strategia riconoscibile della proprietà [ownership]) quindi le eccezioni potrebbero causare leak.
- L'implementazione dei meccanismi delle eccezioni C++ è irragionevolmente scarsa (lenta, richiede memoria, non funziona bene con le librerie linkate dinamicamente, ecc.). Ci si deve lamentare col proprio fornitore dell'implementazione; se nessuno si lamenta, non ci sarà nessun miglioramento.

- Si verrà licenziati se sfiderà l'antica saggezza del proprio capo.

Solo il primo, di questi motivi, è fondamentale, quindi laddove è possibile, usare le eccezioni per implementare il RAI, o progettarsi i propri oggetti per non fallire mai. Quando non si possono usare le eccezioni, simulare il RAI. Ovvero, controllare sistematicamente che gli oggetti sono ancora validi dopo la costruzione e che rilasceranno tutte le risorse nel distruttore. Una strategia consiste nell'aggiungere un'operazione `valid()` ad ogni handle delle risorse:

```
void f()
{
    vector<string> vs(100);    // not std::vector: valid() added
    if (!vs.valid()) {
        // handle error or exit
    }

    ifstream fs("foo");    // not std::ifstream: valid() added
    if (!fs.valid()) {
        // handle error or exit
    }

    // ...
} // destructors clean up as usual
```

Ovviamente, questo aumenta la dimensione del codice, non consente la propagazione implicita delle «eccezioni» (i controlli di `valid()`), e i controlli di `valid()` si possono dimenticare. Preferire l'uso delle eccezioni.

Si veda anche: *Uso di `noexcept`*

16.6.5 Imposizione

???

16.7 E.7: Dichiarare le proprie pre-condizioni

16.7.1 Motivo

Per evitare errori di interfaccia.

Si veda anche: *regola sulla pre-condizione*

16.8 E.8: Dichiarare le proprie post-condizioni

16.8.1 Motivo

Per evitare errori di interfaccia.

Si veda anche: *regola della post-condizione*

16.9 E.12: Usare noexcept uscendo da una funzione quando un throw (un'eccezione) è impossibile o inaccettabile

16.9.1 Motivo

Per rendere la gestione degli errori sistematica, solida ed efficiente.

16.9.2 Esempio

```
double compute(double d) noexcept
{
    return log(sqrt(d <= 0 ? 1 : d));
}
```

Qui, si sa che `compute` non solleverà eccezioni perché è composta da operazioni che non generano errori. Affermando che `compute` è `noexcept`, si informa compilatore e i lettori umani che si può semplificare la comprensione e la gestione di `compute`.

16.9.3 Nota

Molte funzioni della libreria standard sono `noexcept` comprese tutte quelle «ereditate» dalla Libreria Standard del C.

16.9.4 Esempio

```
vector<double> munge(const vector<double>& v) noexcept
{
    vector<double> v2(v.size());
    // ... do something ...
}
```

Qui il `noexcept` indica che non si è disposti o non si è in grado di gestire la situazione in cui non si può costruire il `vector` locale. Cioè, si considera l'esaurimento della memoria un grave errore di progettazione (al pari dei guasti hardware), quindi si è disposti a bloccare il programma se capita.

16.9.5 Nota

Non usare le tradizionali *specifiche delle eccezioni* [*exception-specification*].

16.9.6 Si veda anche

discussione.

16.10 E.13: Mai sollevare eccezioni quando si è i diretti proprietari [owner] di un oggetto

16.10.1 Motivo

Ci sarebbe un leak.

16.10.2 Esempio

```
void leak(int x)    // don't: might leak
{
    auto p = new int{7};
    if (x < 0) throw Get_me_out_of_here{}; // might leak *p
    // ...
    delete p;    // we might never get here
}
```

Un modo per evitare tali problemi è utilizzare i gestori delle risorse in modo coerente:

```
void no_leak(int x)
{
    auto p = make_unique<int>(7);
    if (x < 0) throw Get_me_out_of_here{}; // will delete *p if
    ↪ necessary
    // ...
    // no need for delete p
}
```

Un'altra soluzione (spesso migliore) sarebbe quella di utilizzare una variabile locale per evitare l'uso esplicito di puntatori:

```
void no_leak_simplified(int x)
{
    vector<int> v(7);
    // ...
}
```

16.10.3 Nota

Se si ha una «cosa» locale che richiede la pulizia [cleanup], ma non è rappresentata da un oggetto con un distruttore, tale pulizia dev'essere fatta anche prima di un `throw`. A volte, `finally()` può rendere questa sistematicamente pulizia un po' più gestibile.

16.11 E.14: Usare tipi appositamente progettati o [user-defined] come eccezioni (non i tipi [built-in])

16.11.1 Motivo

Un tipo definito dall'utente può trasmettere meglio le informazioni su un errore a un handler. Le informazioni possono essere codificate nel tipo stesso ed è improbabile che il tipo si scontri con le eccezioni di altre persone.

16.11.2 Esempio

```
throw 7; // bad

throw "something bad"; // bad

throw std::exception{}; // bad - no info
```

Derivando da `std::exception` si ha la flessibilità di catturare l'eccezione specifica o gestirla in generale tramite `std::exception`:

```
class MyException : public std::runtime_error
{
public:
    MyException(const string& msg) : std::runtime_error{msg} {}
    // ...
};

// ...

throw MyException{"something bad"}; // good
```

Le eccezioni non devono essere derivate da `std::exception`:

```
class MyCustomError final {}; // not derived from std::exception

// ...

throw MyCustomError{}; // good - handlers must catch this type (or ...
↳)
```

I tipi della libreria derivati da `std::exception` si possono usare come eccezioni generiche se non è possibile aggiungere informazioni utili al punto di rilevamento:

```
throw std::runtime_error("someting bad"); // good

// ...

throw std::invalid_argument("i is not even"); // good
```

Sono consentite anche le classi `enum`:

```
enum class alert {RED, YELLOW, GREEN};

throw alert::RED; // good
```

16.11.3 Imposizione

Cattura il `throw` dei tipi nativi e di `std::exception`.

16.12 E.15: Eseguire il «throw» per valore, il «catch» di eccezioni da una gerarchia per riferimento

16.12.1 Motivo

Eseguendo il `throw` per valore (non per puntatore) e il `catch` per riferimento si impedisce la copia, specialmente lo slicing dei sotto-oggetti base.

16.12.2 Esempio; cattivo

```
void f()
{
    try {
        // ...
        throw new widget{}; // don't: throw by value not by raw pointer
        // ...
    }
    catch (base_class e) { // don't: might slice
        // ...
    }
}
```

Usare, invece, un riferimento:

```
catch (base_class& e) { /* ... */ }
```

o - generalmente ancor meglio - un riferimento const:

```
catch (const base_class& e) { /* ... */ }
```

La maggior parte dei gestori non modificano la propria eccezione e in generale *si consiglia l'uso di const*.

16.12.3 Nota

Il catch per valore può essere appropriato per un tipo di valore piccolo come un valore `enum`.

16.12.4 Nota

Per rilanciare [rethrow] un'eccezione rilevata usare `throw`; non `throw e`; . L'uso di `throw e`; genererebbe una nuova copia di `e` («sliced» al tipo statico `std::exception`, quando l'eccezione viene catturata da `catch (const std::exception& e)`) anziché rilanciare [rethrowing] l'eccezione originale di tipo `std::runtime_error`. (Ma si tengano in mente (But keep *Non cercare di catturare tutte le eccezioni da tutte le funzioni e Minimizzare l'uso di try/catch espliciti*).

16.12.5 Imposizione

- Segnalare il catch per valore di un tipo che ha una funzione virtuale.
- Segnalare il throw di puntatori semplici.

16.13 E.16: I distruttori, la de-allocazione, swap e la costruzione copia/spostamento dell'eccezione, non devono mai fallire

16.13.1 Motivo

Non sappiamo come scrivere programmi affidabili se un distruttore, uno swap, una deallocazione della memoria o un tentativo di copiare/spostare-costruire un oggetto eccezione, fallisce; cioè, se esce da un'eccezione o semplicemente non esegue l'azione richiesta.

16.13.2 Esempio, da non fare

```
class Connection {
    // ...
public:
    ~Connection()    // Don't: very bad destructor
    {
        if (cannot_disconnect()) throw I_give_up{information};
        // ...
    }
};
```

16.13.3 Nota

Molti hanno provato a scrivere codice affidabile violando questa regola per esempio, come una connessione di rete che si «rifiuta di chiudersi». Per quanto ne sappiamo, nessuno ha trovato un modo generale per farlo. Occasionalmente, per esempi molto specifici, è possibile cavarsela impostando un certo stato per una successiva pulizia. Per esempio, si potrebbe mettere un socket che non vuole chiudersi in una lista dei «socket cattivi», per poi esaminare la lista con una regolare scansione dello stato del sistema. Ogni esempio visto a questo proposito è soggetto a errori, specializzato e spesso bacato.

16.13.4 Nota

La libreria standard presuppone che i distruttori, le funzioni di de-allocazione (p.es., `operator delete`) e `swap` non emettano errori [throw]. Se lo fanno, gli invarianti basilari della libreria standard vengono infranti.

16.13.5 Nota

- Le funzioni di de-allocazione, compreso `operator delete`, devono essere `noexcept`.
- La funzione `swap` dev'essere `noexcept`.
- La maggior parte dei distruttori sono implicitamente `noexcept` per default.
- Inoltre, *creare le operazioni di [move] come `noexcept`*.
- Se si scrive un tipo destinato ad essere utilizzato come tipo di un'eccezione, il suo costruttore di copia deve essere `noexcept`. In generale non possiamo applicarlo meccanicamente, perché non sappiamo se un tipo deve essere utilizzato come tipo di un'eccezione.
- Cercare di non eseguire il `throw` di un tipo il cui costruttore di copia non sia `noexcept`. In generale non possiamo applicarlo meccanicamente, perché anche `throw std::string(...)` potrebbe “lanciare” [throw] ma in pratica non lo fa.

16.13.6 Imposizione

- Catturare i distruttori, le operazioni di de-allocazione e gli `swap` che eseguono `throw`.
- Catturare tali operazioni che non sono `noexcept`.

Si veda anche: *discussione*

16.14 E.17: Non cercare di catturare tutte le eccezioni da tutte le funzioni

16.14.1 Motivo

Catturare un'eccezione in una funzione che non esegue una significativa azione di recupero comporta complessità e spreco. Lasciare che un'eccezione si propaghi fino a raggiunger una funzione che la possa gestire. Lasciare che le azioni di pulizia [cleanup] sul percorso attraversato sia gestita dal *RAII*.

16.14.2 Esempio, da non fare

```
void f()    // bad
{
    try {
        // ...
    }
    catch (...) {
        // no action
        throw;    // propagate exception
    }
}
```

16.14.3 Imposizione

- Segnalare i blocchi-try nidificati.
- Segnalare i file di codice sorgente con un rapporto troppo alto di blocchi-try-blocks a funzioni. (??? Problema: definire «troppo alto»)

16.15 E.18: Minimizzare l'uso di try/catch espliciti

16.15.1 Motivo

try/catch è prolisso e gli usi non banali sono soggetti a errori. try/catch può essere un segno di una gestione delle risorse non sistematica e/o di basso livello oppure soggetto a errori.

16.15.2 Esempio, Cattivo

```
void f(zstring s)
{
    Gadget* p;
    try {
        p = new Gadget(s);
        // ...
        delete p;
    }
    catch (Gadget_construction_failure) {
        delete p;
        throw;
    }
}
```

Questo codice è disordinato. Potrebbe esserci un leak dal puntatore semplice nel blocco `try`. Non tutte le eccezioni vengono gestite. Il deleting di un oggetto di cui è fallita la costruzione è quasi certamente un errore. Meglio:

```
void f2(zstring s)
{
    Gadget g {s};
}
```

16.15.3 Alternative

- Gestori delle risorse appropriati e *RAII*
- *finally*

16.15.4 Imposizione

??? difficile, necessita di una euristica

16.16 E.19: Usare un oggetto `final_action` per la pulizia [cleanup] se non è disponibile un gestore delle risorse adatto

16.16.1 Motivo

`finally` dalle *GSL* è meno “verboso” e più difficile da sbagliare rispetto al `try/catch`.

16.16.2 Esempio

```
void f(int n)
{
    void* p = malloc(n);
    auto _ = gsl::finally([p] { free(p); });
    // ...
}
```

16.16.3 Nota

`finally` non è disordinato come `try/catch`, ma resta una soluzione ad-hoc. Preferire *oggetti per la gestione delle risorse*. Considerare `finally` come ultima risorsa.

16.16.4 Nota

L'uso di `finally` è un'alternativa sistematica e ragionevolmente pulita rispetto alla vecchia tecnica *tecnica goto exit*; per gestire la pulizia [cleanup] dove la gestione delle risorse non è sistematica.

16.16.5 Imposizione

Euristica: Rilevare `goto exit`;

16.17 E.25: Se non è possibile sollevare eccezioni, simulare il RAI per la gestione delle risorse

16.17.1 Motivo

Anche senza eccezioni, il *RAI* è solitamente il modo migliore e più sistematico per gestire le risorse.

16.17.2 Nota

La gestione degli errori con le eccezioni è il solo modo completo e sistematico per gestire errori non-locali nel C++. In particolare, la segnalazione non-intrusiva del fallimento della costruzione di un oggetto richiede un'eccezione. Segnalare gli errori in modo che non si possano ignorare richiede le eccezioni. Se non si possono usare eccezioni, si dovrebbero simulare al meglio.

La paura delle eccezioni è ingiustificata. Se utilizzato per circostanze eccezionali in un codice che non sia disseminato di puntatori e di complicate strutture di controllo, la gestione delle eccezioni è quasi sempre conveniente (nel tempo e nello spazio) e quasi sempre porta a un codice migliore. Ciò, ovviamente, presuppone una buona implementazione dei meccanismi di gestione delle eccezioni, che non è disponibile su tutti i sistemi. Ci sono anche casi in cui i problemi sopra indicati non si applicano, ma le eccezioni non possono essere utilizzate per altri motivi. Alcuni sistemi di [hard-real-time] sono un esempio: Un'operazione deve essere completata entro un tempo fisso sia con una risposta corretta che con un errore. In assenza di adeguati strumenti per la stima del tempo, è difficile da garantire questo per le eccezioni. Tali sistemi (p.es. software per il controllo aereo) generalmente vietano anche l'uso della memoria dinamica (heap).

Quindi, la principale linea-guida per la gestione degli errori è «usare le eccezioni e il *RAII*». Questa sezione tratta i casi in cui o non si dispone di un'implementazione efficiente delle eccezioni o si fa un ingarbugliato codice vecchio stile (p.es., tantissimi puntatori, proprietà [ownership] mal definita, e tantissimi gestori degli errori non sistematici basati sul test dei codici di errori) in cui non è possibile introdurre una gestione delle eccezioni semplice e sistematica.

Prima di condannare le eccezioni o lamentarsi troppo del loro costo, si prendano in considerazione esempi d'uso dei *codici di errore*. Considerare il costo e la complessità dell'uso dei codici di errore. Se si è preoccupati delle prestazioni, misurare.

16.17.3 Esempio

Si supponga di aver voluto scrivere

```
void func(zstring arg)
{
    Gadget g {arg};
    // ...
}
```

Se il gadget non è ben costruito, `func` esce con un'eccezione. Se non si possono generare eccezioni, si può simulare questo stile RAII della gestione delle risorse aggiungendo la funzione membro `valid()` a `Gadget`:

```
error_indicator func(zstring arg)
{
    Gadget g {arg};
    if (!g.valid()) return gadget_construction_error;
    // ...
    return 0;    // zero indicates "good"
}
```

Il problema è, ovviamente, che ora il chiamante deve ricordarsi di controllare il valore di ritorno. Per invogliare a farlo, si consideri l'aggiunta di un `[[nodiscard]]`.

Si veda anche: *Discussione*

16.17.4 Imposizione

Possibile (solo) per specifiche versioni di questa idea: p.es., test per i controlli sistematici di `valid()` dopo la costruzione del gestore delle risorse

16.18 E.26: Se non è possibile sollevare eccezioni, si prenda in considerazione un veloce fallimento

16.18.1 Motivo

Se non si può recuperare per bene, si può almeno uscire prima di fare troppi ulteriori danni.

Si veda anche: *Simulare il RAI*

16.18.2 Nota

Se non si può essere sistematici sulla gestione degli errori, si consideri il «crash» come risposta a tutti gli errori che non si possono gestire localmente. Cioè, se non è possibile riprendersi da un errore nel contesto della funzione che l'ha rilevato, si chiama `abort()`, `quick_exit()`, o una funzione simile che attiverà qualche tipo di riavvio del sistema.

Nei sistemi con tantissimi processi e/o molti computer, ci si deve comunque aspettare e gestire dei crash fatali, ad esempio i guasti hardware. In questi casi, «crashando» si sta semplicemente lasciando la gestione degli errori al successivo livello del sistema.

16.18.3 Esempio

```
void f(int n)
{
    // ...
    p = static_cast<X*>(malloc(n * sizeof(X)));
    if (!p) abort();    // abort if memory is exhausted
    // ...
}
```

La maggior parte dei programmi non è comunque in grado di gestire adeguatamente l'esaurimento della memoria. Ciò equivale a

```
void f(int n)
{
    // ...
    p = new X[n];    // throw if memory is exhausted (by default, ↵
    ↵ terminate)
    // ...
}
```

Solitamente, è bene loggare il motivo del «crash» prima di uscire.

16.18.4 Imposizione

Difficile

16.19 E.27: Se non è possibile sollevare eccezioni, si usino sistematicamente i codici di errore

16.19.1 Motivo

L'uso sistematico di qualsiasi strategia per la gestione degli errori minimizza le possibilità di dimenticarsi di gestire un errore.

Si veda anche: *Simulare il RAI*

16.19.2 Nota

Ci sono diversi problemi da affrontare:

- Come trasmettere l'indicazione di un errore dall'esterno di una funzione?
- Come si rilasciano tutte le risorse da una funzione prima di uscire per un errore?
- Cosa usare per indicare un errore?

In generale, la restituzione di un indicatore di errore implica la restituzione di due valori: Il risultato e l'indicatore dell'errore. L'indicatore dell'errore può far parte dell'oggetto, p.es. un oggetto può avere un indicatore `valid()` o si può ritornare una coppia di valori.

16.19.3 Esempio

```
Gadget make_gadget(int n)
{
    // ...
}

void user()
{
    Gadget g = make_gadget(17);
    if (!g.valid()) {
        // error handling
    }
    // ...
}
```

Questo approccio è del tipo *gestione delle risorse RAI simulata*. La funzione `valid()` potrebbe restituire un `error_indicator` (p.es. un membro di un'enumerazione `error_indicator`).

16.19.4 Esempio

Cosa succede se non si può o non si vuole modificare il tipo `Gadget`? In questo caso si deve ritornare una coppia di valori. Per esempio:

```
std::pair<Gadget, error_indicator> make_gadget(int n)
{
    // ...
}

void user()
{
    auto r = make_gadget(17);
    if (!r.second) {
        // error handling
    }
    Gadget& g = r.first;
    // ...
}
```

Come mostrato, `std::pair` è un possibile tipo di ritorno. Qualcuno preferisce un tipo specifico. Per esempio:

```
Gval make_gadget(int n)
{
    // ...
}

void user()
{
    auto r = make_gadget(17);
    if (!r.err) {
        // error handling
    }
    Gadget& g = r.val;
    // ...
}
```

Uno dei motivi per preferire un tipo di ritorno specifico è quello di avere dei nomi per i suoi membri, piuttosto che i criptici `first` e `second` evitando confusione con altri utilizzi di `std::pair`.

16.19.5 Esempio

In generale, è necessario ripulire prima di uscire per un errore. Questo può risultare caotico:

```
std::pair<int, error_indicator> user()
{
    Gadget g1 = make_gadget(17);
    if (!g1.valid()) {
        return {0, g1_error};
    }

    Gadget g2 = make_gadget(31);
    if (!g2.valid()) {
        cleanup(g1);
        return {0, g2_error};
    }

    // ...

    if (all_foobar(g1, g2)) {
        cleanup(g2);
        cleanup(g1);
        return {0, foobar_error};
    }

    // ...

    cleanup(g2);
    cleanup(g1);
    return {res, 0};
}
```

La simulazione del RAII può risultare complicata, specie nelle funzioni con più risorse e molteplici tipi di errori. Una tecnica non rara consiste nel raccogliere la pulizia alla fine della funzione per evitare ripetizioni (si noti che l'ulteriore scope attorno a g2 non è desiderabile ma necessario per compilare la versione col goto):

```
std::pair<int, error_indicator> user()
{
    error_indicator err = 0;
    int res = 0;

    Gadget g1 = make_gadget(17);
    if (!g1.valid()) {
        err = g1_error;
        goto g1_exit;
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
{
    Gadget g2 = make_gadget(31);
    if (!g2.valid()) {
        err = g2_error;
        goto g2_exit;
    }

    if (all_foobar(g1, g2)) {
        err = foobar_error;
        goto g2_exit;
    }

    // ...

g2_exit:
    if (g2.valid()) cleanup(g2);
}

g1_exit:
    if (g1.valid()) cleanup(g1);
    return {res, err};
}
```

Più grande è la funzione, più allettante diventa questa tecnica. *finally* può *semplificare un po'*. Inoltre, più grande è il programma, più diventa difficile applicare sistematicamente una strategia di gestione degli errori basata su indicatori di errore.

Si deve *preferire la gestione degli errori basata sulle eccezioni* e si raccomanda di *fare funzioni brevi*.

Si veda anche: *Discussione*

Si veda anche: *Ritornare valori multipli*

16.19.6 Imposizione

Difficile.

16.20 E.28: Evitare la gestione degli errori basata su uno stato globale (p.es. `errno`)

16.20.1 Motivo

Lo stato globale è difficile da gestire ed è facile che ci si dimentichi di controllarlo. Quando è stata l'ultima volta che si è testato il valore di ritorno di `printf()`?

Si veda anche: *Simulare il RAI*

16.20.2 Esempio, cattivo

```
int last_err;

void f(int n)
{
    // ...
    p = static_cast<X*>(malloc(n * sizeof(X)));
    if (!p) last_err = -1;    // error if memory is exhausted
    // ...
}
```

16.20.3 Nota

La gestione degli errori in stile C è basata sulla variabile globale `errno`, quindi è essenzialmente impossibile evitare completamente questo stile.

16.20.4 Imposizione

Difficile.

16.21 E.30: Non utilizzare le specifiche delle eccezioni

16.21.1 Motivo

Le specifiche delle eccezioni [exception specification] indeboliscono la gestione degli errori, impongono un costo nel run-time, e sono state rimosse dallo standard del C++.

16.21.2 Esempio

```
int use(int arg)
    throw(X, Y)
{
    // ...
    auto x = f(arg);
    // ...
}
```

Se `f()` solleva un'eccezione diversa da `X` e da `Y` viene richiamato il gestore degli imprevisti, che per default termina. Questo va bene, ma mettiamo che si sia verificato che questo non avvenga e `f` viene modificato per sollevare una nuova eccezione `Z`, ci si ritrova con un crash tra le mani a meno di non cambiare `use()` (e ri-testare il tutto). Il problema è che `f()` potrebbe stare in una libreria di cui non si ha il controllo e la nuova eccezione è qualcosa con cui `use()` non può farci nulla o a cui non è in qualche modo interessata. Si può cambiare `use()` per passarle `Z`, ma probabilmente sarà necessario modificare i chiamanti di `use()`. E questo diventa subito ingestibile. In alternative, si può aggiungere un `try-catch` a `use()` per mappare `Z` in un'eccezione accettabile. Anche questo, diventa presto ingestibile. Si noti che le modifiche al set di eccezioni spesso avvengono al livello più basso di un sistema (p.es., a causa di modifiche ad una libreria di network o da qualche parte nel middleware), pertanto le modifiche «risalgono» per tutta la catena delle chiamate. In un codice di larghe dimensioni, ciò potrebbe significare che nessuno potrà aggiornarsi a una nuova versione di una libreria finché non viene siano modificati tutti gli utenti. Se `use()` fa parte di una libreria, potrebbe non essere possibile aggiornarla perché un cambiamento potrebbe implicare clienti sconosciuti.

La politica di far propagare le eccezioni fino a raggiungere una funzione potenzialmente in grado di gestirla si è dimostrata valida nel corso degli anni.

16.21.3 Nota

No. Non sarebbe stato meglio se le specifiche delle eccezioni sarebbero state imposte staticamente. Per esempio, si veda *Stroustrup*⁹⁴.

16.21.4 Nota

Se non è possibile generare alcuna eccezione, si usa `noexcept`.

16.21.5 Imposizione

Segnalare ogni specifica di eccezione [exception specification].

16.22 E.31: Ordinare in modo appropriato le proprie istruzioni catch

16.22.1 Motivo

Le istruzioni `catch` vengono valutate nell'ordine con cui appaiono e un'istruzione può nascondere altre.

16.22.2 Esempio, cattivo

```
void f()
{
    // ...
    try {
        // ...
    }
    catch (Base& b) { /* ... */ }
    catch (Derived& d) { /* ... */ }
    catch (...) { /* ... */ }
    catch (std::exception& e) { /* ... */ }
}
```

Se <Derived è derivato da Base il gestore Derived non verrà mai invocato. Il gestore «acchiappa tutto» garantisce che il gestore `std::exception` non sia mai invocato.

16.22.3 Imposizione

Segnalare tutti i «gestori nascosti».

Con: Costanti e immutabilità

Non può esserci una condizione di conflitto su una costante. È più facile ragionare su un programma quando molti degli oggetti non possono cambiare i loro valori. Le interfacce che promettono «nessuna modifica» degli oggetti passati come argomenti aumentano notevolmente la leggibilità.

Riepilogo delle regole sulle costanti:

- *Con.1: Per default, creare oggetti immutabili*
- *Con.2: Per default, creare le funzioni membro `const`*
- *Con.3: By Per default, passare puntatori e riferimenti ai `const`*
- *Con.4: Utilizzare `const` per definire oggetti con valori che non cambiano dopo la costruzione*
- *Con.5: Utilizzare `constexpr` per i valori calcolabili durante la compilazione*

17.1 Con.1: Per default, creare oggetti immutabili

17.1.1 Motivo

Gli oggetti immutabili sono più facili da gestire, quindi si creino oggetti non-`const` solo quando se ne deve cambiare il valore. Si previene una modifica del valore accidentale o difficile da notare

17.1.2 Esempio

```
for (const int i : c) cout << i << '\n';    // just reading: const
for (int i : c) cout << i << '\n';          // BAD: just reading
```

17.1.3 Eccezioni

Una variabile locale restituita per valore e che è più economica da spostare rispetto a copy non dovrebbe essere dichiarata `const` poiché potrebbe forzare una copia non necessaria.

```
std::vector<int> f(int i)
{
    std::vector<int> v{ i, i, i }; // const not needed
    return v;
}
```

I parametri della funzione passati per valore vengono raramente cambiati, ma altrettanto raramente dichiarati `const`. Per evitare confusione ed un sacco di falsi positivi, non imporre questa regola ai parametri delle funzioni.

```
void g(const int i) { ... } // pedantic
```

Si noti che un parametro della funzione è una variabile locale, quindi le sue modifiche sono locali.

17.1.4 Imposizione

- Segnalare le variabili non-`const` che non sono state modificate (ad eccezione dei parametri per evitare molti falsi positivi e le variabili locali restituite)

17.2 Con.2: Per default, creare le funzioni membro `const`

17.2.1 Motivo

Una funzione membro dovrebbe essere segnata come `const` a meno che non modifichi lo stato osservabile dell'oggetto. Ciò fornisce una dichiarazione più precisa dello scopo del progetto, una migliore leggibilità, più errori rilevati dal compilatore e talvolta maggiori possibilità di ottimizzazione.

17.2.2 Esempio, cattivo

```
class Point {
    int x, y;
public:
    int getx() { return x; }    // BAD, should be const as it doesn't
    ↪ modify the object's state
    // ...
};

void f(const Point& pt)
{
    int x = pt.getx();          // ERROR, doesn't compile because getx
    ↪ was not marked const
}
```

17.2.3 Nota

Non è intrinsecamente un male passare un puntatore o un riferimento come non-const, ma dovrebbe essere fatto solo quando si suppone che la funzione chiamata modifichi l'oggetto. Chi legge il codice deve presumere che una funzione che prende un «semplice» T* o T&, modificherà l'oggetto a cui ci si riferisce. Se non lo fa per adesso, potrebbe farlo in seguito senza obbligare la ricompilazione.

17.2.4 Nota

Ci sono dei sorgenti/librerie che propongono funzioni che dichiarano un T* anche se quelle funzioni non modificano quel T. Questo è un problema per chi modernizza il codice. Si può

- aggiornare la libreria affinché abbia i const corretti; soluzione preferita per il lungo-termine
- eseguire il «cast di const»; *meglio evitare*
- fornire una funzione wrapper

Esempio:

```
void f(int* p);    // old code: f() does not modify `*p`
void f(const int* p) { f(const_cast<int*>(p)); } // wrapper
```

Si noti che la soluzione del wrapper è una patch che si dovrebbe usare solo quando la dichiarazione di f() non può essere modificata, p.es. perché sta in una libreria che non può essere modificata.

17.2.5 Nota

Una funzione membro `const` può modificare il valore di un oggetto che sia `mutable` o a cui si acceda con un puntatore membro. Un uso comune è mantenere una cache anziché eseguire ripetutamente un calcolo complicato. Per esempio qui c'è una `Date` che mette in una cache (memoizza [!=memorizza]) la sua rappresentazione stringa per semplificarne i ripetuti usi:

```
class Date {
public:
    // ...
    const string& string_ref() const
    {
        if (string_val == "") compute_string_rep();
        return string_val;
    }
    // ...
private:
    void compute_string_rep() const;    // compute string_
    ↪representation and place it in string_val
    mutable string string_val;
    // ...
};
```

Un altro modo per dire che la proprietà `const` non è transitiva. È possibile per una funzione membro `const` modificare il valore di membri `mutable` e il valore di oggetti cui si accede tramite puntatori non-`const`. È compito della classe garantire che tale mutazione venga effettuata solo quando ha senso secondo la semantica (invarianti) che offre alla sua utenza.

Si veda anche: *Pimpl*

17.2.6 Imposizione

- Segnalare una funzione membro non contrassegnata con `const`, ma che non esegue un'operazione non-`const` su alcun dato membro.

17.3 Con.3: Per default, passare puntatori e riferimenti ai `const`

17.3.1 Motivo

Per evitare che una funzione chiamata cambi valore inaspettatamente. È molto più facile gestire i programmi quando le funzioni chiamate non modificano lo stato.

17.3.2 Esempio

```
void f(char* p);           // does f modify *p? (assume it does)
void g(const char* p);    // g does not modify *p
```

17.3.3 Nota

Non è intrinsecamente un male passare un puntatore o un riferimento come non-const, ma dovrebbe essere fatto solo quando si suppone che la funzione chiamata modifichi l'oggetto.

17.3.4 Nota

Non eseguire il cast da un const.

17.3.5 Imposizione

- Segnalare una funzione che non modifica un oggetto passato per puntatore o riferimento non-const
- Segnalare una funzione che (utilizzando il cast) modifica un oggetto passato per puntatore o riferimento const

17.4 Con.4: Utilizzare const per definire oggetti con valori che non cambiano dopo la costruzione

17.4.1 Motivo

Evitare sorprese dalla modifica inaspettata dei valori degli oggetti.

17.4.2 Esempio

```
void f()
{
    int x = 7;
    const int y = 9;

    for (;;) {
        // ...
    }
    // ...
}
```

Dato che `x` non è `const`, si deve presumere che venga modificato da qualche parte nel ciclo.

17.4.3 Imposizione

- Segnalare le variabili non-`const` non modificate.

17.5 Con.5: Utilizzare `constexpr` per i valori calcolabili durante la compilazione

17.5.1 Motivo

Migliori prestazioni, miglior controllo in fase di compilazione, valutazione garantita durante la compilazione, nessuna possibilità di conflitti.

17.5.2 Esempio

```
double x = f(2);           // possible run-time evaluation
const double y = f(2);     // possible run-time evaluation
constexpr double z = f(2); // error unless f(2) can be evaluated at
                             ↪ compile time
```

17.5.3 Nota

Cfr. F.4.

17.5.4 Imposizione

- Segnalare le condizioni `const` con inizializzatori di espressioni costanti.

T: Template e programmazione generica

La «programmazione generica» è quella che utilizza tipi e algoritmi parametrizzati dai tipi, dai valori e dagli algoritmi. Nel C++, la programmazione generica è supportata dal meccanismo dei `template` del linguaggio.

Gli argomenti delle funzioni generiche sono caratterizzati da un insieme di requisiti sui tipi degli argomenti e sui valori coinvolti. Nel C++, questi requisiti sono espressi da predicati di compilazione chiamati concetti [concept].

I `template` si possono usare anche per la meta-programmazione; vale a dire, programmi che compongono il codice in fase di compilazione.

Una nozione centrale nella programmazione generica sono i «concetti»; vale a dire, i requisiti sugli argomenti dei `template` presenti come predicati in fase di compilazione. I «Concept» sono stati standardizzati nel C++20, sebbene siano stati resi disponibili per la prima volta, con una sintassi leggermente più vecchia, in GCC 6.1.

Riepilogo delle regole sui `template`:

- *T.1: Utilizzare i `template` per elevare il livello di astrazione del codice*
- *T.2: Utilizzare i `template` per esprimere gli algoritmi che si applicano a molti tipi di argomenti*
- *T.3: Utilizzare i `template` per esprimere contenitori e [range]*
- *T.4: Utilizzare i `template` per esprimere la gestione dell'albero sintattico*
- *T.5: Combinare la tecnica generica e la OO per amplificare i punti di forza, non i loro costi*

Riepilogo delle regole sull'uso dei concetti:

- *T.10: Specificare i concetti per tutti gli argomenti dei `template`*
- *T.11: Quando possibile utilizzare i concetti standard*

- *T.12: Preferire i nomi dei concetti ad auto per le variabili locali*
- *T.13: Preferire la notazione abbreviata per i concetti semplici, con un argomento di un solo tipo*
- ???

Riepilogo delle regole sulla definizione dei concetti:

- *T.20: Evitare «concetti» senza una semantica significativa*
- *T.21: Richiedere un set completo di operazioni per un concetto*
- *T.22: Specificare gli assiomi per i concetti*
- *T.23: Differenziare un concetto speciale dal suo caso più generale aggiungendo nuovi schemi di utilizzo*
- *T.24: Usare classi tag o [trait] per differenziare i concetti che hanno solamente una semantica diversa*
- *T.25: Evitare i vincoli complementari*
- *T.26: Preferire la definizione dei concetti in termini di schemi d'uso anziché la semplice sintassi*
- *T.30: Usare con parsimonia la negazione del concetto (!C<T>) per esprimere piccole differenze*
- *T.31: Usare con parsimonia la disgiunzione del concetto (C1<T> || C2<T>) per esprimere le alternative*
- ???

Riepilogo delle regole sull'interfaccia dei template:

- *T.40: Usare oggetti funzione per passare le operazioni agli algoritmi*
- *T.41: Richiedere solo le proprietà essenziali nei concetti di un template*
- *T.42: Usare gli alias dei template per semplificare la notazione e nascondere i dettagli implementativi*
- *T.43: Preferire using a typedef per definire gli alias*
- *T.44: Usare template di funzioni per dedurre i tipi degli argomenti della classe (dove fattibile)*
- *T.46: Richiedere che gli argomenti template siano almeno semi-regolari*
- *T.47: Evitare i template senza vincoli molto visibili con nomi comuni*
- *T.48: Se il compilatore non supporta i concetti, simularli con enable_if*
- *T.49: Dove possibile, evitare la [type-erasure]*

Riepilogo delle regole sulla definizione dei template:

- *T.60: Minimizzare le dipendenze dal contesto di un template*
- *T.61: Non sovra-parametrizzare i membri (SCARY)*

- T.62: *Porre i membri della classe template non-dipendenti in una classe base non-template*
- T.64: *Usare la specializzazione per fornire implementazioni alternative di classi template*
- T.65: *Usare il [tag dispatch] per fornire implementazioni alternative delle funzioni*
- T.67: *Usare la specializzazione per fornire implementazioni alternative per i tipi irregolari*
- T.68: *Usare {} anziché () nei template per evitare ambiguità*
- T.69: *All'interno di un template, non effettuare una chiamata di funzione non-membro non-qualificata a meno che non lo si intenda come un punto di personalizzazione*

Riepilogo delle regole sulla gerarchia dei template:

- T.80: *Non rendere ingenuamente template una gerarchia di classi*
- T.81: *Non mischiare le gerarchie con gli array // ??? da qualche parte nelle «gerarchie»*
- T.82: *Linearizzare una gerarchia quando le funzioni virtuali sono indesiderabili*
- T.83: *Non dichiarare virtuale una funzione membro template*
- T.84: *Usare un nucleo implementativo non-template per fornire un'interfaccia ABI stabile*
- T.??: ????

Riepilogo delle regole sui template variadici:

- T.100: *Usare i template variadici quando c'è bisogno di una funzione che accetti un numero variabile di argomenti di vari tipi*
- T.101: ??? *Come passare gli argomenti ad un template variadico ???*
- T.102: ??? *Come passare gli argomenti ad un template variadico ???*
- T.103: *Non usare i template variadici per liste di argomenti omogenei*
- T.??: ????

Riepilogo delle regole sulla meta-programmazione:

- T.120: *Usare la meta-programmazione template solo quando è veramente necessario*
- T.121: *Usare la meta-programmazione template soprattutto per emulare i concetti*
- T.122: *Usare i template (solitamente alias di template) per elaborare i tipi in fase di compilazione*
- T.123: *Usare funzioni `constexpr` per elaborare i valori in fase di compilazione*
- T.124: *Preferire l'uso delle funzioni TMP della libreria standard*
- T.125: *Se c'è bisogno di andare oltre le funzioni TMP della libreria standard, usare una libreria esistente*
- T.??: ????

Riepilogo delle altre regole sui template:

- *T.140: Se un'operazione può essere riutilizzata, le si assegna un nome*
- *T.141: Usare una lambda anonima se si necessita di un semplice oggetto funzione in un solo posto*
- *T.142: Usare le variabili template per semplificare la notazione*
- *T.143: Non scrivere involontariamente codice non-generico*
- *T.144: Non specializzare le funzioni template*
- *T.150: Verificare che a una classe corrisponda un concetto utilizzando `static_assert`*
- *T.??: ????*

18.1 T.gp: Programmazione generica

La «programmazione generica» è quella che utilizza tipi e algoritmi parametrizzati dai tipi, dai valori e dagli algoritmi.

18.1.1 T.1: Utilizzare i template per elevare il livello di astrazione del codice

Motivo

Generalità. Riutilizzo. Efficienza. Incoraggia la consistenza della definizione dei tipi utente.

Esempio, cattivo

Concettualmente, i seguenti requisiti sono sbagliati perché quello che si vuole di T sono più che i semplici concetti di bassissimo livello del «può essere incrementato» o «può essere aggiunto»:

```
template<typename T>
    requires Incrementable<T>
T sum1(vector<T>& v, T s)
{
    for (auto x : v) s += x;
    return s;
}

template<typename T>
    requires Simple_number<T>
T sum2(vector<T>& v, T s)
{
    for (auto x : v) s = s + x;
    return s;
}
```

Supponendo che `Incrementable` non supporti `+` e che `Simple_number` non supporti `+=`, si hanno degli implementatori troppo particolari di `sum1` e `sum2`. E, in questo caso, perdendo un'opportunità di generalizzazione.

Esempio

```
template<typename T>
    requires Arithmetic<T>
T sum(vector<T>& v, T s)
{
    for (auto x : v) s += x;
    return s;
}
```

Assumendo che `Arithmetic` richieda sia `+` che `+=`, si vincola l'utente di `sum` a fornire un tipo completamente aritmetico. Questo non è un requisito minimo, ma fornisce all'implementatore degli algoritmi la libertà necessaria e garantisce che si possa usare qualsiasi tipo `Arithmetic` per un'ampia varietà di algoritmi.

Per ulteriore generalità e riusabilità, si potrebbe anche usare un più generale concetto di `Container` o di `Range` anziché affidarsi ad un solo contenitore, `vector`.

Nota

Se si definisce un modello per avere solo e solamente le operazioni richieste per una particolare implementazione di un singolo algoritmo (p.es., si richiede solo `+=` anziché anche `=` e `+`), si hanno dei manutentori troppo vincolati. Lo scopo è quello di minimizzare i requisiti sugli argomenti template, ma i requisiti assolutamente minimali di un'implementazione raramente costituiscono un concetto significativo.

Nota

I template si possono usare per esprimere praticamente qualsiasi cosa (sono Turing equivalenti), ma lo scopo della programmazione generica (che si realizza con i template) è quello di generalizzare efficientemente operazioni e/o algoritmi per un insieme di tipi con proprietà semantiche simili.

Imposizione

- Segnalare gli algoritmi con requisiti «eccessivamente semplici», come l'uso diretto di specifici operatori senza un concetto.
- Non segnalare la definizione degli stessi concetti «eccessivamente semplici»; questi potrebbero semplicemente essere elementi costitutivi di concetti più utili.

18.1.2 T.2: Utilizzare i template per esprimere gli algoritmi che si applicano a molti tipi di argomenti

Motivo

Generalità. Minimizzare la quantità di codice sorgente. Interoperabilità. Riutilizzo.

Esempio

Questa è la base della STL. Un singolo algoritmo `find` funziona facilmente con qualsiasi tipo di serie in input:

```
template<typename Iter, typename Val>
    // requires Input_iterator<Iter>
    //      && Equality_comparable<Value_type<Iter>, Val>
Iter find(Iter b, Iter e, Val v)
{
    // ...
}
```

Nota

Non usare un template a meno che non si abbia una reale necessità per più di un tipo di argomento template. Non essere eccessivamente concisi.

Imposizione

??? difficile, probabilmente necessita di un umano

18.1.3 T.3: Utilizzare i template per esprimere contenitori e `[range]`

Motivo

I contenitori necessitano di un tipo per l'elemento, ed esprimerlo come un argomento template è generale, riutilizzabile e sicuro rispetto al tipo. Si evitano, inoltre, alternative fragili ed inefficienti. Convenzione: Questo è come fa la STL.

Esempio

```
template<typename T>
    // requires Regular<T>
class Vector {
    // ...
    T* elem;    // points to sz Ts
    int sz;
};

Vector<double> v(10);
v[7] = 9.9;
```

Esempio, cattivo

```
class Container {
    // ...
    void* elem;    // points to size elements of some type
    int sz;
};

Container c(10, sizeof(double));
((double*) c.elem)[7] = 9.9;
```

Ciò non esprime direttamente l'intento del programmatore e nasconde la struttura del programma al sistema dei tipi e all'ottimizzatore.

Celando il `void*` dietro le macro semplicemente si nascondono i problemi e si introducono altre possibilità di confusione.

Eccezioni: Se è necessaria un'interfaccia ABI stabile, potrebbe essere necessario fornire un'implementazione di base ed esprimere il template (type-safe) in questi termini. Cfr. *Base stabile*.

Imposizione

- Segnalare gli utilizzi dei `void*` e dei cast al di fuori del codice di implementazione di basso livello

18.1.4 T.4: Utilizzare i template per esprimere la gestione dell'albero sintattico

Motivo

???

Esempio

???

Eccezioni: ???

18.1.5 T.5: Combinare la tecnica generica e la OO per amplificarne i punti di forza, non i loro costi

Motivo

Le tecniche di programmazione generica e OO sono complementari.

Esempio

La statica aiuta la dinamica: Usare il polimorfismo statico per implementare dinamicamente le interfacce polimorfiche.

```
class Command {
    // pure virtual functions
};

// implementations
template</*...*/>
class ConcreteCommand : public Command {
    // implement virtuals
};
```

Esempio

La dinamica aiuta la statica: Offre un'interfaccia generica, comoda e vincolata staticamente, ma internamente distribuisce dinamicamente, offrendo un layout uniforme dell'oggetto. Tra gli esempi c'è la cancellazione [erasure] del tipo come con il “deleter” del `std::shared_ptr` (ma *non abusare della cancellazione del tipo [type erasure]*).

```
#include <memory>

class Object {
public:
    template<typename T>
    Object(T&& obj)
        : concept_(std::make_shared<ConcreteCommand<T>>(std::forward<T>
→(obj))) {}

    int get_id() const { return concept_>get_id(); }

private:
    struct Command {
        virtual ~Command() {}
        virtual int get_id() const = 0;
    };

    template<typename T>
    struct ConcreteCommand final : Command {
        ConcreteCommand(T&& obj) noexcept : object_(std::forward<T>
→(obj)) {}
        int get_id() const final { return object_.get_id(); }

    private:
        T object_;
    };

    std::shared_ptr<Command> concept_;
};

class Bar {
public:
    int get_id() const { return 1; }
};

struct Foo {
public:
    int get_id() const { return 2; }
};
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
Object o(Bar{});  
Object o2(Foo{});
```

Nota

In una classe template, le funzioni non-virtuali vengono istanziate solo se vengono utilizzate – ma quelle virtuali vengono istanziate sempre. Questo può gonfiare la dimensione del codice, e potrebbe vincolare eccessivamente un tipo generico istanziando funzionalità che non saranno mai necessarie. È da evitare, anche se parti della libreria standard hanno commesso questo sbaglio.

Si veda anche

- rif ???
- rif ???
- rif ???

Imposizione

Si vedano i riferimenti a regole più specifiche.

18.2 T.concepts: Regole sui concetti

I concept è una struttura del C++20 per specificare i requisiti per gli argomenti template. Sono cruciali nel pensare alla programmazione generica e alla base di molto lavoro sulle future librerie C++ (standard e altre).

Questa sezione presuppone il supporto del concetto

Riepilogo delle regole sull'uso dei concetti:

- *T.10: Specificare i concetti per tutti gli argomenti dei template*
- *T.11: Quando possibile utilizzare i concetti standard*
- *T.12: Preferire i nomi dei concetti ad auto*
- *T.13: Preferire la notazione abbreviata per i concetti semplici, con un argomento di un solo tipo*
- ???

Riepilogo delle regole sulla definizione dei concetti:

- *T.20: Evitare «concetti» senza una semantica significativa*
- *T.21: Richiedere un set completo di operazioni per un concetto*

- T.22: *Specificare gli assiomi per i concetti*
- T.23: *Differenziare un concetto speciale dal suo caso più generale aggiungendo nuovi schemi di utilizzo*
- T.24: *Usare classi tag o [trait] per differenziare i concetti che hanno solamente una semantica diversa*
- T.25: *Evitare i vincoli complementari*
- T.26: *Preferire la definizione dei concetti in termini di schemi d'uso anziché la semplice sintassi*
- ???

18.3 T.con-use: Uso del concetto

18.3.1 T.10: Specificare i concetti per tutti gli argomenti dei template

Motivo

Correttezza e leggibilità. Il significato supposto (sintattico e semantico) di un argomento template è fondamentale per l'interfaccia di un template. Un concetto migliora enormemente la documentazione e la gestione degli errori per il template. Lo specificare i concetti per gli argomenti template costituisce un potente strumento di progettazione.

Esempio

```
template<typename Iter, typename Val>
    requires input_iterator<Iter>
           && equality_comparable_with<iter_value_t<Iter>, Val>
Iter find(Iter b, Iter e, Val v)
{
    // ...
}
```

o equivalentemente e più succintamente:

```
template<input_iterator Iter, typename Val>
    requires equality_comparable_with<iter_value_t<Iter>, Val>
Iter find(Iter b, Iter e, Val v)
{
    // ...
}
```

Nota

Il semplice `typename` (o `auto`) è il concetto meno vincolante. Dovrebbe essere usato solo raramente quando non si può supporre altro che «è un tipo». Ciò, generalmente, è necessario solo quando (come parte del codice di meta-programmazione dei template) si gestiscono alberi di espressioni pure, posponendo il controllo del tipo.

Riferimenti: TC++PL4

Imposizione

Segnalare i tipi di argomenti template senza concetti

18.3.2 T.11: Quando possibile utilizzare i concetti standard

Motivo

I concept «standard» (quelli descritti nelle [GSL](#) e nello stesso standard ISO) fanno risparmiare il lavoro di pensare ai propri concept, sono pensati meglio di quanto si possa riuscire a fare in proprio e migliorano l'interoperabilità.

Nota

A meno che non si stia creando una nuova libreria generica, la maggior parte dei concetti necessari sarà già stata definita dalla libreria standard.

Esempio

```
template<typename T>
    // don't define this: sortable is in <iterator>
    concept Ordered_container = Sequence<T> && Random_access<Iterator<T>> &
    ↪& Ordered<Value_type<T>>;

void sort(Ordered_container auto& s);
```

Questo `Ordered_container` è abbastanza plausibile, ma è molto simile al concept `sortable` nella libreria standard. È migliore? È giusto? Riflette accuratamente i requisiti dello standard per `sort`? È meglio e più semplice usare semplicemente `sortable`:

```
void sort(sortable auto& s);    // better
```

Nota

L'insieme dei concetti «standard» si sta evolvendo nell'avvicinarsi ad uno standard ISO che includa i concetti.

Nota

Progettare un concetto utile è impegnativo.

Imposizione

Difficile.

- Cercare argomenti senza vincoli, template che usano concetti «insoliti»/non-standard, template che usano concetti «fatti in casa» senza assiomi.
- Sviluppare un tool per scoprire i concetti (p.es., cfr. [un primo esperimento](#)).

18.3.3 T.12: Preferire i nomi dei concetti ad auto per le variabili locali

Motivo

auto è il concetto più debole. I nomi dei concetti convogliano più significato che il semplice auto.

Esempio

```
vector<string> v{ "abc", "xyz" };  
auto& x = v.front();           // bad  
String auto& s = v.front();    // good (String is a GSL concept)
```

Imposizione

- ???

18.3.4 T.13: Preferire la notazione abbreviata per i concetti semplici, con un argomento di un solo tipo

Motivo

Leggibilità. Espressione diretta di un'idea.

Esempio

Per dire che «T è sortable [ordinabile]»:

```
template<typename T>      // Correct but verbose: "The parameter is
    requires sortable<T>  // of type T which is the name of a type
void sort(T&);            // that is sortable"

template<sortable T>      // Better: "The parameter is of type T
void sort(T&);            // which is Sortable"

void sort(sortable auto&); // Best: "The parameter is Sortable"
```

Le versioni più brevi si adattano meglio al nostro modo di parlare. Si noti che per molti template non è necessario usare la parola-chiave `template`.

Imposizione

- Non fattibile a breve termine quando le persone convertono dalla notazione `<typename T>` e `<class T>`.
- In seguito, le dichiarazioni che prima introducono un `[typename]` e poi lo vincolano con un concetto semplice, argomento-di-un-solo-tipo.

18.4 T.concepts.def: Regole sulla definizione dei concetti

Definire dei buoni concetti non è banale. I «concetti» hanno lo scopo di rappresentare concetti fondamentali in un dominio di applicazione (da cui il nome «concept»). Allo stesso modo, mettere insieme una serie di vincoli sintattici da utilizzare per gli argomenti di una classe o di un algoritmo non è ciò per cui i concetti sono stati progettati e non darà tutti i benefici del meccanismo.

Ovviamente, la definizione dei concept è più utile per il codice che può utilizzare un'implementazione (ad es. C++20 o successivo), ma la definizione dei concept è di per sé un'utile tecnica di progettazione e aiuta a rilevare gli errori concettuali e a ripulire i concetti (sic!) di un implementazione.

18.4.1 T.20: Evitare «concetti» senza una semantica significativa

Motivo

I concetti hanno lo scopo di esprimere nozioni semantiche, come in «un numero», «un intervallo [range]» di elementi, e «totalmente ordinato». Semplici vincoli, come in «ha un operatore +» e «ha un operatore >» non possono essere specificati in modo significativo isolatamente e si dovrebbero usare solo come elementi costitutivi di concetti significativi, piuttosto che nel codice utente.

Esempio, cattivo

```
template<typename T>
// bad; insufficient
concept Addable = requires(T a, T b) { a + b; };

template<Addable N>
auto algo(const N& a, const N& b) // use two numbers
{
    // ...
    return a + b;
}

int x = 7;
int y = 9;
auto z = algo(x, y);    // z = 16

string xx = "7";
string yy = "9";
auto zz = algo(xx, yy); // zz = "79"
```

Forse era prevista la concatenazione. Più probabilmente, è stato un incidente. Definire il meno in modo equivalente farebbe accettare un insieme di tipi notevolmente diversi. Questo `Addable` viola la regola matematica che supponga che l'addizione sia commutativa: $a+b == b+a$.

Nota

La capacità di specificare semantiche significative è una caratteristica distintiva di un vero concetto, al contrario di un vincolo sintattico.

Esempio

```
template<typename T>
// The operators +, -, *, and / for a number are assumed to follow the
↪usual mathematical rules
concept Number = requires(T a, T b) { a + b; a - b; a * b; a / b; };

template<Number N>
auto algo(const N& a, const N& b)
{
    // ...
    return a + b;
}

int x = 7;
int y = 9;
auto z = algo(x, y);    // z = 16

string xx = "7";
string yy = "9";
auto zz = algo(xx, yy); // error: string is not a Number
```

Nota

I concetti con più operazioni hanno una probabilità molto più bassa di abbinare accidentalmente un tipo rispetto a un concetto a singola-operazione.

Imposizione

- Segnalare i concept a singola-operazione utilizzati al di fuori della definizione di altri concept.
- Segnalare gli usi di `enable_if` che sembrano simulare concept mono-operazione.

18.4.2 T.21: Richiedere un set completo di operazioni per un concetto

Motivo

Facilità di comprensione. Migliorata interoperabilità. Aiuta gli implementatori e i manutentori.

Nota

Questa è una specifica variante della regola generale *un concetto deve avere un senso semantico*.

Esempio, cattivo

```
template<typename T> concept Subtractable = requires(T a, T b) { a - b;
→ };
```

Questo non ha un senso semantico. C'è almeno bisogno di + per rendere - significativo e utile.

Esempi di set completi sono

- Aritmetica: +, -, *, /, +=, -=, *=, /=
- Comparabile: <, >, <=, >=, ==, !=

Nota

Questa regola si applica a prescindere dal fatto che si utilizzi il supporto diretto del linguaggio per i concetti. È una regola di progettazione generale che si applica anche ai non-template:

```
class Minimal {
    // ...
};

bool operator==(const Minimal&, const Minimal&);
bool operator<(const Minimal&, const Minimal&);

Minimal operator+(const Minimal&, const Minimal&);
// no other operators

void f(const Minimal& x, const Minimal& y)
{
    if (!(x == y)) { /* ... */ }    // OK
    if (x != y) { /* ... */ }      // surprise! error

    while (!(x < y)) { /* ... */ }  // OK
    while (x >= y) { /* ... */ }    // surprise! error

    x = x + y;                      // OK
    x += y;                         // surprise! error
}
```

Questo è il minimo, ma sorprende e vincola gli utenti. Potrebbe inoltre essere meno efficiente.

La regola supporta l'opinione secondo cui un concetto dovrebbe riflettere una serie (matematicamente) coerente di operazioni.

Esempio

```
class Convenient {
    // ...
};

bool operator==(const Convenient&, const Convenient&);
bool operator<(const Convenient&, const Convenient&);
// ... and the other comparison operators ...

Convenient operator+(const Convenient&, const Convenient&);
// ... and the other arithmetic operators ...

void f(const Convenient& x, const Convenient& y)
{
    if (!(x == y)) { /* ... */ }    // OK
    if (x != y) { /* ... */ }      // OK

    while (!(x < y)) { /* ... */ }  // OK
    while (x >= y) { /* ... */ }    // OK

    x = x + y;    // OK
    x += y;      // OK
}
```

Definire tutti gli operatori può essere fastidioso, ma non difficile. Idealmente, la regola dovrebbe essere supportata dal linguaggio fornendo operatori di confronto di default.

Imposizione

- Segnalare le classi che supportano sottoinsiemi «strani» di un insieme di operatori, p.es., `==` ma non `!=` oppure `+` ma non `-`. Sì, `std::string` è «strana», ma è troppo tardi per cambiare.

18.4.3 T.22: Specificare gli assiomi per i concetti

Motivo

Un concetto significativo/utile ha un significato semantico. Esprimere queste semantiche in modo informale, semi-formale o formale rende il concetto comprensibile ai lettori e lo sforzo di esprimerlo può intercettare errori concettuali. La specifica della semantica è un potente strumento di progettazione.

Esempio

```
template<typename T>
    // The operators +, -, *, and / for a number are assumed to follow
    → the usual mathematical rules
    // axiom(T a, T b) { a + b == b + a; a - a == 0; a * (b + c) == a
    → * b + a * c; /*...*/ }
    concept Number = requires(T a, T b) {
        { a + b } -> convertible_to<T>;
        { a - b } -> convertible_to<T>;
        { a * b } -> convertible_to<T>;
        { a / b } -> convertible_to<T>;
    };
```

Nota

Questo è un assioma in senso matematico: qualcosa che può essere assunto senza prove. In generale, gli assiomi non sono dimostrabili, e quando c'è una prova va spesso oltre le capacità di un compilatore. Un assioma potrebbe non essere generale, ma chi scrive il template potrebbe presumere che valga per tutti gli input effettivamente utilizzati (simile a una pre-condizione).

Nota

In questo contesto gli assiomi sono espressioni Booleane. Per gli esempi si veda *Palo Alto TR*. Attualmente, il C++ non supporta gli assiomi (nemmeno la TS ISO «Concepts»), quindi ci si dovrà accontentare a lungo dei commenti. Appena sarà disponibile il supporto del linguaggio, si potranno rimuovere le // davanti all'assioma

Nota

I concetti GSL hanno una semantica ben definita; si veda la TR «Palo Alto» e la TS «Ranges».

Eccezione

Le prime versioni di un nuovo «concept» ancora in fase di sviluppo definiranno spesso semplici insiemi di vincoli senza una semantica ben specificata. Trovare una buona semantica può richiedere tempo e fatica. Un insieme incompleto di vincoli può essere ancora utilissimo:

```
// balancer for a generic binary tree
template<typename Node> concept Balancer = requires(Node* p) {
    add_fixup(p);
    touch(p);
    detach(p);
};
```

Quindi un Balancer deve fornire almeno queste operazioni su un albero Node, ma non si è ancora pronti a specificare una semantica dettagliata perché un nuovo tipo di albero bilanciato potrebbe richiedere più operazioni e la semantica generale precisa per tutti i nodi è difficile da definire nelle prime fasi della progettazione.

Un «concept» incompleto o senza una semantica ben specificata può ancora essere utile. Per esempio, consente alcuni controlli durante la sperimentazione iniziale. Tuttavia, non si deve supporre che sia stabile. Ciascun nuovo caso d'uso potrebbe richiedere uno di questi concetti incompleti da migliorare.

Imposizione

- Cercare la parola «axiom» [assioma] nei commenti per la definizione dei concept

18.4.4 T.23: Differenziare un concetto speciale dal suo caso più generale aggiungendo nuovi schemi di utilizzo.

Motivo

Altrimenti non possono essere distinti automaticamente dal compilatore.

Esempio

```
template<typename I>
// Note: input_iterator is defined in <iterator>
concept Input_iter = requires(I iter) { ++iter; };

template<typename I>
// Note: forward_iterator is defined in <iterator>
concept Fwd_iter = Input_iter<I> && requires(I iter) { iter++; };
```

Il compilatore può determinare il perfezionamento in base all'insieme di operazioni richieste (qui, il suffisso ++). Ciò riduce l'onere per gli implementatori di questi tipi poiché non necessitano di dichiarazioni speciali per «agganciarsi al concetto». Se due concetti hanno esattamente gli stessi requisiti, sono logicamente equivalenti (non c'è alcun aggiustamento).

Imposizione

- Segnalare un concetto che ha esattamente gli stessi requisiti di un altro concetto già visto (nessuno dei due è più elaborato [refined]). Per chiarire le ambiguità, si veda T.24.

18.4.5 T.24: Usare classi tag o [trait] per differenziare i concetti che hanno solamente una semantica diversa.

Motivo

Due concetti che richiedono la stessa sintassi ma hanno semantica diversa portano ad un'ambiguità a meno che il programmatore non li differenzi.

Esempio

```
template<typename I>    // iterator providing random access
// Note: random_access_iterator is defined in <iterator>
concept RA_iter = ...;

template<typename I>    // iterator providing random access to
↳ contiguous data
// Note: contiguous_iterator is defined in <iterator>
concept Contiguous_iter =
    RA_iter<I> && is_contiguous_v<I>; // using is_contiguous trait
```

Il programmatore (in una libreria) deve definire adeguatamente `is_contiguous` (un [trait]).

Avvolgere una classe [tag] in un concetto porta ad una semplice espressione di quest'idea:

```
template<typename I> concept Contiguous = is_contiguous_v<I>;

template<typename I>
concept Contiguous_iter = RA_iter<I> && Contiguous<I>;
```

Il programmatore (in una libreria) deve definire adeguatamente `is_contiguous` (un [trait]).

Nota

I traits possono essere classi di traits o traits di tipi. Questi possono essere quelli definiti dall'utente o quelli della libreria standard. Preferire quelli della libreria standard.

Imposizione

- Il compilatore segnala l'uso ambiguo di concetti identici.
- Segnalare la definizione di concetti identici.

18.4.6 T.25: Evitare i vincoli complementari

Motivo

Chiarezza. Manutenibilità. Le funzioni con requisiti complementari, espressi usando la negazione sono fragili.

Esempio

Inizialmente, le persone proveranno a definire funzioni con requisiti complementari:

```
template<typename T>
    requires !C<T>    // bad
void f();

template<typename T>
    requires C<T>
void f();
```

Questo è migliore:

```
template<typename T>    // general template
    void f();

template<typename T>    // specialization by concept
    requires C<T>
void f();
```

Il compilatore sceglierà il modello non vincolato solo quando `C<T>` non è soddisfatto. Se non si vuole (o non si può) definire una versione non vincolata di `f()`, allora la si cancella.

```
template<typename T>
void f() = delete;
```

Il compilatore selezionerà l'overload, o emetterà l'errore appropriato.

Nota

I vincoli complementari sono purtroppo comuni nel codice di `enable_if`:

```
template<typename T>
enable_if<!C<T>, void>    // bad
f();

template<typename T>
enable_if<C<T>, void>
f();
```


Nota

I requisiti complementari su un requisito sono talvolta (erroneamente) considerati gestibili. Tuttavia, per due o più requisiti, il numero di definizioni richieste può aumentare in modo esponenziale (2,4,8,16,...):

```
C1<T> && C2<T>
!C1<T> && C2<T>
C1<T> && !C2<T>
!C1<T> && !C2<T>
```

Ora le opportunità di errori si moltiplicano.

Imposizione

- Segnalare le coppie di funzioni con i vincoli $C<T>$ e $!C<T>$

18.4.7 T.26: Preferire la definizione dei concetti in termini di schemi d'uso anziché la semplice sintassi

Motivo

La definizione è più leggibile e corrisponde direttamente a ciò che un utente deve scrivere. Le conversioni vengono prese in considerazione. Non si devono ricordare i nomi di tutti i [traits] del tipo.

Esempio

Si potrebbe essere tentati di definire un concetto `Equality` in questo modo:

```
template<typename T> concept Equality = has_equal<T> && has_not_equal
→<T>;
```

Ovviamente, sarebbe meglio e più facile usare solo lo standard `equality_comparable`, ma - solo a titolo di esempio - se si dovesse definire un concetto del genere, preferire:

```
template<typename T> concept Equality = requires(T a, T b) {
    { a == b } -> std::convertible_to<bool>;
    { a != b } -> std::convertible_to<bool>;
    // axiom { !(a == b) == (a != b) }
    // axiom { a = b; => a == b } // => means "implies"
};
```

anziché definire due concetti insignificanti `has_equal` e `has_not_equal` solo come “helper” nella definizione di `Equality`. Per «insignificante» si intende che non si può specificare la semantica di `has_equal` isolatamente.

Imposizione

???

18.5 Interfacce template

Nel corso degli anni, la programmazione con i template ha subito una debole distinzione tra l'interfaccia di un template e la sua implementazione. Prima dei concetti, tale distinzione non aveva un supporto linguistico diretto. Tuttavia, l'interfaccia per un template è un concetto critico - un contratto tra un utente e un implementatore - e dovrebbe essere progettata con cura.

18.5.1 T.40: Usare oggetti funzione per passare le operazioni agli algoritmi

Motivo

Gli oggetti funzione possono trasportare più informazioni attraverso un'interfaccia anziché un «semplice» puntatore a una funzione. In generale, passare oggetti funzione ha prestazioni migliori che passare puntatori a funzioni.

Esempio

```
bool greater(double x, double y) { return x > y; }
sort(v, greater); // pointer to  
  ↳function: potentially slow
sort(v, [](double x, double y) { return x > y; }); // function object
sort(v, std::greater{}); // function object

bool greater_than_7(double x) { return x > 7; }
auto x = find_if(v, greater_than_7); // pointer to  
  ↳function: inflexible
auto y = find_if(v, [](double x) { return x > 7; }); // function  
  ↳object: carries the needed data
auto z = find_if(v, Greater_than<double>(7)); // function  
  ↳object: carries the needed data
```

Ovviamente si possono generalizzare queste funzioni usando auto o i concept. Per esempio:

```
auto y1 = find_if(v, [](totally_ordered auto x) { return x > 7; }); //  
  ↳require an ordered type
auto z1 = find_if(v, [](auto x) { return x > 7; }); //  
  ↳hope that the type has a >
```

Nota

Le lambda generano oggetti funzione.

Nota

L'argomento delle prestazioni dipende dalla tecnologia del compilatore e di quella dell'ottimizzatore.

Imposizione

- Segnalare gli argomenti template puntatori a funzione.
- Segnalare i puntatori a funzione passati come argomenti a un template (si rischiano falsi positivi).

18.5.2 T.41: Richiedere solo le proprietà essenziali nei concetti di un template

Motivo

Mantenere le interfacce semplici e stabili.

Esempio

Si consideri, un sort dotato di un semplice (molto semplificato) supporto per il debug:

```
void sort(sortable auto& s) // sort sequence s
{
    if (debug) cerr << "enter sort( " << s << ")\n";
    // ...
    if (debug) cerr << "exit sort( " << s << ")\n";
}
```

Questo dovrebbe essere riscritto in:

```
template<sortable S>
    requires Streamable<S>
void sort(S& s) // sort sequence s
{
    if (debug) cerr << "enter sort( " << s << ")\n";
    // ...
    if (debug) cerr << "exit sort( " << s << ")\n";
}
```

Dopotutto, non esiste nulla in `sortable` che richiede il supporto di `iostream`. D'altra parte, nell'idea fondamentale dell'ordinamento non c'è nulla che dica qualcosa sul debug.

Nota

Se si chiede che ogni operazione utilizzata venga elencata tra i requisiti, l'interfaccia diventa instabile: Ogni volta che cambiano le strutture di debug, la raccolta dei dati utilizzati, il supporto dei test, la segnalazione degli errori, ecc., si dovrebbe cambiare il template e si dovrebbe ricompilare ogni utilizzo del template. Questo è poco gestibile e, in alcuni ambienti, impossibile.

Al contrario, se si utilizza un'operazione nell'implementazione che non è garantita dal controllo concettuale, si potrebbe ricevere un successivo errore di compilazione.

Non utilizzando il controllo del concetto per le proprietà di un argomento template che non è considerato essenziale, se ne ritarda il controllo fino al tempo dell'istanziamento. Questo, lo si considera un utile compromesso.

Si noti che anche l'utilizzo di nomi non locali e non dipendenti (come `debug` e `cerr`) introduce dipendenze dal contesto che possono portare a errori «misteriosi».

Nota

Può essere difficile decidere quali proprietà di un tipo sono essenziali e quali no.

Imposizione

???

18.5.3 T.42: Usare gli alias dei template per semplificare la notazione e nascondere i dettagli implementativi

Motivo

Leggibilità migliorata. Occultamento dell'implementazione. Si noti che gli alias dei template sostituiscono molti usi dei `[trait]` per calcolare un tipo. Si possono anche usare per avvolgere `[wrap]` un `[trait]`.

Esempio

```
template<typename T, size_t N>
class Matrix {
    // ...
    using Iterator = typename std::vector<T>::iterator;
    // ...
};
```

Questo evita all'utente di Matrix il dover conoscere che gli elementi sono memorizzati in un vector ed evita anche che l'utente digiti ripetutamente `typename std::vector<T>::`.

Esempio

```
template<typename T>
void user(T& c)
{
    // ...
    typename container_traits<T>::value_type x; // bad, verbose
    // ...
}

template<typename T>
using Value_type = typename container_traits<T>::value_type;
```

Ciò evita all'utente di Value_type il dover conoscere la tecnica usata per implementare i value_types.

```
template<typename T>
void user2(T& c)
{
    // ...
    Value_type<T> x;
    // ...
}
```

Nota

Un uso semplice e comune potrebbe essere espresso: «[Wrap traits]!»

Imposizione

- Segnalare l'uso di `typename` come disambiguatore all'esterno delle dichiarazioni `using`.
- ???

18.5.4 T.43: Preferire `using` a `typedef` per definire gli alias

Motivo

Leggibilità migliorata: Con `using`, il nuovo nome viene prima anziché essere incorporato da qualche parte in una dichiarazione. Generalità: `using` si può usare per gli alias dei template, mentre i `typedef` non possono facilmente essere template. Uniformità: `using` è sintatticamente simile ad `auto`.

Esempio

```
typedef int (*PFI)(int);    // OK, but convoluted

using PFI2 = int (*)(int);  // OK, preferred

template<typename T>
typedef int (*PFT)(T);      // error

template<typename T>
using PFT2 = int (*)(T);    // OK
```

Imposizione

- Segnalare gli usi di `typedef`. Questo troverà molti «punti» :-)

18.5.5 T.44: Usare template di funzioni per dedurre i tipi degli argomenti della classe (dove fattibile)

Motivo

Scrivere esplicitamente i tipi degli argomenti template può risultare noioso e inutilmente verboso.

Esempio

```
tuple<int, string, double> t1 = {1, "Hamlet", 3.14}; // explicit type
auto t2 = make_tuple(1, "Ophelia"s, 3.14);          // better; deduced_
↳ type
```

Si noti l'uso del suffisso `s` per assicurarsi che la stringa sia una `std::string`, anziché una stringa in stile C.

Nota

Dato che si può banalmente scrivere una funzione `make_T`, lo stesso potrebbe fare il compilatore. Pertanto, le funzioni `make_T` potrebbero, in futuro, diventare ridondanti.

Eccezione

A volte non c'è un buon modo per dedurre gli argomenti template e, a volte, si desidera specificare esplicitamente gli argomenti:

```
vector<double> v = { 1, 2, 3, 7.9, 15.99 };
list<Record*> lst;
```

Nota

Si noti che il C++17 renderà ridondante questa regola consentendo agli argomenti del modello di essere dedotti direttamente dagli argomenti del costruttore: [Deduzione del parametro template per i costruttori \(Rev. 3\)](#). Per esempio:

```
tuple t1 = {1, "Hamlet"s, 3.14}; // deduced: tuple<int, string, double>
```

Imposizione

Segnalare gli usi dove un tipo specializzato esplicitamente coincide con i tipi degli argomenti usati.

18.5.6 T.46: Richiedere che gli argomenti template siano almeno semi-regolari

Motivo

Leggibilità. Prevenire sorprese ed errori. La maggior parte utilizza comunque questo supporto.

Esempio

```
class X {
public:
    explicit X(int);
    X(const X&);           // copy
    X operator=(const X&);
    X(X&&) noexcept;      // move
    X& operator=(X&&) noexcept;
    ~X();
    // ... no more constructors ...
};

X x {1};                 // fine
X y = x;                 // fine
std::vector<X> v(10);    // error: no default constructor
```

Nota

Semiregolare richiede il costruttore di default.

Imposizione

- Segnalare i tipi usati come argomenti template che non siano almeno semi-regolari.

18.5.7 T.47: Evitare i template senza vincoli molto visibili con nomi comuni

Motivo

Un argomento template senza vincoli è una perfetta corrispondenza con qualsiasi cosa, quindi un tale template è preferibile a tipi più specifici che richiedono conversioni minori. Ciò è particolarmente fastidioso/pericoloso quando si usa l'ADL (Argument-Dependent Lookup). I nomi comuni rendono questo problema più probabile.

Esempio

```
namespace Bad {
    struct S { int m; };
    template<typename T1, typename T2>
    bool operator==(T1, T2) { cout << "Bad\n"; return true; }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
namespace T0 {
    bool operator==(int, Bad::S) { cout << "T0\n"; return true; } //┐
    ↪compare to int

    void test()
    {
        Bad::S bad{ 1 };
        vector<int> v(10);
        bool b = 1 == bad;
        bool b2 = v.size() == bad;
    }
}
```

Stampa T0 e Bad.

Ora l'== in Bad è stato progettato per causare problemi, ma nel codice reale, sarebbe stato individuato il problema? Il problema è che `v.size()` restituisce un intero `unsigned` in modo che sia necessaria una conversione per chiamare il `==` locale; l'== in Bad non richiede alcuna conversione. I tipi realistici, come gli iteratori nella libreria standard si possono realizzare per mostrare simili tendenze anti-sociali.

Nota

Se un template senza vincoli è definito nello stesso namespace del tipo, tale template senza vincoli si può trovare per l'ADL (come avvenuto nell'esempio). Questo, è molto evidente.

Nota

Questa regola non dovrebbe essere necessaria, ma il comitato non può accettare di escludere template non vincolati da ADL.

Purtroppo questo porterà a molti falsi positivi; la libreria standard la viola ampiamente, inserendo molti template non vincolati e tipi nel singolo namespace `std`.

Imposizione

Segnalare i template definiti in un namespace dove sono definiti anche i tipi concreti (forse non fattibile finché non si avranno i concetti).

18.5.8 T.48: Se il compilatore non supporta i concetti, simularli con `enable_if`

Motivo

Perché è il meglio che possiamo fare senza il supporto diretto del concetto. `enable_if` si può usare per definire condizionalmente le funzioni e per selezionare tra una serie di funzioni.

Esempio

```
template<typename T>
enable_if_t<is_integral_v<T>>
f(T v)
{
    // ...
}

// Equivalent to:
template<Integral T>
void f(T v)
{
    // ...
}
```

Nota

Attenzione ai *vincoli complementari* [*complementary constraints*]. Il falso [overloading] del concetto utilizzando `enable_if` a volte costringe ad usare questa tecnica di progettazione soggetta a errori.

Imposizione

???

18.5.9 T.49: Dove possibile, evitare la [type-erasure]

Motivo

La cancellazione del tipo [type erasure] comporta un ulteriore livello di indirezione nascondendo l'informazione sul tipo dietro una compilazione separata.

Esempio

???

Eccezioni: La cancellazione del tipo [type erasure] è talvolta appropriata, come per `std::function`.

Imposizione

???

Nota

18.6 T.def: Definizioni dei template

Una definizione di un template (classe o funzione) può contenere del codice arbitrario, quindi per coprire questo argomento, ci vorrebbe una completa revisione delle tecniche di programmazione C++. Tuttavia, questa sezione si concentra su ciò che è specifico per l'implementazione del template. In particolare, si concentra sulla dipendenza di una definizione di template dal suo contesto.

18.6.1 T.60: Minimizzare le dipendenze dal contesto di un template

Motivo

Facilita la comprensione. Riduce al minimo gli errori da dipendenze impreviste. Facilita la creazione di tool.

Esempio

```

template<typename C>
void sort(C& c)
{
    std::sort(begin(c), end(c)); // necessary and useful dependency
}

template<typename Iter>
Iter algo(Iter first, Iter last)
{
    for (; first != last; ++first) {
        auto x = sqrt(*first); // potentially surprising dependency:
        ↪which sqrt()?
        helper(first, x);      // potentially surprising dependency:

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
TT var = 7;           // helper is chosen based on first and x
↪which TT?           // potentially surprising dependency:
    }
}
```

Nota

I template solitamente appaiono nei file header quindi le loro dipendenze dal contesto sono più vulnerabili all'ordine degli `#include` che alle funzioni nei file `.cpp`.

Nota

Avere un template che opera solo sui suoi argomenti sarebbe un modo per ridurre il numero delle dipendenze al minimo, ma sarebbe generalmente ingestibile. Per esempio, gli algoritmi solitamente usano altri algoritmi ed invocano operazioni che non operano esclusivamente su argomenti. E non si cominci ad usare le macro!

Si veda anche: *T.69*

Imposizione

??? Difficile

18.6.2 T.61: Non sovra-parametrizzare i membri (SCARY)

Motivo

Un membro che non dipende da un parametro template non può essere utilizzato se non per uno specifico argomento template. Questo ne limita l'uso e in genere aumenta la dimensione del codice.

Esempio, cattivo

```
template<typename T, typename A = std::allocator<T>>
    // requires Regular<T> && Allocator<A>
class List {
public:
    struct Link {    // does not depend on A
        T elem;
        Link* pre;
        Link* suc;
    }
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
};

using iterator = Link*;

iterator first() const { return head; }

// ...
private:
    Link* head;
};

List<int> lst1;
List<int, My_allocator> lst2;
```

Sembra abbastanza innocente, ma ora il `Link` dipende formalmente dall'allocatore (anche se non usa l'allocatore). Ciò impone istanze ridondanti che possono risultare sorprendentemente costose in alcuni scenari del mondo reale. In genere, la soluzione consiste nel rendere non locale quella che sarebbe stata una classe nidificata, con il proprio set minimo di parametri template.

```
template<typename T>
struct Link {
    T elem;
    Link* pre;
    Link* suc;
};

template<typename T, typename A = std::allocator<T>>
    // requires Regular<T> && Allocator<A>
class List2 {
public:
    using iterator = Link<T>*;

    iterator first() const { return head; }

    // ...
private:
    Link<T>* head;
};

List2<int> lst1;
List2<int, My_allocator> lst2;
```

Alcuni hanno trovato l'idea che il `Link` non venga più nascosto nel terrificante elenco, quindi chiamiamo tale tecnica **SCARY**. Da quel documento accademico: «L'acronimo SCARY descrive assegnazioni e inizializzazioni che Sembrano sbagliate (apparendo vincolate [Constrained] da parametri generici in conflitto), ma in realtà [Actually] funzionano con la giusta [Right] implementazione (non vincolata dal [bY] conflitto a causa di dipendenze minimizzate)».

Nota

Questo vale anche per le lambda che non dipendono da tutti i parametri template.

Imposizione

- Segnalare i tipi membro che non dipendono da ogni parametro template
- Segnalare le funzioni membro che non dipendono da ogni parametro template
- Segnalare le lambda o le variabili template che non dipendono da ogni parametro template

18.6.3 T.62: Porre i membri della classe template non-dipendenti in una classe base non-template

Motivo

Consentire ai membri della classe base di essere utilizzati senza specificare gli argomenti template e senza istanziare il template.

Esempio

```
template<typename T>
class Foo {
public:
    enum { v1, v2 };
    // ...
};
```

???

```
struct Foo_base {
    enum { v1, v2 };
    // ...
};

template<typename T>
class Foo : public Foo_base {
public:
    // ...
};
```

Nota

Una versione più generale di questa regola sarebbe «Se un membro template della classe dipende solo da N parametri template su M, lo si mette in una classe base con solo N parametri». Per N == 1, si ha una scelta di una classe base di una classe nello scope circostante come in *T.61*.

??? E sulle costanti? staticità delle classi?

Imposizione

- Segnalare ???

18.6.4 T.64: Usare la specializzazione per fornire implementazioni alternative di classi template

Motivo

Un template definisce un'interfaccia generale. La specializzazione offre un potente meccanismo per fornire implementazioni alternative di tale interfaccia.

Esempio

```
??? string specialization (==)
??? representation specialization ?
```

Nota

???

Imposizione

???

18.6.5 T.65: Usare il [tag dispatch] per fornire implementazioni alternative delle funzioni

Motivo

- Un template definisce un'interfaccia generale.
- Il [tag dispatch] consente di selezionare le implementazioni in base a specifiche proprietà di un tipo di un argomento.

- Prestazione.

Esempio

Questa è una versione semplificata di `std::copy` (viene ignorata la possibilità di sequenze non contigue)

```
struct trivially_copyable_tag {};  
struct non_trivially_copyable_tag {};  
  
// T is not trivially copyable  
template<class T> struct copy_trait { using tag = non_trivially_  
→copyable_tag; };  
// int is trivially copyable  
template<> struct copy_trait<int> { using tag = trivially_copyable_tag;  
→ };  
  
template<class Iter>  
Out copy_helper(Iter first, Iter last, Iter out, trivially_copyable_  
→tag)  
{  
    // use memmove  
}  
  
template<class Iter>  
Out copy_helper(Iter first, Iter last, Iter out, non_trivially_  
→copyable_tag)  
{  
    // use loop calling copy constructors  
}  
  
template<class Iter>  
Out copy(Iter first, Iter last, Iter out)  
{  
    using tag_type = typename copy_trait<std::iter_value_t<Iter>>;  
    return copy_helper(first, last, out, tag_type{})  
}  
  
void use(vector<int>& vi, vector<int>& vi2, vector<string>& vs, vector  
→<string>& vs2)  
{  
    copy(vi.begin(), vi.end(), vi2.begin()); // uses memmove  
    copy(vs.begin(), vs.end(), vs2.begin()); // uses a loop calling_  
→copy constructors  
}
```

Questa è una tecnica generale e potente per la selezione dell'algoritmo in fase di compilazione.

Nota

Con i vincoli C++20, tali alternative possono essere distinte direttamente:

```
template<class Iter>
    requires std::is_trivially_copyable_v<std::iter_value_t<Iter>>
Out copy_helper(In, first, In last, Out out)
{
    // use memmove
}

template<class Iter>
Out copy_helper(In, first, In last, Out out)
{
    // use loop calling copy constructors
}
```

Imposizione

???

18.6.6 T.67: Usare la specializzazione per fornire implementazioni alternative per i tipi irregolari

Motivo

???

Esempio

```
???
```

Imposizione

???

18.6.7 T.68: Usare {} anziché () nei template per evitare ambiguità

Motivo

() è vulnerabile alle ambiguità della grammatica.

Esempio

```
template<typename T, typename U>
void f(T t, U u)
{
    T v1(T(u));    // mistake: oops, v1 is a function not a variable
    T v2{u};       // clear: obviously a variable
    auto x = T(u); // unclear: construction or cast?
}

f(1, "asdf"); // bad: cast from const char* to int
```

Imposizione

- segnalare gli inizializzatori ()
- segnalare i cast in stile funzione

18.6.8 T.69: All'interno di un template, non effettuare una chiamata di funzione non-membro non-qualificata a meno che non lo si intenda come un punto di personalizzazione

Motivo

- Fornire solo la flessibilità prevista.
- Evitare la vulnerabilità a cambiamenti accidentali dell'environment.

Esempio

Ci sono tre modi principali per consentire al codice chiamante di personalizzare un template.

```
template<class T>
// Call a member function
void test1(T t)
{
    t.f();    // require T to provide f()
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

template<class T>
void test2(T t)
    // Call a non-member function without qualification
{
    f(t);    // require f(/*T*/) be available in caller's scope or in
    ↪T's namespace
}

template<class T>
void test3(T t)
    // Invoke a "trait"
{
    test_traits<T>::f(t); // require customizing test_traits<>
                        // to get non-default functions/types
}

```

Un [trait] è solitamente un alias di un tipo per calcolare un tipo, una funzione constexpr che calcola un valore, o un tradizionale template di [traits] per essere specializzato sul tipo dell'utente.

Nota

Se si intende chiamare la propria funzione helper(t) con un valore t che dipende da un tipo di parametro template, si mette in un namespace ::detail e si qualifica la chiamata come detail::helper(t);. Una chiamata non qualificata diventa un punto di personalizzazione in cui ogni funzione helper si può chiamare nel namespace dei tipi t; ciò può provocare problemi come *invocare involontariamente funzioni template non vincolate*.

Imposizione

- In un template, segnalare una chiamata non qualificata ad una funzione non-membro che passa una variabile di un tipo dipendente quando c'è una funzione non-membro con lo stesso nome nel namespace del template.

18.7 T.temp-hier: Regole sulla gerarchia e i template:

I template sono la spina dorsale del C++ per il supporto alla programmazione generica e la gerarchia di classi è la spina dorsale per il supporto della programmazione object-oriented. I due meccanismi del linguaggio si possono usare efficacemente in combinazione, ma è necessario evitare alcune insidie progettuali.

18.7.1 T.80: Non rendere ingenuamente template una gerarchia di classi

Motivo

Rendere template una gerarchia di classi con molte funzioni, specialmente molte funzioni virtuali, può portare a codice inutile [code bloat].

Esempio, cattivo

```
template<typename T>
struct Container {          // an interface
    virtual T* get(int i);
    virtual T* first();
    virtual T* next();
    virtual void sort();
};

template<typename T>
class Vector : public Container<T> {
public:
    // ...
};

Vector<int> vi;
Vector<string> vs;
```

Probabilmente è una cattiva idea definire un `sort` come funzione membro di un container, ma non è inaudito ed è un buon esempio di cosa non fare.

Detto questo, il compilatore non può sapere se viene chiamato `vector<int>::sort()`, quindi deve generare del codice per esso. Lo stesso per `vector<string>::sort()`. A meno che queste due funzioni non vengano chiamate, questo è codice inutile [code bloat]. Si immagini cosa farebbe ad una gerarchia di classi con decine di classi derivate con molte istanze.

Nota

In molti casi si può fornire un'interfaccia stabile evitando di parametrizzare una base; cfr. «*base stabile*» e *OO e GP*

Imposizione

- Segnalare le funzioni virtuali che dipendono da un argomento template. ??? Falsi positivi

18.7.2 T.81: Non mischiare le gerarchie con gli array

Motivo

Un array di classi derivate può implicitamente «ridursi» ad un puntatore ad una classe base con risultati potenzialmente disastrosi.

Esempio

Si supponga che Apple e Pear siano due tipi di Fruit.

```
void maul(Fruit* p)
{
    *p = Pear{};    // put a Pear into *p
    p[1] = Pear{};  // put a Pear into p[1]
}

Apple aa [] = { an_apple, another_apple }; // aa contains Apples.
↳(obviously!)

maul(aa);
Apple& a0 = &aa[0]; // a Pear?
Apple& a1 = &aa[1]; // a Pear?
```

Probabilmente, aa[0] sarà un oggetto Pear (senza usare un cast!). Se sizeof(Apple) != sizeof(Pear) l'accesso a aa[1] non sarà allineato al giusto inizio di un oggetto nell'array. C'è una violazione del tipo e forse (probabilmente) una corruzione della memoria. Mai scrivere codice simile.

Si noti che maul() viola la *regola che T* punta ad un singolo oggetto*.

Alternativa: Usare un contenitore appropriato (template):

```
void maul2(Fruit* p)
{
    *p = Pear{};    // put a Pear into *p
}

vector<Apple> va = { an_apple, another_apple }; // va contains.
↳Apples (obviously!)

maul2(va);          // error: cannot convert a vector<Apple> to a Fruit*
maul2(&va[0]);      // you asked for it
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
Apple& a0 = &va[0];    // a Pear?
```

Si noti che l'assegnazione in `maul2()` viola la *regola del non provocare «slice»*.

Imposizione

- Rilevare questo orrore!

18.7.3 T.82: Linearizzare una gerarchia quando le funzioni virtuali sono indesiderabili

Motivo

???

Esempio

```
???
```

Imposizione

???

18.7.4 T.83: Non dichiarare virtuale una funzione membro template

Motivo

Il C++ non lo supporta. Nel caso, non si potrebbe generare le tabelle virtuali [vtbl] fino al momento del link. E, in generale, le implementazioni devono occuparsi del link dinamico.

Esempio, da non fare

```
class Shape {  
    // ...  
    template<class T>  
    virtual bool intersect(T* p);    // error: template cannot be_  
    ↪ virtual  
};
```

Nota

C'è bisogno di una regola perché le persone continuano a chiederlo

Alternativa

Double dispatch, visitors, calcolare quale funzione chiamare

Imposizione

Il compilatore lo gestisce.

18.7.5 T.84: Usare un nucleo implementativo non-template per fornire un'interfaccia ABI stabile

Motivo

Migliora la stabilità del codice. Evitare il codice inutile [code bloat].

Esempio

Potrebbe essere una classe base:

```
struct Link_base {    // stable
    Link_base* suc;
    Link_base* pre;
};

template<typename T>    // templated wrapper to add type safety
struct Link : Link_base {
    T val;
};

struct List_base {
    Link_base* first;    // first element (if any)
    int sz;              // number of elements
    void add_front(Link_base* p);
    // ...
};

template<typename T>
class List : List_base {
public:
    void put_front(const T& e) { add_front(new Link<T>{e}); }    //L
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
→implicit cast to Link_base
    T& front() { static_cast<Link<T>*>(first).val; }    // explicit_
→cast back to Link<T>
    // ...
};

List<int> li;
List<string> ls;
```

Ora c'è solo una sola copia delle operazioni degli elementi, collegati e non, di un elenco: `List`. Le classi `Link` e `List` non fanno altro che gestire il tipo.

Anziché usare un tipo «base» separato, un'altra tecnica comune consiste nello specializzare `void` o `void*` ed avere il template generale per `T` solo per i cast sicuri incapsulati da e per l'implementazione centrale di `void`.

Alternativa: Usare un'implementazione *Pimpl*.

Imposizione

???

18.8 T.var: Regole sui template variadici

???

18.8.1 T.100: Usare i template variadici quando c'è bisogno di una funzione che accetti un numero variabile di argomenti di vari tipi

Motivo

Il template variadico è il meccanismo più generale, ed è sia efficiente che [type-safe]. Non usare i `vararg` del C.

Esempio

```
??? printf
```

Imposizione

- Segnalare gli usi di `va_arg` nel codice utente.

18.8.2 T.101: ??? Come passare gli argomenti ad un template variadico ???

Motivo

???

Esempio

```
??? beware of move-only and reference arguments
```

Imposizione

???

18.8.3 T.102: Come processare gli argomenti in un template variadico

Motivo

???

Esempio

```
??? forwarding, type checking, references
```

Imposizione

???

18.8.4 T.103: Non usare i template variadici per liste di argomenti omogenei

Motivo

Ci sono modi più precisi per indicare una sequenza omogenea, come `initializer_list`.

Esempio

???

Imposizione

???

18.9 T.meta: Meta-programmazione template (TMP)

I template forniscono un meccanismo generale per la programmazione in fase di compilazione.

La meta-programmazione è una programmazione dove almeno un input o un risultato è un tipo. I template durante la compilazione offrono una «tipizzazione dinamica» [duck typing] «Turing-equivalenti» (modulo memoria capacità). La sintassi e le tecniche necessarie sono piuttosto orrende.

18.9.1 T.120: Usare la meta-programmazione template solo quando è veramente necessario

Motivo

La meta-programmazione template è difficile da ottenere, rallenta la compilazione, ed è spesso difficilissima da mantenere. Tuttavia, ci sono esempi reali in cui la meta-programmazione template offre prestazioni migliori rispetto a qualsiasi altra alternativa a meno di usare il codice assembly ad un livello esperto. Ci sono anche esempi reali dove la meta-programmazione template esprime le idee fondamentali meglio del codice in esecuzione. Per esempio, se è necessario gestire l'AST ([Abstract Syntax Tree] durante la compilazione (p.es., per un opzionale operazione di riduzione [folding] di una matrice) potrebbe non esserci un altro modo in C++.

Esempio, cattivo

```
???
```

Esempio, cattivo

```
enable_if
```

Usare, invece, i concetti. Ma si veda *Come emulare i concetti se il linguaggio non lo supporta*.

Esempio

```
??? good
```

Alternativa: Se il risultato è un valore, anziché un tipo, usare una *funzione constexpr*.

Nota

Se si ritiene di dover nascondere la meta-programmazione dei template nelle macro, probabilmente si è andati oltre.

18.9.2 T.121: Usare la meta-programmazione template soprattutto per emulare i concetti

Motivo

Laddove non è disponibile il C++ 20, si devono emulare utilizzando TMP. I casi d'uso che richiedono i concetti (p.es. l'overloading basato sui concetti) sono tra gli utilizzi più comuni (e semplici) della TMP.

Esempio

```
template<typename Iter>
    /*requires*/ enable_if<random_access_iterator<Iter>, void>
advance(Iter p, int n) { p += n; }

template<typename Iter>
    /*requires*/ enable_if<forward_iterator<Iter>, void>
advance(Iter p, int n) { assert(n >= 0); while (n--) ++p;}
```

Nota

Tale codice risulta molto più semplice usando i concetti:

```
void advance(random_access_iterator auto p, int n) { p += n; }

void advance(forward_iterator auto p, int n) { assert(n >= 0); while_
→(n--) ++p;}
```

Imposizione

???

18.9.3 T.122: Usare i template (solitamente alias di template) per elaborare i tipi in fase di compilazione

Motivo

La meta-programmazione template è l'unico modo ad essere supportato direttamente, ed è quasi il modo principale, per generare tipi in fase di compilazione.

Nota

Le tecniche «trait» sono per lo più sostituite dagli alias dei template per calcolare i tipi e dalle funzioni constexpr per calcolare i valori.

Esempio

```
??? big object / small object optimization
```

Imposizione

???

18.9.4 T.123: Usare funzioni constexpr per elaborare i valori in fase di compilazione

Motivo

Una funzione è il modo più ovvio e conveniente per esprimere il calcolo di un valore. Spesso una funzione constexpr implica un minor tempo di compilazione rispetto alle alternative.

Nota

Le tecniche «trait» sono per lo più sostituite dagli alias dei template per calcolare i tipi e dalle funzioni constexpr per calcolare i valori.

Esempio

```
template<typename T>
    // requires Number<T>
constexpr T pow(T v, int n)    // power/exponential
{
    T res = 1;
    while (n-->0) res *= v;
    return res;
}

constexpr auto f7 = pow(pi, 7);
```

Imposizione

- Segnalare meta-programmi template che ottengono un valore. Questi dovrebbero essere sostituiti con funzioni constexpr.

18.9.5 T.124: Preferire l'uso delle funzioni TMP della libreria standard

Motivo

Le funzionalità definite nello standard, come conditional, enable_if e tuple, sono portabili e si può supporre che siano note.

Esempio

```
???
```

Imposizione

???

18.9.6 T.125: Se c'è bisogno di andare oltre le funzioni TMP della libreria standard, usare una libreria esistente

Motivo

Ottenere servizi TMP non è facile e l'uso di una libreria ci rende parte (e si spera di supporto) di una comunità. Scrivere il proprio «supporto TMP avanzato» solo se è veramente necessario.

Esempio

???

Imposizione

???

18.10 Altre regole sui template

18.10.1 T.140: Se un'operazione può essere riutilizzata, le si assegna un nome

Cfr. *F.10*

18.10.2 T.141: Usare una lambda anonima se si necessita di un semplice oggetto funzione in un solo posto

Cfr. *F.11*

18.10.3 T.142?: Usare le variabili template per semplificare la notazione

Motivo

Leggibilità migliorata.

Esempio

???

Imposizione

???

18.10.4 T.143: Non scrivere involontariamente codice non-generico

Motivo

Generalità. Riusabilità. Non dettagliare gratuitamente; usare le funzioni più generali a disposizione.

Esempio

Usare != anziché < per confrontare iteratori; != funziona per più oggetti perché non si basa sull'ordinamento.

```

for (auto i = first; i < last; ++i) {    // less generic
    // ...
}

for (auto i = first; i != last; ++i) {    // good; more generic
    // ...
}

```

Ovviamente, il range-for è ancora meglio in quanto fa quello che si vuole.

Esempio

Usare la classe meno-derivata che abbia le funzionalità richieste.

```

class Base {
public:
    Bar f();
    Bar g();
};

class Derived1 : public Base {
public:
    Bar h();
}

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
};

class Derived2 : public Base {
public:
    Bar j();
};

// bad, unless there is a specific reason for limiting to Derived1_
→objects only
void my_func(Derived1& param)
{
    use(param.f());
    use(param.g());
}

// good, uses only Base interface so only commit to that
void my_func(Base& param)
{
    use(param.f());
    use(param.g());
}
```

Imposizione

- Segnalare i confronti di iteratori con < anziché con !=.
- Segnalare `x.size() == 0` quando è disponibile `x.empty()` o `x.is_empty()`. Il controllare se vuoto, funziona per più contenitori rispetto a `size()`, perché alcuni contenitori non conoscono la propria dimensione [size] o sono concettualmente di dimensioni illimitate.
- Segnalare le funzioni che prendono un puntatore o un riferimento a un tipo multi-derivato ma usano solo funzioni del tipo base.

18.10.5 T.144: Non specializzare le funzioni template

Motivo

Non si può specializzare parzialmente una funzione template per le regole del linguaggio. Si può completamente specializzare una funzione template ma quasi certamente si vuole eseguire invece l'overload – perché le specializzazioni della funzione template non partecipano all'overloading, esse non agiscono come probabilmente si voleva. Raramente, si dovrebbe effettivamente specializzare delegando ad una classe template giustamente specializzata.

Esempio

???

Eccezioni: Se c'è un motivo valido per specializzare una funzione template, basta scrivere una sola funzione template che delega ad una classe template, poi specializzare la classe template (inclusa la possibilità di scrivere specializzazioni parziali).

Imposizione

- Segnalare tutte le specializzazioni di una funzione template. Usare l'overload, invece.

18.10.6 T.150: Verificare che a una classe corrisponda un concetto utilizzando `static_assert`

Motivo

Se si vuole che ad una classe corrisponda un concetto, una verifica a priori evita problemi agli utenti.

Esempio

```
class X {
public:
    X() = delete;
    X(const X&) = default;
    X(X&&) = default;
    X& operator=(const X&) = default;
    // ...
};
```

Da qualche parte, forse in un file di implementazione, lasciare che sia il compilatore a verificare le proprietà desiderate di X:

```
static_assert(Default_constructible<X>);    // error: X has no default_
↪constructor
static_assert(Copyable<X>);                // error: we forgot to_
↪define X's move constructor
```

Imposizione

Non fattibile.

CPL: Programmazione C-style

C e C++ sono linguaggi strettamente correlati. Entrambi provengono dal «C Classico» del 1978 e da allora si sono evoluti in comitati ISO. Sono stati fatti molti tentativi per renderli compatibili, ma nessuno dei due è un sottoinsieme dell'altro.

Riepilogo delle regole sul C:

- *CPL.1: Preferire il C++ al C*
- *CPL.2: Se si deve usare il C, utilizzare il sotto-insieme comune al C e al C++, e compilare il codice C come C++*
- *CPL.3: Se si deve usare il C per le interfacce, usare il C++ nel codice chiamante utilizzando tali interfacce*

19.1 CPL.1: Preferire il C++ al C

19.1.1 Motivo

Il C++ offre un miglior controllo sui tipi e un maggior supporto notazionale. Fornisce un supporto migliore per la programmazione ad alto livello e spesso genera codice più veloce.

19.1.2 Esempio

```
char ch = 7;
void* pv = &ch;
int* pi = pv;    // not C++
*pi = 999;       // overwrite sizeof(int) bytes near &ch
```

Le regole per il cast implicito da e verso `void*` in C sono subdole e non forzate. In particolare, questo esempio viola una regola contro la conversione in un tipo con un allineamento più rigoroso.

19.1.3 Imposizione

Usare un compilatore C++.

19.2 Se si deve usare il C, utilizzare il sotto-insieme comune al C e al C++, e compilare il codice C come C++

19.2.1 Motivo

Tale sottoinsieme può essere compilato sia con compilatori C che C++ e, quando compilato come C++, controlla meglio i tipi del «C puro».

19.2.2 Esempio

```
int* p1 = malloc(10 * sizeof(int));           // not C++
int* p2 = static_cast<int*>(malloc(10 * sizeof(int))); // not C, C-
↪style C++
int* p3 = new int[10];                         // not C
int* p4 = (int*) malloc(10 * sizeof(int));     // both C and ↪
↪C++
```

19.2.3 Imposizione

- Segnalare se si usa una modalità di compilazione che compila il codice come C.
 - Il compilatore C++ imporrà che il codice sia C++ sia valido a meno che non si utilizzino le opzioni per l'estensione all'uso del C.

19.3 CPL.3: Se si deve usare il C per le interfacce, usare il C++ nel codice chiamante utilizzando tali interfacce

19.3.1 Motivo

Il C++ è più espressivo del C ed offre un supporto migliore per molti tipi di programmazione.

19.3.2 Esempio

Ad esempio, per utilizzare una libreria C di terze parti o un'interfaccia di sistemi C, definire l'interfaccia a basso livello nel sottoinsieme comune al C e al C++ per un miglior controllo dei tipi. Quando possibile, incapsulare l'interfaccia di basso livello in un'interfaccia che segue le linee-guida del C++ (per migliorare astrazione, sicurezza della memoria e sicurezza delle risorse) ed usare questa interfaccia C++ nel codice C++.

19.3.3 Esempio

Si può chiamare il C dal C++:

```
// in C:
double sqrt(double);

// in C++:
extern "C" double sqrt(double);

sqrt(2);
```

19.3.4 Esempio

Si può chiamare il C++ dal C:

```
// in C:
X call_f(struct Y*, int);

// in C++:
extern "C" X call_f(Y* p, int i)
{
    return p->f(i);    // possibly a virtual function call
}
```

19.3.5 Imposizione

Nessuna necessaria

SF: File sorgenti

Distinguere tra dichiarazioni (usate come interfacce) e definizioni (usate come implementazioni). Utilizzare i file di intestazione [header] per rappresentare le interfacce ed enfatizzare la struttura logica.

Riepilogo delle regole sui file sorgenti:

- *SF.1: Usare un suffisso `.cpp` per i file del codice e `.h` per i file delle interfacce nei propri progetti se non si sta già seguendo un'altra convenzione*
- *SF.2: Un file header non deve contenere definizioni di oggetti né definizioni di funzioni non inline*
- *SF.3: Usare file header per tutte le dichiarazioni usate in più file sorgenti*
- *SF.4: Includere i file header prima di altre dichiarazioni in un file*
- *SF.5: Un file `.cpp` deve includere file header che ne definiscono l'interfaccia*
- *SF.6: Usare le direttive `using namespace` per la transizione, per le librerie di base (come la `std`), o (solamente) all'interno di uno scope locale*
- *SF.7: Non scrivere `using namespace` nello scope globale in un file header*
- *SF.8: Usare la protezione degli `#include` per tutti i file header*
- *SF.9: Evitare le dipendenze cicliche tra i file sorgenti*
- *SF.10: Evitare dipendenze da nomi inclusi [`#include`] implicitamente*
- *[SF.11: I file header devono essere autonomi self-contained]*
- *SF.12: Preferire la forma virgolettata di `#include` per i file relativi a quello principale e la forma con parentesi angolari negli altri casi*
- *SF.13: Usare identificatori portatili di header nelle istruzioni `#include`*

- *SF.20: Usare i namespace per esprimere le strutture logiche*
- *SF.21: Non usare un namespace senza nome (anonimo) in un header*
- *SF.22: Usare un namespace senza nome (anonimo) per tutte le entità interne/non-esportate*

20.1 SF.1: Usare un suffisso .cpp per i file del codice e .h per i file delle interfacce nei propri progetti se non si sta già seguendo un'altra convenzione

Vedere *NL.27*

20.2 SF.2: Un file header non deve contenere definizioni di oggetti né definizioni di funzioni non inline

20.2.1 Motivo

L'inclusione di entità soggette alla regola della definizione-singola comporta errori del linker.

20.2.2 Esempio

```
// file.h:
namespace Foo {
    int x = 7;
    int xx() { return x+x; }
}

// file1.cpp:
#include <file.h>
// ... more ...

// file2.cpp:
#include <file.h>
// ... more ...
```

Linkando file1.cpp e file2.cpp si otterranno due errori del linker.

Formulazione alternativa: Un file header deve contenere solo:

- degli `#include` di altri file header (possibilmente con delle protezioni per gli include)
- template
- definizioni di classi

- dichiarazioni di funzioni
- dichiarazioni `extern`
- definizioni di funzioni `inline`
- definizioni `constexpr`
- definizioni `const`
- definizioni di alias `using`
- ???

20.2.3 Imposizione

Controllare l'elenco positivo precedente.

20.3 SF.3: Usare file header per tutte le dichiarazioni usate in più file sorgenti

20.3.1 Motivo

Manutenibilità. Leggibilità.

20.3.2 Esempio, cattivo

```
// bar.cpp:
void bar() { cout << "bar\n"; }

// foo.cpp:
extern void bar();
void foo() { bar(); }
```

Un manutentore di `bar` non può trovare tutte le dichiarazioni di `bar` se se ne deve cambiare il tipo. L'utente di `bar` non può sapere se l'interfaccia usata è completa e corretta. Nel migliore dei casi, verranno dei messaggi di errore (in ritardo) dal linker.

20.3.3 Imposizione

- Segnalare le dichiarazioni di entità in altri file sorgenti non inserite in un `.h`.

20.4 SF.4: Includere i file header prima di altre dichiarazioni in un file

20.4.1 Motivo

Ridurre le dipendenze dal contesto ed aumentare la leggibilità.

20.4.2 Esempio

```
#include <vector>
#include <algorithm>
#include <string>

// ... my code here ...
```

20.4.3 Esempio, cattivo

```
#include <vector>

// ... my code here ...

#include <algorithm>
#include <string>
```

20.4.4 Nota

Questo vale sia per i file `.h` che i `.cpp`.

20.4.5 Nota

C'è una discussione per isolare il codice dalle dichiarazioni e le macro nei file header *#includendo* degli header *dopo* il codice che si vuol proteggere (come nell'esempio etichettato come «bad»). Tuttavia

- questo funziona solo per un file (a un livello): Se si usa questa tecnica negli header inclusi con altri header la vulnerabilità riappare.

- un namespace (un «namespace di implementazione») può proteggere da molte dipendenze dal contesto.
- la totale protezione e flessibilità si ottiene con i moduli.

Si veda anche:

- [Bozza di Lavoro, Estensioni al C++ per i Moduli](#)
- [Modules, Componentization, and Transition](#)

20.4.6 Imposizione

Facile.

20.5 SF.5: Un file .cpp deve includere file header che ne definiscono l'interfaccia

20.5.1 Motivo

Questo consente al compilatore di fare un controllo di coerenza in anticipo.

20.5.2 Esempio, cattivo

```
// foo.h:
void foo(int);
int bar(long);
int foobar(int);

// foo.cpp:
void foo(int) { /* ... */ }
int bar(double) { /* ... */ }
double foobar(int);
```

Gli errori non verranno rilevati fino al momento del link per un programma che chiama bar o foobar.

20.5.3 Esempio

```
// foo.h:
void foo(int);
int bar(long);
int foobar(int);

// foo.cpp:
#include "foo.h"

void foo(int) { /* ... */ }
int bar(double) { /* ... */ }
double foobar(int); // error: wrong return type
```

L'errore sul tipo restituito per foobar ora viene intercettato immediatamente quando si compila foo.cpp. L'errore sul tipo dell'argomento per bar non può essere intercettato fino al momento del link perché c'è la possibilità dell'overloading, ma l'uso sistematico dei file .h aumenta la probabilità venga rilevato prima dal programmatore.

20.5.4 Imposizione

???

20.6 SF.6: Usare le direttive using namespace per la transizione, per le librerie di base (come la std), o (solamente) all'interno di uno scope locale

20.6.1 Motivo

using namespace può portare a conflitti con i nomi, quindi dovrebbe essere usato con parsimonia. Tuttavia, non è sempre possibile qualificare ogni nome da un namespace nel codice utente (p.es., durante la transizione) e talvolta un namespace è così fondamentale e prevalente nel codice, che una qualificazione coerente sarebbe prolissa e distraente.

20.6.2 Esempio

```
#include <string>
#include <vector>
#include <iostream>
#include <memory>
#include <algorithm>
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
using namespace std;  
  
// ...
```

Qui (ovviamente), la libreria standard viene utilizzata in modo pervasivo e apparentemente non ne vengono usate altre, quindi richiedere `std::` ovunque può portare a distrazioni.

20.6.3 Esempio

L'utilizzo di `using namespace std;` lascia il programmatore la possibilità di andare in conflitto con un nome dalla libreria standard

```
#include <cmath>  
using namespace std;  
  
int g(int x)  
{  
    int sqrt = 7;  
    // ...  
    return sqrt(x); // error  
}
```

Tuttavia, questo non favorisce particolarmente una soluzione dei conflitti senza errori e quelli che usano `using namespace std` si suppone che sappiano di `std` e di questo rischio.

20.6.4 Nota

Un file `.cpp` è una forma di scope locale. C'è poca differenza nelle probabilità di conflitti sui nomi tra un `.cpp` di N-righe contenente `using namespace X`, una funzione di N-righe contenente `using namespace X`, e M funzioni ciascuna contenente un `using namespace X` con N righe di codice in totale.

20.6.5 Nota

Non scrivere `using namespace` nello scope globale in un file header.

20.7 SF.7: Non scrivere `using namespace` nello scope globale in un file header

20.7.1 Motivo

Facendolo si elimina la capacità di chi `#include` di chiarire efficacemente e usare alternative. Rende anche gli header inclusi [`#include`] dipendenti dall'ordine in quanto potrebbero avere un significato diverso se inclusi in un ordine diverso.

20.7.2 Esempio

```
// bad.h
#include <iostream>
using namespace std; // bad

// user.cpp
#include "bad.h"

bool copy(/*... some parameters ...*/);    // some function that
↳ happens to be named copy

int main()
{
    copy(/*...*/);    // now overloads local ::copy and std::copy,
↳ could be ambiguous
}
```

20.7.3 Nota

Un'eccezione è `using namespace std::literals;`. Questo è necessario per usare le stringhe letterali nei file header e date [le regole](#) - gli utenti sono tenuti a dare un nome ai propri UDL `operator""_x` - non collideranno con la libreria standard.

20.7.4 Imposizione

Segnalare `using namespace` nello scope globale nel file header.

20.8 SF.8: Usare la protezione degli `#include` per tutti i file header

20.8.1 Motivo

Per evitare che i file vengano inclusi `#include` più volte.

Per evitare le collisioni tra le protezioni degli include, non ci si limiti a dare un nome alla protezione dopo il nome del file. Assicurarsi di includere anche una chiave ed un buon differenziatore, come il nome della libreria o del componente di cui fa parte il file header.

20.8.2 Esempio

```
// file foobar.h:
#ifndef LIBRARY_FOOBAR_H
#define LIBRARY_FOOBAR_H
// ... declarations ...
#endif // LIBRARY_FOOBAR_H
```

20.8.3 Imposizione

Segnalare i `.h` senza le protezioni degli `#include`.

20.8.4 Nota

Alcune implementazioni offrono delle estensioni come `#pragma once` come alternative alle protezioni degli include. Questo non è standard e non è portabile. Esso inietta la semantica del filesystem della macchina host nel proprio programma, oltre a legarsi ad un fornitore. La raccomandazione è quella di scrivere in C++ ISO: Cfr. *regola P.2*.

20.9 SF.9: Evitare le dipendenze cicliche tra i file sorgenti

20.9.1 Motivo

La ciclicità complica la comprensione e rallenta la compilazione. Esse, inoltre, complicano la conversione per l'uso dei moduli supportati dal linguaggio (quando saranno disponibili).

20.9.2 Nota

Eliminare le ciclicità; non limitarsi ad interromperli con le protezioni degli `#include`.

20.9.3 Esempio, cattivo

```
// file1.h:
#include "file2.h"

// file2.h:
#include "file3.h"

// file3.h:
#include "file1.h"
```

20.9.4 Imposizione

Segnalare tutte le ciclicità.

20.10 SF.10: Evitare dipendenze da nomi inclusi con `#include` implicitamente

20.10.1 Motivo

Evitare sorprese. Evitare di dover modificare gli `#include` se si modifica l'header di un `#include`. Evitare di diventare accidentalmente dipendenti dai dettagli dell'implementazione e da entità logicamente separate incluse in un header.

20.10.2 Esempio, cattivo

```
#include <iostream>
using namespace std;

void use()
{
    string s;
    cin >> s;           // fine
    getline(cin, s);     // error: getline() not defined
    if (s == "surprise") { // error == not defined
        // ...
    }
}
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
}
}
```

<iostream> espone la definizione di `std::string` («perché?» sembra un quiz divertente), ma non è necessario farlo, quindi include transitivamente tutto l'header di <string>, da cui la nota domanda del principiante «perché `getline(cin,s)`; non funziona?» o anche delle eventuali «stringhe non si possono confrontare con `==`»).

La soluzione è scrivere esplicitamente `#include <string>`:

20.10.3 Esempio, buono

```
#include <iostream>
#include <string>
using namespace std;

void use()
{
    string s;
    cin >> s;           // fine
    getline(cin, s);     // fine
    if (s == "surprise") { // fine
        // ...
    }
}
```

20.10.4 Nota

Alcuni header esistono precisamente per raggruppare un insieme di dichiarazioni coerenti provenienti da vari header. Per esempio:

```
// basic_std_lib.h:

#include <string>
#include <map>
#include <iostream>
#include <random>
#include <vector>
```

ora un utente può ottenere questo insieme di dichiarazioni con un solo `#include`

```
#include "basic_std_lib.h"
```

Questa regola contro l'inclusione implicita non intende impedire questo tipo di deliberate aggregazioni.

20.10.5 Imposizione

Una imposizione richiederebbe la conoscenza di quello che in un header si vuole «esportare» agli utenti e quello che serve per l'implementazione. Nessuna soluzione davvero valida è possibile fino a quando non ci saranno i moduli.

20.11 SF.11: I file header devono essere autonomi [self-contained]

20.11.1 Motivo

Usabilità, gli header dovrebbero essere semplici da usare e funzionare se inclusi da soli. Gli header dovrebbero incapsulare le funzionalità che forniscono. Evitare che i clienti di un header ne debbano gestire le dipendenze.

20.11.2 Esempio

```
#include "helpers.h"  
// helpers.h depends on std::string and includes <string>
```

20.11.3 Nota

La mancata osservanza di ciò comporta errori difficili da diagnosticare per i clienti di un header.

20.11.4 Nota

Un header dovrebbe includere tutte le sue dipendenze. Prestare attenzione all'utilizzo dei path relativi poiché le implementazioni C++ differiscono sul loro significato.

20.11.5 Imposizione

Un test dovrebbe verificare che l'header stesso compili e che si compili anche un file cpp che includa il solo file header.

20.12 SF.12: Preferire la forma virgolettata di `#include` per i file relativi a quello principale e la forma con parentesi angolari negli altri casi

20.12.1 Motivo

Lo `standard` impone ai compilatori di implementare le due forme di sintassi per gli `#include` lasciando la scelta tra le parentesi angolari (`<>`) e le virgolette (`""`). I produttori se ne avvantaggiano usando algoritmi diversi di ricerca e metodi per indicare il percorso per l'`include`.

Tuttavia, il consiglio è quello di utilizzare la forma virgolettata per includere i file che esistono su un percorso relativo a quello contenente l'istruzione `#include` (all'interno dello stesso componente o progetto) e di usare la forma con le parentesi angolari in tutti gli altri casi, dove possibile. Ciò incoraggia ad essere chiari riguardo la posizione relativa del file rispetto a quelli che lo includono e agli scenari in cui si richiedono diversi algoritmi di ricerca. Questo rende subito comprensibile se un header viene incluso da un file locale o da un header di una libreria standard o anche da un percorso alternativo di ricerca (p.es. un header da un'altra libreria o da insieme comune di inclusione).

20.12.2 Esempio

```
// foo.cpp:
#include <string>                // From the standard library,
    ↳requires the <> form
#include <some_library/common.h> // A file that is not locally
    ↳relative, included from another library; use the <> form
#include "foo.h"                // A file locally relative to foo.cpp
    ↳in the same project, use the "" form
#include "util/util.h"          // A file locally relative to foo.cpp
    ↳in the same project, use the "" form
#include <component_b/bar.h>     // A file in the same project located
    ↳via a search path, use the <> form
```

20.12.3 Nota

La mancata osservanza di ciò porta ad una diagnostica difficoltosa degli errori a causa del prelievo del file sbagliato dovuto ad un'errata indicazione del percorso di quanto si include. Per esempio, in un tipico caso in cui l'algoritmo di ricerca di `#include ""` potrebbe cercare un file dapprima posizionato in un percorso locale relativo, poi utilizzare questa forma per far riferimento ad un file non localmente relativo potrebbe significare che se un file dovesse mai esistere nel percorso locale relativo (p.es. il file principale è stato spostato in una nuova posizione), verrà trovato prima del file include precedente e l'insieme degli include risulteranno modificati in modo inaspettato.

I creatori delle librerie dovrebbero mettere i loro header in una cartella e fare in modo che i loro utenti li includano con un path relativo `#include <some_library/common.h>`

20.12.4 Imposizione

Un test dovrebbe individuare se gli header referenziati tramite `""` possono invece essere referenziati con `<>`.

20.13 SF.13: Usare identificatori portatili di header nelle istruzioni `#include`

20.13.1 Motivo

Lo `standard` non specifica come i compilatori individuano in modo univoco gli header da un identificatore in una direttiva `#include`, né specifica cosa costituisce l'unicità. Ad esempio, se l'implementazione considera gli identificatori con distinzione tra maiuscole e minuscole o se gli identificatori sono path del file system verso un file header e, in tal caso, come viene delimitato un path gerarchico del file system.

Per massimizzare la portabilità delle direttive `#include` tra compilatori, le linee guida sono:

- utilizzare la distinzione tra maiuscole e minuscole per l'identificatore dell'header, corrispondendo al modo in cui l'header è definita dallo standard, dalla specifica, dall'implementazione o dal file che fornisce l'header.
- quando l'identificatore dell'header è un path gerarchico, utilizzare la barra `/` per delimitare i componenti del percorso poiché questo è il carattere di delimitazione più ampiamente accettato per i path.

20.13.2 Esempio

```
// good examples
#include <vector>
#include <string>
#include "util/util.h"

// bad examples
#include <VECTOR>           // bad: the standard library defines a header
                           ↪ identified as <vector>, not <VECTOR>
#include <String>           // bad: the standard library defines a header
                           ↪ identified as <string>, not <String>
#include "Util/Util.H"     // bad: the header file exists on the file
                           ↪ system as "util/util.h"
#include "util\util.h"     // bad: may not work if the implementation
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
→interprets `\" as an escape sequence, or where '\\' is not a valid_  
→path separator
```

20.13.3 Imposizione

È possibile applicare solo su implementazioni in cui gli identificatori di header fanno distinzione tra maiuscole e minuscole e che supportano solo / come delimitatore del path del file.

20.14 SF.20: Usare i namespace per esprimere le strutture logiche

20.14.1 Motivo

???

20.14.2 Esempio

```
???
```

20.14.3 Imposizione

???

20.15 SF.21: Non usare un namespace senza nome (anonimo) in un header

20.15.1 Motivo

È quasi sempre un errore menzionare un namespace senza nome in un file header.

20.15.2 Esempio

```
// file foo.h:
namespace
{
    const double x = 1.234; // bad

    double foo(double y)      // bad
    {
        return y + x;
    }
}

namespace Foo
{
    const double x = 1.234; // good

    inline double foo(double y)      // good
    {
        return y + x;
    }
}
```

20.15.3 Imposizione

- Segnalare qualsiasi uso di un namespace anonimo in un file header.

20.16 SF.22: Usare un namespace senza nome (anonimo) per tutte le entità interne/non-esportate

20.16.1 Motivo

Niente all'esterno può dipendere da un'entità in un namespace annidato senza nome. Considerare di mettere ogni definizione in un file sorgente dell'implementazione, in un namespace senza nome, a meno che non definisca un'entità «esterna/esportata».

20.16.2 Esempio; cattivo

```
static int f();  
int g();  
static bool h();  
int k();
```

20.16.3 Esempio; buono

```
namespace {  
    int f();  
    bool h();  
}  
int g();  
int k();
```

20.16.4 Esempio

Una classe API e i suoi membri non possono stare in un namespace anonimo; ma ogni classe «helper» o funzione definita in un file sorgente dell'implementazione deve stare nello scope di un namespace senza nome.

```
???
```

20.16.5 Imposizione

- ???

SL: La Libreria Standard [Standard Library]

Usando il solo linguaggio, ogni attività risulta noiosa (in qualsiasi linguaggio). Utilizzando una libreria adatta ogni attività si semplifica.

La libreria standard è cresciuta gradualmente negli anni. La sua descrizione nello standard è ora più ampia di quella delle funzionalità del linguaggio. Quindi, probabilmente questa sezione delle linee-guida crescerà allo stesso modo uguagliando o superando tutto il resto.

<< ??? C'è bisogno di un altro livello nella numerazione delle regole??? >>

Riepilogo dei componenti della Libreria Standard C++:

- *SL.con: Contenitori*
- *SL.str: Stringhe*
- *SL.io: Iostream*
- *SL.regex: Regex*
- *SL.chrono: Time*
- *SL.C: La Libreria Standard del C*

Riepilogo delle regole sulla libreria standard:

- *SL.1: Usare le librerie dove possibile*
- *SL.2: Preferire la libreria standard ad altre librerie*
- *SL.3: Non aggiungere entità non-standard al namespace `std`*
- *SL.4: Usare la libreria standard in modo sicuro per i tipi [type-safe]*
- ???

21.1 SL.1: Usare le librerie dove possibile

21.1.1 Motivo

Si risparmia tempo. Non si re-inventa la ruota. Non si replica il lavoro di altri. Si approfitta del lavoro di altri quando apportano miglioramenti. Si aiutano altre persone quando si fanno dei miglioramenti.

21.2 SL.2: Preferire la libreria standard ad altre librerie

21.2.1 Motivo

Molte persone conoscono la libreria standard. È più probabile che sia stabile, ben mantenuta e ampiamente disponibile rispetto al proprio codice o alla maggior parte delle altre librerie.

21.3 SL.3: Non aggiungere entità non-standard al namespace std

21.3.1 Motivo

L'aggiunta a std potrebbe modificare il significato di codice conforme agli standard. Le aggiunte a std potrebbero creare conflitti con le future versioni dello standard.

21.3.2 Esempio

```
namespace std { // BAD: violates standard

class My_vector {
    //      . . .
};

}

namespace Foo { // GOOD: user namespace is allowed

class My_vector {
    //      . . .
};

}
```

21.3.3 Imposizione

Possibile, ma disordinata e suscettibile di causare problemi con le piattaforme.

21.4 SL.4: Usare la libreria standard in modo sicuro per i tipi [type-safe]

21.4.1 Motivo

Perché, ovviamente, infrangere questa regola può portare a comportamenti indefiniti, corruzione della memoria e tutti i tipi di altri pessimi errori.

21.4.2 Nota

Questa è una meta-regola semi-filosofica, che necessita di molte regole concrete a supporto. È necessaria come un ombrello per regole più specifiche.

Riepilogo delle regole più specifiche:

- *SL.4: Usare la libreria standard in modo sicuro per i tipi [type-safe]*

21.5 SL.con: Contenitori

???

Riepilogo delle regole sui contenitori:

- *SL.con.1: Preferire l'uso dell'"array o del vector della STL anziché l'array del C*
- *SL.con.2: Preferire l'uso del vector della STL di default a meno che non ci sia un motivo per usare un contenitore differente*
- *SL.con.3: Evitare gli errori sui limiti [bound]*
- *SL.con.4: non usare memset o memcpy per gli argomenti che non siano facilmente copiabili*

21.5.1 SL.con.1: Preferire l'uso dell'array o del vector della STL anziché l'array del C

Motivo

Gli array del C sono meno sicuri e non hanno vantaggi rispetto ad array ed a vector. Per un array a lunghezza fissa, si usa `std::array`, che non degenera in un puntatore quando viene passato ad una funzione e conosce la propria dimensione. Inoltre, come un array nativo, uno `std::array` allocato sullo stack tiene i suoi elementi sullo stack. Per un array a lunghezza variabile, si usa `std::vector`, che può inoltre modificare la sua dimensione e gestire l'allocazione della memoria.

Esempio

```
int v[SIZE];                // BAD

std::array<int, SIZE> w;     // ok
```

Esempio

```
int* v = new int[initial_size];    // BAD, owning raw pointer
delete[] v;                        // BAD, manual delete

std::vector<int> w(initial_size);   // ok
```

Nota

Usare `gsl::span` per i riferimenti non proprietari in un contenitore [container].

Nota

Il confronto delle prestazioni tra un array a dimensione fissa allocato sullo stack rispetto ad un vector con gli elementi sull'heap [free store] è falsato. Si potrebbe anche confrontare uno `std::array` sullo stack rispetto all'accesso al risultato di un `malloc()` tramite un puntatore. Per la maggior parte del codice, la differenza tra l'allocazione sullo stack e quella sull'heap [free-store] non importa, ma la praticità e la convenienza di `vector` sono importanti. Le persone che lavorano col codice per cui conta questa differenza sono abbastanza capaci di scegliere tra l'array e il vector.

Imposizione

- Segnalare la dichiarazione di un array `C` in una funzione o in una classe che dichiara anche un contenitore STL (per evitare un numero eccessivo di avvisi per il codice ereditato non-STL). Per risolvere: Modificare almeno l'array `C` in uno `std::array`.

21.5.2 SL.con.2: Preferire l'uso del vector della STL di default a meno che non ci sia un motivo per usare un contenitore differente

Motivo

`vector` e `array` sono i soli contenitori standard che offrono i seguenti vantaggi:

- L'accesso più rapido per scopi generici (l'accesso random, compreso l'essere compatibile con la vettorizzazione [vectorization-friendly]);
- il più veloce pattern di accesso di default (da-inizio-alla-fine o dalla-fine-all-inizio è compatibile col prefetcher [prefetcher-friendly]);
- il più basso spreco di spazio (il layout contiguo ha zero come spazio superfluo per ogni elemento, che lo rende [cache-friendly]).

Solitamente è necessario aggiungere e togliere elementi dal contenitore, quindi si usa `vector` per default; se non si ha bisogno di modificare la dimensione del contenitore, si usa `array`.

Anche quando altri contenitori sembrano più adatti, come la `map` per una velocità di ricerca $O(\log N)$ o una `list` per l'efficienza delle inserzioni nel mezzo, un `vector` funzionerà ancora meglio dei contenitori con una dimensione fino a pochi KB.

Nota

La `string` non dev'essere usata come contenitore per caratteri singoli. Una `string` è una stringa di testo; se si vuole un contenitore di caratteri, invece si usa `vector</*char_type*/>` o `array</*char_type*/>`.

Eccezioni

Se si ha una buona ragione per usare un altro contenitore, lo si usi. Per esempio:

- Se `vector` soddisfa le proprie esigenze ma non si ha la necessità che il contenitore sia variabile in ampiezza, usare, invece, `array`.
- Se si vuole un contenitore per una ricerca in stile dizionario che garantisca ricerche $O(K)$ o $O(\log N)$, con un contenitore più grande (più che qualche KB) e si dovranno eseguire frequenti inserimenti per cui la gestione dello spazio aggiuntivo [overhead] di un `vector` ordinato non è fattibile, tendere, invece, all'uso di `unordered_map` o `map` instead.

Nota

Per inizializzare un vettore con un certo numero di elementi, usare l'inizializzazione (). Per inizializzare un vettore con una lista di elementi, usare l'inizializzazione {}.

```
vector<int> v1(20); // v1 has 20 elements with the value 0 (vector  
→<int>{})  
vector<int> v2 {20}; // v2 has 1 element with the value 20
```

Preferire la sintassi dell'inizializzatore {}.

Imposizione

- Segnalare un `vector` le cui dimensioni non cambiano mai dopo la sua costruzione (o perché è `const` o perché con esso non si chiama alcuna funzione non-`const`). Per risolvere: Usare, invece, un `array`.

21.5.3 SL.con.3: Evitare gli errori sui limiti [bound]

Motivo

Leggere o scrivere oltre un intervallo allocato di elementi solitamente porta a brutti errori, risultati sbagliati, crash e violazioni sulla sicurezza.

Nota

Le funzioni della libreria standard che si applicano a sequenze [range] di elementi hanno tutte (o potrebbero avere) uno spazio extra di sicurezza [bounds-safe overloads] che prende lo span. I tipi standard come `vector` si possono modificare per eseguire dei controlli sui limiti [bounds-check] sotto il profilo dei limiti (in modo compatibile, ad esempio aggiungendo i contratti [contract]), o usati con `at()`.

Idealmente, la garanzia di stare tra i limiti dovrebbe essere imposta staticamente. Per esempio:

- un `range-for` non può ciclare oltre i limiti del contenitore cui viene applicato
- un `v.begin()`, `v.end()` viene determinato facilmente per stare sicuramente nei limiti

Tali loop sono veloci come qualsiasi altro equivalente incontrollato/insicuro.

Spesso un semplice controllo preliminare può eliminare la necessità di verificare i singoli indici. Per esempio

- per `v.begin()`, `v.begin()+i` la `i` può essere facilmente controllata rispetto a `v.size()`

Questi cicli possono essere molto più veloci degli accessi agli elementi controllati singolarmente.

Esempio, cattivo

```
void f()
{
    array<int, 10> a, b;
    memset(a.data(), 0, 10);           // BAD, and contains a length_
    ↪error (length = 10 * sizeof(int))
    memcmp(a.data(), b.data(), 10);    // BAD, and contains a length_
    ↪error (length = 10 * sizeof(int))
}
```

Inoltre, `std::array<>::fill()` o `std::fill()` o anche un inizializzatore vuoto sono candidati migliori di `memset()`.

Esempio, buono

```
void f()
{
    array<int, 10> a, b, c{};           // c is initialized to zero
    a.fill(0);
    fill(b.begin(), b.end(), 0);       // std::fill()
    fill(b, 0);                        // std::ranges::fill()

    if ( a == b ) {
        // ...
    }
}
```

Esempio

Se il codice utilizza una libreria standard non modificata, ci sono ancora soluzioni alternative che consentono l'uso di `std::array` e di `std::vector` in modo sicuro per i limiti. Il codice può chiamare la funzione membro `.at()` per ogni classe, che provocherà un'eccezione per `std::out_of_range`. In alternativa, il codice può chiamare la funzione libera `at()`, che darà una violazione [fail-fast] (o un'azione personalizzata) sui limiti.

```
void f(std::vector<int>& v, std::array<int, 12> a, int i)
{
    v[0] = a[0];           // BAD
    v.at(0) = a[0];        // OK (alternative 1)
    at(v, 0) = a[0];       // OK (alternative 2)

    v.at(0) = a[i];        // BAD
    v.at(0) = a.at(i);     // OK (alternative 1)
    v.at(0) = at(a, i);    // OK (alternative 2)
}
```

Imposizione

- Segnalare un problema diagnostico per qualsiasi chiamata ad una funzione della libreria standard che non sia controllata per i limiti [bounds-checked]. ??? inserire un link ad un elenco di funzioni vietate

Questa regola fa parte del *profilo di sicurezza dei limiti*.

21.5.4 SL.con.4: non usare `memset` o `memcpy` per gli argomenti che non siano facilmente copiabili

Motivo

In questo modo si ingarbuglia la semantica degli oggetti (p.es., sovrascrivendo un `vptr`).

Nota

Allo stesso modo per `(w)memset`, `(w)memcpy`, `(w)memmove`, e `(w)memcmp`

Esempio

```
struct base {
    virtual void update() = 0;
};

struct derived : public base {
    void update() override {}
};

void f(derived& a, derived& b) // goodbye v-tables
{
    memset(&a, 0, sizeof(derived));
    memcpy(&a, &b, sizeof(derived));
    memcmp(&a, &b, sizeof(derived));
}
```

Definire invece le funzioni di inizializzazione, copia e confronto di default appropriate

```
void g(derived& a, derived& b)
{
    a = {}; // default initialize
    b = a;  // copy
    if (a == b) do_something(a, b);
}
```


Imposizione

- Segnalare l'uso di quelle funzioni per i tipi non facilmente copiabili

TODO Note:

- L'impatto sulla libreria standard richiederà uno stretto coordinamento con il WG21, se non altro per garantire la compatibilità anche se non sarà mai standardizzata.
- Si sta valutando la possibilità di specificare [bounds-safe overloads] per le funzioni `stdlib` (in particolare per la `stdlib C`) come `memcmp` e inserirle nelle GSL.
- Per le funzioni e i tipi `stdlib` come `vector` che non sono completamente [bounds-checked], l'obiettivo è che tali funzioni siano [bounds-checked] quando vengono chiamate dal codice col [bounds profile] attivato e non controllate quando chiamate da codice ereditato, forse utilizzando i contratti (attualmente proposti da diversi membri del WG21).

21.6 SL.str: String

La gestione del testo è un enorme argomento. `std::string` non lo copre tutto. Questa sezione cerca principalmente di chiarire la relazione di `std::string` con `char*`, `zstring`, `string_view` e `gsl::span<char>`. Sulla questione importante dell'insieme dei caratteri non-ASCII e sulle codifiche (p.es., `wchar_t`, Unicode e UTF-8) se ne parlerà altrove.

Si veda anche: *espressioni regolari*

Qui, si usa «sequenza di caratteri» o «stringa» per riferirsi ad una sequenza di caratteri che si intende leggere come testo (in qualche modo, forse). Non si considera ???

Sommario sulle stringhe:

- *SL.str.1: Usare `std::string` per avere sequenze di caratteri*
- *SL.str.2: Usare `std::string_view` o `gsl::span<char>` per riferirsi alle sequenze di caratteri*
- *SL.str.3: Usare `zstring` o `czstring` per riferirsi a sequenze di caratteri in stile C, «zero-terminated»*
- *SL.str.4: Usare `char*` per riferirsi ad un singolo carattere*
- *SL.str.5: Usare `std::byte` per riferirsi ai valori dei byte che non necessariamente rappresentano caratteri*
- *SL.str.10: Usare `std::string` quando c'è bisogno di eseguire operazioni sulle stringhe dipendenti dalla nazionalità*
- *SL.str.11: Usare `gsl::span<char>` anziché `std::string_view` quando si deve mutare una stringa*
- *SL.str.12: Usare il suffisso `s` per le stringhe letterali intese come `string` della libreria standard*

Si veda anche:

- *F.24 span*
- *F.25 zstring*

21.6.1 SL.str.1: Usare `std::string` per avere sequenze di caratteri

Motivo

`string` gestisce correttamente l'allocazione, la proprietà [ownership], la copia, la graduale espansione ed offre varie operazioni utili.

Esempio

```
vector<string> read_until(const string& terminator)
{
    vector<string> res;
    for (string s; cin >> s && s != terminator; ) // read a word
        res.push_back(s);
    return res;
}
```

Si noti come `>>` e `!=` siano disponibili per `string` (come esempio di operazioni utili) e che non ci sono esplicite allocazioni, de-allocazioni o controlli dei limiti [range check] (è la `string` che se ne occupa).

Nel C++17, si può usare `string_view` come argomento, anziché `const string&` per dare una maggiore flessibilità ai chiamanti:

```
vector<string> read_until(string_view terminator)    // C++17
{
    vector<string> res;
    for (string s; cin >> s && s != terminator; ) // read a word
        res.push_back(s);
    return res;
}
```

Esempio, cattivo

Non usare stringhe in stile C per le operazioni che richiedono una gestione non banale della memoria

```
char* cat(const char* s1, const char* s2)    // beware!
    // return s1 + '.' + s2
{
    int l1 = strlen(s1);
    int l2 = strlen(s2);
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
char* p = (char*) malloc(l1 + l2 + 2);
strcpy(p, s1, l1);
p[l1] = '.';
strcpy(p + l1 + 1, s2, l2);
p[l1 + l2 + 1] = 0;
return p;
}
```

Abbiamo capito bene? Il chiamante si ricorderà di eseguire il `free()` per il puntatore restituito? Questo codice supererà un test sulla sicurezza?

Nota

Non dare per scontato che `string` sia più lenta delle tecniche a basso livello senza fare delle misure e si ricordi che non in tutto il codice sono importanti le prestazioni. *Non ottimizzare prematuramente*

Imposizione

???

21.6.2 SL.str.2: Usare `std::string_view` o `gsl::span<char>` per riferirsi alle sequenze di caratteri

Motivo

`std::string_view` e `gsl::span<char>` forniscono un accesso semplice e (potenzialmente) sicuro alle sequenze di caratteri indipendentemente da come queste siano allocate e memorizzate.

Esempio

```
vector<string> read_until(string_view terminator);

void user(zstring p, const string& s, string_view ss)
{
    auto v1 = read_until(p);
    auto v2 = read_until(s);
    auto v3 = read_until(ss);
    // ...
}
```

Nota

`std::string_view` (C++17) è a sola lettura.

Imposizione

???

21.6.3 SL.str.3: Usare `zstring` o `czstring` per riferirsi a sequenze di caratteri in stile C, «zero-terminated»

Motivo

Leggibilità. Dichiarazione di intenti. Un semplice `char*` può essere un puntatore ad un solo carattere, un puntatore ad un array di caratteri, un puntatore ad una stringa C-style (zero-terminated), o anche ad un piccolo intero. Distinguere tra queste alternative evita incomprensioni e bug.

Esempio

```
void f1(const char* s); // s is probably a string
```

Tutto quello che si sa è che si suppone essere o il `nullptr` o che punta ad almeno un carattere

```
void f1(zstring s);      // s is a C-style string or the nullptr
void f1(czstring s);     // s is a C-style string constant or the
→nullptr
void f1(std::byte* s);   // s is a pointer to a byte (C++17)
```

Nota

Non convertire una stringa C-style in `string` senza motivo.

Nota

Come ogni altro «puntatore semplice [plain]», una `zstring` non dovrebbe rappresentare la proprietà [ownership].

Nota

Ci sono miliardi di righe di codice C++ «in giro», la maggior parte usa `char*` e `const char*` senza documentarne l'intenzione. Queste vengono usate in un'ampia varietà di modi, come per rappresentare la proprietà [ownership] e come puntatori generici alla memoria (invece di `void*`). È difficile distinguere questi usi, quindi questa linea-guida è difficile da seguire. Questa è una delle principali fonti di bug nei programmi C e C++, quindi vale la pena seguire queste linee-guida ove possibile.

Imposizione

- Segnalare gli usi di `[]` su un `char*`
- Segnalare gli usi di `delete` su un `char*`
- Segnalare gli usi di `free()` su un `char*`

21.6.4 SL.str.4: Usare `char*` per riferirsi ad un singolo carattere

Motivo

La varietà degli usi di `char*` nel codice corrente è una delle principali fonti di errori.

Esempio, cattivo

```
char arr[] = {'a', 'b', 'c'};

void print(const char* p)
{
    cout << p << '\n';
}

void use()
{
    print(arr);    // run-time error; potentially very bad
}
```

L'array `arr` non è una stringa C-style perché non è terminata con zero [zero-terminated].

Alternativa

Si vedano *zstring*, *string* e *string_view*.

Imposizione

- Segnalare gli usi di `[]` su un `char*`

21.6.5 SL.str.5: Usare `std::byte` per riferirsi ai valori dei byte che non necessariamente rappresentano caratteri

Motivo

L'uso di `char*` per rappresentare un puntatore a qualcosa che non è necessariamente un carattere provoca confusione e disabilita preziose ottimizzazioni.

Esempio

```
???
```

Nota

C++17

Imposizione

```
???
```

21.6.6 SL.str.10: Usare `std::string` quando c'è bisogno di eseguire operazioni sulle stringhe dipendenti dalla nazionalità

Motivo

`std::string` supporta la funzionalità *locale* della libreria standard

Esempio

???

Nota

???

Imposizione

???

21.6.7 SL.str.11: Usare `gsl::span<char>` anziché `std::string_view` quando si deve mutare una stringa

Motivo

`std::string_view` è a sola lettura.

Esempio

???

Nota

???

Imposizione

Il compilatore segnalerà i tentativi di scrivere in una `string_view`.

21.6.8 SL.str.12: Usare il suffisso `s` per le stringhe letterali intese come `string` della libreria standard

Motivo

L'espressione diretta di un'idea minimizza gli errori.

Esempio

```
auto pp1 = make_pair("Tokyo", 9.00);           // {C-style string,double}
→ intended?
pair<string, double> pp2 = {"Tokyo", 9.00};      // a bit verbose
auto pp3 = make_pair("Tokyo"s, 9.00);          // {std::string,double}  ␣
→ // C++14
pair pp4 = {"Tokyo"s, 9.00};                   // {std::string,double}  ␣
→ // C++17
```

Imposizione

???

21.7 SL.io: Iostream

Le `iostream` costituiscono una libreria per lo streaming « type safe », espandibile, con I/O formattato e non. Supporta molteplici strategie di buffering (e estensibili dall'utente) e diverse localizzazioni. Si può utilizzare per l'I/O convenzionale, la lettura e la scrittura in memoria (flussi [stream] di stringhe) e per le estensioni definite dall'utente, come lo streaming attraverso la rete (l'ASIO [Audio Streaming Input Output]: non ancora standardizzato).

Riepilogo delle regole sull'iostream:

- *SL.io.1: Usare l'input a livello del carattere solo quando lo si deve fare*
- *SL.io.2: Quando si legge, considerare sempre l'input mal formattato*
- *SL.io.3: Preferire gli iostream per l'I/O*
- *SL.io.10: A meno che non si usi la famiglia delle funzioni `printf` chiamare `ios_base::sync_with_stdio(false)`*
- *SL.io.50: Evitare `endl`*
- ???

21.7.1 SL.io.1: Usare l'input a livello del carattere solo quando lo si deve fare

Motivo

A meno che non si abbia realmente a che fare con i singoli caratteri, l'uso dell'input a livello del carattere porta il codice ad essere soggetto a errori e a una composizione di caratteri in token, potenzialmente inefficiente.

Esempio

```
char c;
char buf[128];
int i = 0;
while (cin.get(c) && !isspace(c) && i < 128)
    buf[i++] = c;
if (i == 128) {
    // ... handle too long string ....
}
```

Meglio (molto più semplice e forse più veloce):

```
string s;
s.reserve(128);
cin >> s;
```

e il `reserve(128)` probabilmente non serve.

Imposizione

???

21.7.2 SL.io.2: Quando si legge, considerare sempre l'input mal formattato

Motivo

Gli errori vengono gestiti meglio il prima possibile. Se l'input non è validato, ogni funzione dev'essere scritta per gestire dati errati (e questo non è pratico).

Esempio

```
???
```

Imposizione

???

21.7.3 SL.io.3: Preferire gli `iostream` per l'I/O

Motivo

Gli `iostream` sono sicuri, flessibili ed espandibili.

Esempio

```
// write a complex number:
complex<double> z{ 3, 4 };
cout << z << '\n';
```

`complex` è un tipo «user-defined» ed il suo I/O è definito senza modificare la libreria `iostream`.

Esempio

```
// read a file of complex numbers:
for (complex<double> z; cin >> z; )
    v.push_back(z);
```

Eccezione

??? prestazioni ???

Discussione: Gli `iostream` rispetto alla famiglia dei `printf()`

Viene frequentemente (e spesso correttamente) sottolineato che la famiglia dei `printf()` ha due vantaggi rispetto agli `iostream`: flessibilità nella formattazione e prestazioni. Ciò deve essere soppesato con i vantaggi degli `iostream` sull'estensibilità nel gestire tipi definiti dall'utente, la resilienza alle violazioni della sicurezza, la gestione implicita della memoria e la gestione locale (nazionalità).

Se c'è bisogno di I/O performante, si può quasi sempre far meglio di `printf()`.

`gets()`, `scanf()` using %s e `printf()` che usano %s sono rischi per la sicurezza (vulnerabile all'[overflow] e generalmente soggetti ad errori). Il C11 definisce delle «estensioni opzionali» che effettuano un controllo extra sui loro argomenti. Se presenti nella propria libreria C, `gets_s()`, `scanf_s()` e `printf_s()` potrebbero costituire delle valide alternative, ma restano non sicure riguardo al tipo.

Imposizione

Segnalare, opzionalmente, `<cstdio>` e `<stdio.h>`.

21.7.4 SL.io.10: A meno che non si usi la famiglia delle funzioni `printf` chiamare `ios_base::sync_with_stdio(false)`

Motivo

Sincronizzare l'I/O degli `iostream` col `printf`-style può risultare costoso. `cin` e `cout` sono per default sincronizzati con `printf`.

Esempio

```
int main()
{
    ios_base::sync_with_stdio(false);
    // ... use iostreams ...
}
```

Imposizione

???

21.7.5 SL.io.50: Evitare `endl`

Motivo

Il manipolatore `endl` è per lo più equivalente a `'\n'` e `"\n"`; come viene comunemente usato, semplicemente rallenta l'output eseguendo dei `flush()` ridondanti. Questo rallentamento è significativo rispetto all'output in stile `printf`.

Esempio

```
cout << "Hello, World!" << endl;    // two output operations and a
↪flush
cout << "Hello, World!\n";          // one output operation and no
↪flush
```

Nota

Per l'interazione `cin/cout` (e le equivalenti), non c'è alcun motivo per eseguire il `flush`; viene fatto automaticamente. Durante la scrittura in un file, c'è raramente bisogno di eseguire il `flush`.

Nota

Per gli stream di stringhe (nello specifico `ostream`), l'inserimento di un `endl` è del tutto equivalente all'inserimento di un carattere `'\n'`, ma anche in questo caso, `endl` potrebbe essere notevolmente più lento.

`endl` *non* si occupa di produrre una sequenza di fine riga specifica della piattaforma (come `"\r\n"` su Windows). Quindi, per uno stream di stringhe, `s << endl` inserisce semplicemente un *singolo* carattere, `'\n'`.

Nota

A parte il problema (occasionalmente importante) della performance, la scelta tra `'\n'` e `endl` è quasi soltanto estetica.

21.8 SL.regex: Regex

`<regex>` è la libreria standard del C++ per le espressioni regolari. Supporta diverse convenzioni di modelli di espressioni regolari.

21.9 SL.chrono: Time

`<chrono>` (definita nel namespace `std::chrono`) fornisce la nozione di `time_point` e `duration` [durata] oltre alle funzioni per l'output del tempo secondo le varie unità. Fornisce i clock per registrare i `time_points`.

21.10 SL.C: La Libreria Standard del C

???

Riepilogo delle regole sulla Libreria Standard del C:

- *SL.C.1: Non usare `setjmp/longjmp`*
- ???
- ???

21.10.1 SL.C.1: Non usare `setjmp/longjmp`

Motivo

un `longjmp` ignora i distruttori, invalidando tutta la gestione delle risorse basate sul RAII

Imposizione

Segnalare tutte le ricorrenze di `longjmp` e `setjmp`

A: Idee architetturali

Questa sezione contiene idee sull'architettura a più alto livello e sulle librerie.

Riepilogo delle regole architetturali:

- *A.1: Separare il codice stabile da quello instabile*
- *A.2: Esprimere, in una libreria, le parti potenzialmente riutilizzabili*
- *A.4: Non ci dovrebbero essere ciclicità tra le librerie*
- ???
- ???
- ???
- ???
- ???
- ???

22.1 A.1: Separare il codice stabile da quello instabile

L'isolamento del codice meno stabile ne facilita le unità di test, migliora l'interfaccia, il refactoring e l'eventuale [deprecation].

22.2 A.2: Esprimere, in una libreria, le parti potenzialmente riutilizzabili

22.2.1 Motivo

22.2.2 Nota

Una libreria è una collezione di dichiarazioni e definizioni mantenute, documentate e raggruppate assieme. Una libreria può essere un set di header (una «header-only library») o un insieme di header più un insieme di file oggetto. È possibile linkare staticamente o dinamicamente una libreria con un programma, o si può `#include` una libreria «header-only».

22.3 A.4: Non ci dovrebbero essere ciclicità tra le librerie

22.3.1 Motivo

- Una ciclicità complica il processo di compilazione.
- Le ciclicità sono difficili da capire e potrebbero introdurre indeterminismo (comportamento non specificato).

22.3.2 Nota

Una libreria può contenere riferimenti ciclici nella definizione dei propri componenti. Per esempio:

???

Tuttavia, una libreria non dovrebbe dipendere da un'altra che, a sua volta, dipende da essa.

NR: Non-Regole e miti

Questa sezione contiene regole e linee-guida che sono popolari altrove, ma che deliberatamente non si raccomandano. È ben noto che ci sono stati tempi e luoghi in cui queste regole avevano un senso, e a volte le abbiamo usate noi stessi. Tuttavia, nel contesto degli stili di programmazione che si raccomandano e si supportano con le linee-guida, queste «non regole» risulterebbero dannose.

Tuttora possono esserci contesti in cui le regole hanno senso. Per esempio, la mancanza di un adeguato supporto di tool può rendere inadeguate le eccezioni nei sistemi in tempo reale, ma non c'è da fidarsi ingenuamente della «saggezza popolare» (p.es., affermazioni non dimostrate sulla «efficienza»); questa «saggezza» potrebbe essere basata su informazioni vecchie di decenni e sperimentate con linguaggi dalle proprietà molto diverse da quelle del C++ (p.es., C o Java).

Gli argomenti positivi come alternative a queste non-regole sono indicate nelle regole proposte come «Alternative».

Riepilogo delle non-regole:

- *NR.1: Non insistere sul fatto che tutte le dichiarazioni dovrebbero stare all'inizio di una funzione*
- *NR.2: Non insistere nell'avere un'unica istruzione `return` in una funzione*
- *NR.3: Non evitare le eccezioni*
- *NR.4: Non insistere nel voler mettere ogni definizione di classe nel proprio file sorgente*
- *NR.5: Non usare l'inizializzazione a due fasi [two-phase]*
- *NR.6: Non mettere tutte le operazioni di ripulitura alla fine di una funzione e il `goto exit`*
- *NR.7: Non rendere tutti i dati membro come `protected`*
- ???

23.1 NR.1: Non insistere sul fatto che tutte le dichiarazioni dovrebbero stare all'inizio di una funzione

23.1.1 Motivo

La regola «tutte le dichiarazioni all'inizio» è un retaggio di vecchi linguaggi di programmazione che non consentivano l'inizializzazione di variabili e costanti dopo un'istruzione. Ciò porta a programmi più lunghi e più errori causati da variabili non inizializzate o inizializzate erroneamente.

23.1.2 Esempio, cattivo

```
int use(int x)
{
    int i;
    char c;
    double d;

    // ... some stuff ...

    if (x < i) {
        // ...
        i = f(x, d);
    }
    if (i < x) {
        // ...
        i = g(x, c);
    }
    return i;
}
```

Maggiore è la distanza tra la variabile non inizializzata e il suo utilizzo, maggiore è la probabilità di un bug. Fortunatamente, i compilatori rilevano molti errori «utilizzo prima dell'assegnazione». Purtroppo, i compilatori non possono rilevare tutti questi errori e, sfortunatamente, i bug non sono sempre così facili da individuare come in questo piccolo esempio.

23.1.3 Alternativa

- *Inizializzare sempre un oggetto*
- *ES.21: Non introdurre una variabile (o una costante) prima che ne sia necessario l'uso*

23.2 NR.2: Non insistere nell'avere un'unica istruzione return in una funzione

23.2.1 Motivo

La regola del return-unico può portare a un codice inutilmente contorto e alla necessità di variabili di stato extra. In particolare, la regola del return-unico rende più difficile concentrare il controllo degli errori all'inizio di una funzione.

23.2.2 Esempio

```
template<class T>
// requires Number<T>
string sign(T x)
{
    if (x < 0)
        return "negative";
    if (x > 0)
        return "positive";
    return "zero";
}
```

per usare un return unico si dovrebbe fare qualcosa del genere

```
template<class T>
// requires Number<T>
string sign(T x)          // bad
{
    string res;
    if (x < 0)
        res = "negative";
    else if (x > 0)
        res = "positive";
    else
        res = "zero";
    return res;
}
```

Questo è sia più lungo che probabilmente meno efficiente. Più grande e complicata è la funzione, più contorte sono le soluzioni alternative. Ovviamente molte funzioni semplici avranno naturalmente un solo `return` a causa della loro logica intrinseca più semplice.

23.2.3 Esempio

```
int index(const char* p)
{
    if (!p) return -1; // error indicator: alternatively "throw_
↳ nullptr_error{}"
    // ... do a lookup to find the index for p
    return i;
}
```

Se si applicasse la regola, si otterrebbe qualcosa di simile

```
int index2(const char* p)
{
    int i;
    if (!p)
        i = -1; // error indicator
    else {
        // ... do a lookup to find the index for p
    }
    return i;
}
```

Si noti che è stata (deliberatamente) violata la regola contro le variabili non inizializzate perché questo stile porta solitamente a farlo. Inoltre, questo stile è una tentazione per usare la non-regola *goto exit*.

23.2.4 Alternativa

- Tenere le funzioni brevi e semplici
- Sentirsi liberi di usare più istruzioni `return` (e sollevare `[throw]` eccezioni).

23.3 NR.3: Non evitare le eccezioni

23.3.1 Motivo

Sembrano esserci quattro principali ragioni per non usare le eccezioni:

- le eccezioni sono inefficienti
- le eccezioni portano a leak e ad errori

- La prestazione di un'eccezione non è prevedibile
- il supporto a run-time della gestione delle eccezioni occupa troppo spazio

Non è possibile risolvere questo problema assecondando tutti. Dopotutto, le discussioni sulle eccezioni vanno avanti da oltre 40 anni. Alcuni linguaggi non si possono usare senza le eccezioni, ma altri non le supportano. Ciò porta a delle consolidate tradizioni sull'uso e il non-uso delle eccezioni e ad accesi dibattiti.

Tuttavia, si può descrivere brevemente il motivo per cui si considerano le eccezioni l'alternativa migliore per la programmazione ad uso generale e nel contesto di queste linee-guida. Semplici argomenti a favore o contro spesso sono inconcludenti. Esistono applicazioni specializzate in cui le eccezioni possono essere inopportune (p.es., sistemi con un rigido real-time senza il supporto di stime affidabili dei costi della gestione degli errori).

Si considerino le principali obiezioni una per una

- Le eccezioni sono inefficienti: Rispetto a che? Durante il confronto, assicurarsi che venga gestita la stessa serie di errori e che siano gestiti in modo equivalente. In particolare, non confrontare un programma che termina immediatamente al primo errore con un programma che pulisce accuratamente le risorse prima di “loggarlo” un errore. Sì, alcuni sistemi hanno implementazioni di gestione delle eccezioni scadenti; a volte, tali implementazioni ci obbligano a utilizzare altri approcci per la gestione degli errori, ma questo non è un problema fondamentale per le eccezioni. Quando si utilizza un argomento di efficienza - in qualsiasi contesto - fare attenzione a disporre di dati validi che forniscano effettivamente informazioni sul problema in esame.
- Le eccezioni portano a leak e ad errori. Non lo fanno. Se il programma è un ammasso di puntatori senza una strategia globale per la gestione delle risorse, c'è un problema, qualunque cosa si faccia. Se il sistema è costituito da un milione di righe di tale codice, probabilmente non si sarà in grado di usare le eccezioni, ma questo è un problema per un uso eccessivo e indisciplinato dei puntatori, piuttosto che con le eccezioni. A nostro avviso, c'è bisogno del RAII per rendere la gestione degli errori basata sulle eccezioni semplice e sicura – più semplice e più sicura delle alternative.
- Le prestazioni delle eccezioni non sono prevedibili. Se ci si trova in un sistema fortemente real-time in cui è necessario garantire il completamento di un'attività in un determinato tempo, sono necessari dei tool per avallare queste necessità. Per quanto si sa, tali tool non sono disponibili (almeno non per la maggior parte dei programmatori).
- Il supporto a run-time della gestione delle eccezioni occupa troppo spazio Questo può accadere nel caso di piccoli sistemi (di solito quelli embedded). Tuttavia, prima di abbandonare le eccezioni, considerare quanto spazio richiederebbe una gestione coerente degli errori utilizzando i codici di errore e quanto costerebbe la mancata rilevazione di un errore.

Molti, forse la maggior parte, dei problemi con le eccezioni derivano da esigenze storiche di interagire con un codice vecchio e disordinato.

Gli argomenti fondamentali per l'uso delle eccezioni sono

- Distinguono chiaramente tra un return con errore e un return senza
- Non possono essere dimenticati o ignorati

- Possono essere usati sistematicamente

Da ricordare

- Le eccezioni servono per segnalare errori (nel C++; altri linguaggi le possono usare per altri usi).
- Le eccezioni non riguardano errori che possono essere gestiti localmente.
- Non cercare di catturare tutte le eccezioni in ogni funzione (è noioso, goffo e porta a un codice lento).
- Le eccezioni non riguardano gli errori che richiedono la chiusura immediata di un modulo/sistema dopo un errore irrecuperabile.

23.3.2 Esempio

???

23.3.3 Alternativa

- *RAII*
- Contratti/asserzioni: Usare `Expects` e `Ensures` del GSL (fino a quando non si avrà il supporto nel linguaggio per i contratti)

23.4 NR.4: Non insistere nel voler mettere ogni definizione di classe nel proprio file sorgente

23.4.1 Motivo

Il numero di file che risulta nel collocare ciascuna classe nel proprio file è difficile da gestire e può rallentare la compilazione. Classi singole costituiscono raramente delle buone unità logiche da mantenere e distribuire.

23.4.2 Esempio

???

23.4.3 Alternativa

- Usare i namespace contenenti insiemi di classi e funzioni logicamente correlati.

23.5 NR.5: Non usare l'inizializzazione a due fasi [two-phase]

23.5.1 Motivo

Suddividere in due l'inizializzazione, porta a invarianti più deboli, codice più complicato (gestire oggetti semi-costruiti) e ad errori (quando non si gestiscono correttamente gli oggetti semi-costruiti in modo coerente).

23.5.2 Esempio, cattivo

```
// Old conventional style: many problems

class Picture
{
    int mx;
    int my;
    int * data;
public:
    // main problem: constructor does not fully construct
    Picture(int x, int y)
    {
        mx = x;           // also bad: assignment in constructor body
                          // rather than in member initializer

        my = y;
        data = nullptr; // also bad: constant initialization in
        ↪ constructor
                          // rather than in member initializer
    }

    ~Picture()
    {
        Cleanup();
    }

    // ...

    // bad: two-phase initialization
    bool Init()
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

{
    // invariant checks
    if (mx <= 0 || my <= 0) {
        return false;
    }
    if (data) {
        return false;
    }
    data = (int*) malloc(mx*my*sizeof(int)); // also bad: owning
    raw * and malloc
    return data != nullptr;
}

// also bad: no reason to make cleanup a separate function
void Cleanup()
{
    if (data) free(data);
    data = nullptr;
}
};

Picture picture(100, 0); // not ready-to-use picture here
// this will fail..
if (!picture.Init()) {
    puts("Error, invalid picture");
}
// now have an invalid picture object instance.

```

23.5.3 Esempio, buono

```

class Picture
{
    int mx;
    int my;
    vector<int> data;

    static int check_size(int size)
    {
        // invariant check
        Expects(size > 0);
        return size;
    }

public:

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

    // even better would be a class for a 2D Size as one single_
    ↪parameter
    Picture(int x, int y)
        : mx(check_size(x))
        , my(check_size(y))
        // now we know x and y have a valid size
        , data(mx * my) // will throw std::bad_alloc on error
    {
        // picture is ready-to-use
    }

    // compiler generated dtor does the job. (also see C.21)

    // ...
};

Picture picture1(100, 100);
// picture1 is ready-to-use here...

// not a valid size for y,
// default contract violation behavior will call std::terminate then
Picture picture2(100, 0);
// not reach here...

```

23.5.4 Alternativa

- Stabilire sempre un invariante della classe in un costruttore.
- Non definire un oggetto prima che sia necessario.

23.6 NR.6: Non mettere tutte le operazioni di ripulitura alla fine di una funzione e il goto exit

23.6.1 Motivo

Il goto è soggetto a errori. Questa è una tecnica pre-eccezioni per le risorse [RAII-like] e la gestione degli errori.

23.6.2 Esempio, cattivo

```
void do_something(int n)
{
    if (n < 100) goto exit;
    // ...
    int* p = (int*) malloc(n);
    // ...
    if (some_error) goto_exit;
    // ...
exit:
    free(p);
}
```

e si trovi il bug.

23.6.3 Alternativa

- Usare le eccezioni e il *RAII*
- per le risorse non-RAII, usare *finally*.

23.7 NR.7: Non rendere tutti i dati membro come protected

23.7.1 Motivo

I dati `protected` sono fonte di errori. I dati `protected` possono essere modificati da una gran quantità di codice in vari punti. I dati `protected` sono l'equivalente dei dati globali nelle gerarchie di classi.

23.7.2 Esempio

```
???
```

23.7.3 Alternativa

- *Rendere i dati membro public o (preferibilmente) private*

CAPITOLO 24

RF: Riferimenti

Sono stati scritti molti standard di codifica, regole e linee-guida per il C++, specie per usi specifici del C++. Molti

- si concentrano su argomenti a basso libello, come l'ortografia e gli identificatori
- sono scritti da principianti del C++
- cercano principalmente di «impedire ai programmatori di fare cose insolite»
- mirano alla portabilità tra più compilatori (alcuni hanno 10 anni)
- sono scritti per preservare decenni di vecchio codice
- mirano ad un singolo dominio applicativo
- sono decisamente controproducenti
- vengono ignorati (devono essere ignorati dai programmatori per fare un buon lavoro)

Un cattivo standard di codifica è peggio che non avere alcuno standard. Tuttavia, una serie di giuste linee-guida è molto meglio di nessuno standard: «La disciplina è liberatrice [Form is liberating]».

Perché non si può semplicemente avere un linguaggio consenta tutto ciò si vuole e non ci permetta di tutto ciò che non si vuole («un linguaggio perfetto»)? Fondamentalmente, perché i linguaggi a prezzi accessibili (e i tool accessori) servono anche a persone con esigenze diverse dalle proprie e soddisfano più esigenze di quelle che odierne. Inoltre, le esigenze cambiano col tempo ed è necessario un linguaggio «general-purpose» per potersi adattare. Un linguaggio che sia perfetto oggi potrebbe diventare restrittivo un domani.

Le linee-guida adattano l'utilizzo del linguaggio a specifiche necessità. Pertanto, non può esistere un unico stile di codifica per tutti. C'è da prevedere che diverse organizzazioni forniscano delle aggiunte, in genere con più restrizioni e regole di stile più rigide.

Sezioni sui riferimenti:

- *RF.rules: Regole di codifica*
- *RF.books: Libri con linee-guida sulla codifica*
- *RF.C++: Programmazione C++ (C++11/C++14/C++17)*
- *RF.web: Siti web*
- *RS.video: Video sul «C++ moderno»*
- *RF.man: Manuali*
- *RF.core: Materiali sulle «Core Guidelines»*

24.1 RF.rules: Regole di codifica

- Linee-guida AUTOSAR [AUTomotive Open System Architecture] per l'uso del linguaggio C++14 per sistemi critici e sicuri v17.10
- Requisiti e linee-guida della libreria Boost. ???.
- Bloomberg: BDE C++ Coding. Pone una forte enfasi sull'organizzazione e il layout del codice.
- Facebook: ???
- GCC Coding Conventions. C++03 e (ragionevolmente) un po' datate.
- Google C++ Style Guide. Orientato al C++17 e (anche) al codice più vecchio. Qui, gli esperti di Google, stanno collaborando attivamente per contribuire a migliorare queste Linee-guida e, si spera, per unire gli sforzi in modo che queste possano costituire un moderno insieme comune che potrebbero anche raccomandare.
- JSF++: JOINT STRIKE FIGHTER AIR VEHICLE C++ CODING STANDARDS. Documento Numero 2RDU00001 Rev C. Dicembre 2005. Per il software per il controllo di aerei. Per lo «hard-real-time». Questo vuol dire che è necessariamente molto restrittivo («se il programma fallisce qualcuno muore»). Ad esempio, non potrebbe avvenire nessuna allocazione o de-allocazione della memoria dopo il decollo dell'aereo (non è consentito nessun [overflow] della memoria né una sua frammentazione). Non è possibile utilizzare alcuna eccezione (perché non c'è alcun tool a disposizione che ne garantisca l'esecuzione subito, in un tempo prestabilito). Le librerie usate sono state approvate per applicazioni «mission critical». Non deve sorprendere che ci sia qualche somiglianza con queste linee-guida perché Bjarne Stroustrup è stato uno degli autori della JSF++. Raccomandata, ma si noti che ha un focus molto specifico.
- MISRA C++:2023 Guidelines for the use C++17 in critical systems.
- Utilizzo del C++ nel Codice di Mozilla. Come indica il nome, si pone lo scopo della portabilità tra molti (vecchi) compilatori. In quanto tale, è restrittivo.
- Geosoft.no: C++ Programming Style Guidelines. ???.
- Possibility.com: C++ Coding Standard. ???.

- [SEI CERT: Secure C++ Coding Standard](#). Un set di regole ben fatto (con esempi e razionali) per il codice [security-sensitive]. Molte delle regole si applicano in generale.
- [High Integrity C++ Coding Standard](#).
- [llvm](#). Abbastanza breve, basato sul C++14 e (non irragionevolmente) adattato al suo dominio.
- ???

24.2 RF.books: Libri con linee-guida sulla codifica

- *Meyers96* Scott Meyers: *More Effective C++*. Addison-Wesley 1996.
- *Meyers97* Scott Meyers: *Effective C++, Second Edition*. Addison-Wesley 1997.
- *Meyers01* Scott Meyers: *Effective STL*. Addison-Wesley 2001.
- *Meyers05* Scott Meyers: *Effective C++, Third Edition*. Addison-Wesley 2005.
- *Meyers15* Scott Meyers: *Effective Modern C++*. O'Reilly 2015.
- *SuttAlex05* Sutter and Alexandrescu: *C++ Coding Standards*. Addison-Wesley 2005. Più un insieme di meta-regole che un set di regole. Pre-C++11.
- *Stroustrup05* Bjarne Stroustrup: [A rationale for semantically enhanced library languages](#). LCSD05. October 2005.
- *Stroustrup14* Stroustrup: [A Tour of C++](#). Addison Wesley 2014. Ogni capitolo termina con una sezione di consigli composta da una serie di raccomandazioni.
- *Stroustrup13* Stroustrup: [The C++ Programming Language \(4th Edition\)](#). Addison Wesley 2013. Ogni capitolo termina con una sezione di consigli composta da una serie di raccomandazioni.
- Stroustrup: [Style Guide for Programming: Principles and Practice using C++](#). Principalmente regole sui nomi e sul layout a basso livello Principalmente uno strumento didattico.

24.3 RF.C++: C++ Programming (C++11/C++14)

- [TC++PL4](#): Una descrizione completa del linguaggio C++ e delle librerie standard per programmatori esperti.
- [Tour++](#): Una panoramica sul linguaggio C++ e sulle librerie standard per programmatori esperti.
- [Programming: Principles and Practice using C++](#): Un libro di testo per principianti o quasi.

24.4 RF.web: Siti web

- isocpp.org
- Il sito di Bjarne Stroustrup
- [WG21](#)
- [Boost](#)
- [Adobe open source](#)
- [Librerie Poco](#)
- [Sutter's Mill?](#)
- ???

24.5 RS.video: Video sul «C++ moderno»

- Bjarne Stroustrup: [C++11 Style](#). 2012.
- Bjarne Stroustrup: [The Essence of C++: With Examples in C++84, C++98, C++11, and C++14](#). 2013
- Tutti gli interventi dal CppCon “14
- Bjarne Stroustrup: [The essence of C++ at the University of Edinburgh](#). 2014.
- Bjarne Stroustrup: [The Evolution of C++ Past, Present and Future](#). CppCon 2016 [keynote].
- Bjarne Stroustrup: [Make Simple Tasks Simple!](#). CppCon 2014 [keynote].
- Bjarne Stroustrup: [Writing Good C++14](#). CppCon 2015 [keynote] sulle «Core Guidelines».
- Herb Sutter: [Writing Good C++14... By Default](#). CppCon 2015 [keynote] sulle «Core Guidelines».
- CppCon 15
- ??? C++ Prossimo
- ??? Meeting sul C++
- ??? altro ???

24.6 RF.man: Manuali

- [ISO C++ Standard C++11](#).
- [ISO C++ Standard C++14](#).
- [ISO C++ Standard C++17](#). Bozza del Comitato [Committee Draft].
- [Palo Alto «Concepts» TR](#).
- [ISO C++ Concepts TS](#).
- [WG21 Ranges report](#). Bozza [draft].

24.7 RF.core: Materiali sulle «Core Guidelines»

Questa sezione contiene materiali che sono stati utili per presentare le «core guidelines» e le idee su cui si basano:

- [La nostra directory dei documenti](#)
- [Stroustrup, Sutter, and Dos Reis: A brief introduction to C++'s model for type- and resource-safety](#). Un documento con moltissimi esempi.
- [Sergey Zubkov: a Core Guidelines talk and here are the slides](#). In Russo. 2017.
- [Neil MacIntosh: The Guideline Support Library: One Year Later](#). CppCon 2016.
- [Bjarne Stroustrup: Writing Good C++14](#). CppCon 2015 [keynote].
- [Herb Sutter: Writing Good C++14... By Default](#). CppCon 2015 [keynote].
- [Peter Sommerlad: C++ Core Guidelines - Modernize your C++ Code Base](#). ACCU 2017.
- [Bjarne Stroustrup: No Littering!](#). Bay Area ACCU 2016. Da un'idea del livello ambito dalle «Core Guidelines».

Si noti che sono disponibili le slide per le presentazioni al CppCon (i link con i video postati).

Sono benvenuti altri contributi a questo elenco.

24.8 Ringraziamenti

Grazie alle molte persone che hanno contribuito con regole, suggerimenti, supportando le informazioni, con riferimenti, ecc.:

- Peter Juhl
- Neil MacIntosh
- Axel Naumann
- Andrew Pardoe

- Gabriel Dos Reis
- Zhuang, Jiangang (Jeff)
- Sergey Zubkov

e si veda l'elenco dei contributori su [github](#).

Idealmente, si seguirebbero tutte le linee guida. Questo porterebbe a un codice più pulito, più regolare, meno soggetto a errori e spesso il più veloce. Sfortunatamente, ciò è generalmente impossibile perché si deve adattare il proprio codice ad altro codice di grandi dimensioni e utilizzare le librerie esistenti. Spesso, tale codice è stato scritto per decenni e non segue queste linee-guida. Si deve puntare ad una *graduale adozione*.

Qualunque strategia di adozione graduale si adotti, si deve essere in grado di applicare una serie di linee-guida correlate per affrontare prima una serie di problemi e rimandare il resto a dopo. Un'idea simile di «linee-guida correlate» diventa importante quando alcune delle linee-guida, ma non tutte, vengono considerate rilevanti per una base di codice o se una serie di linee-guida specializzate deve essere applicata ad un'area applicativa specializzata. Un tale insieme di linee-guida correlate definisce un «profilo». Lo scopo di queste linee-guida di essere coerenti in modo che aiutino a raggiungere uno specifico obiettivo, come «assenza di errori sui limiti [range]» o «sicurezza dei tipi statici». Ciascun profilo viene progettato per eliminare una classe di errori. L'imposizione di regole «casuali», prese singolarmente, risulta più nocivo per il codice anziché un netto miglioramento.

Un «profilo» è un sotto-insieme di regole deterministiche e portabilmente imponibili (cioè restrizioni) progettate per ottenere una specifica garanzia. «Deterministico» significa che richiedono solo analisi locali e potrebbero essere implementate in un compilatore (sebbene non debbano per forza esserlo). «Portabilmente imponibili» significa che sono come le regole del linguaggio, quindi i programmatori possono contare su diversi strumenti applicativi che danno la stessa risposta per lo stesso codice.

Il codice scritto per essere privo di «warning» utilizzando uno di questi profili del linguaggio è considerato essere conforme a quel profilo. Il codice conforme è considerato essere sicuro per costituzione secondo le proprietà della sicurezza designate da quel profilo. Il codice conforme non sarà la causa principale di errori per quelle proprietà, sebbene questi errori potrebbero essere introdotti in un programma da altro codice, librerie e dall'ambiente esterno. Un profilo potrebbe

anche aggiungere ulteriori tipi di librerie per essere facilmente conformi e incoraggiare il codice corretto.

Riepilogo dei profili:


- *Pro.type: Sicurezza del tipo [Type safety]*
- *Pro.bounds: Sicurezza dei limiti [Bounds safety]*
- *Pro.lifetime: Sicurezza del ciclo di vita [Lifetime safety]*

In futuro, si prevede di definire molti più profili e di aggiungere più controlli ai profili esistenti. Tra i candidati ci sono:

- [narrowing] aritmetico promozioni/conversioni (probabilmente come parte di un profilo separato su un'aritmetica sicura [safe-arithmetical])
- cast aritmetici da virgola mobile negativi a interi senza segno (idem)
- comportamento indefinito selezionato: Si parte con l'elenco UB di Gabriel Dos Reis, sviluppato per il gruppo di studio del WG21
- comportamento indeterminato selezionato: Soluzione dei problemi di portabilità.
- violazioni di `const`: Già eseguite per lo più dai compilatori, ma si possono intercettare i cast inappropriati e il sotto-utilizzo di `const`.

L'abilitazione di un profilo è definita dall'implementazione; in genere, è impostato nello strumento di analisi utilizzato.

Per sopprimere l'applicazione di un controllo del profilo, inserire un'annotazione `suppress` in un contratto del linguaggio. Per esempio:

```
[[suppress("bounds")]] char* raw_find(char* p, int n, char x)    //   
→ find x in p[0]..p[n - 1]  
{  
    // ...  
}
```

Ora `raw_find()` può mischiare la memoria al suo contenuto interno. Ovviamente, la soppressione dovrebbe essere rarissima.

25.1 Pro.safety: Profilo [Type-safety]

Questo profilo semplifica la scrittura di codice che utilizzi correttamente i tipi ed eviti la confusione accidentale dei tipi. Lo fa concentrandosi sulla rimozione delle fonti primarie delle violazioni sui tipi, inclusi gli usi non sicuri di cast e unioni.

Per questa sezione, la sicurezza del tipo è definita come la proprietà che una variabile non venga usata in un modo che non rispetti le regole del tipo della sua definizione. La memoria a cui si accede come ad un tipo `T` non deve essere una memoria valida che effettivamente contenga un oggetto di un tipo non correlato `U`. Si noti che la sicurezza deve essere completa se combinata anche con la *Bounds safety* e la *Lifetime safety*.

Un'implementazione di questo profilo deve riconoscere i seguenti schemi nel codice sorgente come non conformi ed emettere una diagnostica.

Riepilogo del profilo sulla sicurezza dei tipi [type safety]:

- Type.1: *Evitare i cast*:
 1. Non usare `reinterpret_cast`; Una versione rigorosa di *Evitare i cast e preferire i cast nominati*.
 2. Non usare `static_cast` per i tipi aritmetici; Una versione rigorosa di *Evitare i cast e preferire i cast nominati*.
 3. Non eseguire il cast tra tipi puntatori in cui il tipo di origine e quello di destinazione è lo stesso; Una versione rigorosa di *Evitare i cast*.
 4. Non eseguire il cast tra tipi puntatori quando la conversione potrebbe essere implicita; Una versione rigorosa di *Evitare i cast*.
- Type.2: Non usare `static_cast` per il [downcast]: *Usare, invece, dynamic_cast*.
- Type.3: Non usare `const_cast` per eliminare il `const` (cioè mai): *Non eliminare const*.
- Type.4: Non usare `cast (T)expression` in stile C o quelli funzionali `T(expression)`: Preferire la *costruzione* i *named casts* oppure `T{expression}`.
- Type.5: Non usare una variabile prima che sia stata inizializzata: *inizializzare sempre*.
- Type.6: Inizializzare sempre un dato membro: *inizializzare sempre*, possibilmente utilizzando *costruttori di default* o *inizializzatori membro di default*.
- Type.7: Evitare le semplici [naked] union: *Usare, invece, variant*.
- Type.8: Evitare i vararg: *Non usare gli argomenti va_arg*.

25.1.1 Impatto

Col profilo «type-safety» si può essere sicuri che ogni operazione venga applicata ad un oggetto valido. Si potrebbe generare un'eccezione per indicare errori che non possono essere rilevati staticamente (al momento della compilazione). Si noti che questo «type-safety» può essere completo solo se c'è anche il *Bounds safety* e il *Lifetime safety*. Senza tali garanzie, è possibile accedere a una parte della memoria indipendentemente da quale oggetto, oggetti o parti di oggetti vi siano memorizzati.

25.2 Pro.bounds: Profilo [Bounds safety]

Questo profilo semplifica la scrittura di codice che operi entro i limiti dei blocchi di memoria allocati. Lo fa concentrandosi sulla rimozione delle principali fonti di violazioni dei limiti: l'aritmetica del puntatore e l'indicizzazione degli array. Una delle caratteristiche principali di questo profilo è quella di limitare i puntatori a far riferimento solo a singoli oggetti, non ad array.

Si definisce la sicurezza dei limiti [bounds-safety] come la proprietà che un programma non utilizzi un oggetto per accedere alla memoria al di fuori dell'intervallo assegnato per l'oggetto stesso. La «bounds safety» è completa solo se combinata con la *Type safety* e la *Lifetime safety*, che riguardano altre operazioni non sicure che permettono delle violazioni dei limiti.

Riepilogo del profilo [bounds safety]:

- Bounds.1: Non usare l'aritmetica dei puntatori. Utilizzare, invece, *span*: *Passare puntatori (solo) a singoli oggetti e Semplificare l'aritmetica dei puntatori*.
- Bounds.2: Indicizzare gli array solo con espressioni costanti: *Passare puntatori (solo) a singoli oggetti e Semplificare l'aritmetica dei puntatori*.
- Bounds.3: Nessun decadimento da-array-a-puntatore: *Passare puntatori (solo) a singoli oggetti e Semplificare l'aritmetica dei puntatori*.
- Bounds.4: Non utilizzare funzioni e tipi della libreria standard che non siano [bounds-checked]: *Usare la libreria standard in modo [type-safe]*.

25.2.1 Impatto

La sicurezza dei limiti implica che l'accesso a un oggetto - soprattutto array - non acceda oltre la memoria allocata per l'oggetto. Questo elimina una grande categoria di errori insidiosi e difficili da trovare, inclusi i famosi (infami) errori di «buffer overflow». Ciò chiude le falle nella sicurezza così come un'importante fonte di corruzione della memoria (quando si scrive oltre i limiti). Anche se un accesso oltre i limiti è «solo in lettura», può portare a violazioni degli invarianti (quando ciò a cui si accede non del tipo previsto) e a «misteriosi valori».

25.3 Pro.lifetime: Profilo sulla sicurezza del ciclo-di-vita [lifetime]

L'accesso tramite un puntatore che non punta a nulla è una delle principali fonti di errori, ed è molto difficile da evitare in molti stili di programmazione C e C++ tradizionali. Per esempio, un puntatore potrebbe essere non inizializzato, il `nullptr`, puntare oltre i limiti di un array o a un oggetto cancellato.

[Consultare le attuali specifiche di progettazione qui.](#)

Riepilogo del profilo [lifetime safety]:

- Lifetime.1: Non de-referenziare un puntatore probabilmente non valido: *rilevare e evitare*.

25.3.1 Impatto

Una volta imposto completamente attraverso una combinazione di regole di stile, analisi statica e supporto della libreria, questo profilo

- elimina una delle principali fonti di pessimi errori in C++
- elimina un'importante fonte di potenziali violazioni della sicurezza
- migliora le prestazioni eliminando i controlli ridondanti e «paranoici»
- aumenta la fiducia nella correttezza del codice
- evita comportamenti indefiniti imponendo una regola chiave del linguaggio C++

GSL: Libreria di supporto alle linee-guida [Guidelines support library]

La GSL è una piccola libreria di funzionalità progettate per supportare questo insieme di linee-guida. Senza queste funzionalità, le linee-guida dovrebbero essere molto più restrittive sui dettagli del linguaggio.

La libreria di supporto alle «Core Guidelines» è definita nel namespace `gsl` e i nomi potrebbero essere alias per la libreria standard e di altri nomi ben noti di librerie. L'utilizzo (in fase di compilazione) del riferimento indiretto [indirection] tramite il namespace `gsl` consente la sperimentazione e varianti locali delle funzionalità di supporto.

La GSL è «header only», e si può trovare in [GSL: Guidelines support library](#). Le funzionalità della libreria di supporto sono progettate per essere estremamente leggere ([zero-overhead]) in modo da non imporre alcun «overhead» rispetto alle normali alternative. Ove fosse desiderabile, possono essere «munite» di ulteriori funzionalità (p.es., dei controlli) per attività come il debug.

Queste «Guidelines» usano tipi dallo standard (p.es., C++17) oltre a quelli dalla GSL. Per esempio, si ipotizza un tipo `variant`, ma questo non è attualmente nella GSL. Alla fine, si usa [quello proposto nel C++17](#).

Alcuni dei tipi della GSL elencati in seguito potrebbero non essere supportati nella libreria utilizzata per motivi tecnici quali le limitazioni delle attuali versioni del C++. Pertanto, consultare la documentazione GSL per ulteriori informazioni.

Per ogni tipo di GSL di seguito ne indichiamo un invariante. Tale invariante vale fintanto che il codice utente cambia solo lo stato di un oggetto GSL utilizzando le funzioni membro/free fornite dal tipo (ovvero, il codice utente non ignora l'interfaccia del tipo per modificare il valore/bit dell'oggetto violando qualsiasi altra regola delle Guidelines).

Riepilogo dei componenti della GSL:

- *GSL.view*: *Viste*

- *GSL.owner: Puntatori proprietari*
- *GSL.assert: Asserzioni*
- *GSL.util: Utilities*
- *GSL.concept: Concetti*

È pianificata una specifica semi-formale delle GSL per un «ISO C++ standard style».

Si fa affidamento sulla Libreria Standard C++ ISO e si spera che parti della GSL vengano assorbite nella libreria standard.

26.1 GSL.view: Viste

Questi tipi consentono all'utente di distinguere tra puntatori proprietari e non proprietari e tra puntatori a un singolo oggetto e puntatori al primo elemento di una sequenza.

Queste «viste» non sono mai proprietarie.

I riferimenti non sono mai proprietari (cfr. *R.4*). Nota: I riferimenti hanno molte opportunità di sopravvivere agli oggetti cui si riferiscono (restituendo una variabile locale per riferimento, mantenendo un riferimento ad un elemento di un vettore che ha subito un `push_back`, un `[binding]` a `std::max(x, y + 1)`, ecc.). Il profilo «Lifetime safety» punta a risolvere tali problemi, ma anche così `owner<T&>` non ha senso e se ne scoraggia l'uso.

I nomi sono principalmente nello stile della libreria standard ISO (minuscole e underscore):

- `T*` // Il `T*` non è proprietario, potrebbe essere nullo; si presume che punti ad un singolo elemento.
- `T&` // Il `T&` non è proprietario e non può mai essere un «riferimento nullo»; i riferimenti sono sempre dimensionati `[bound]` agli oggetti.

La notazione del «raw-pointer» (p.es. `int*`) si suppone che abbia il suo significato più comune; vale a dire, un puntatore punta ad un oggetto, ma non lo possiede. I proprietari devono essere convertiti in gestori `[handle]` delle risorse (p.es., `unique_ptr` o `vector<T>`) o contrassegnati come `owner<T*>`.

- `owner<T*>` // un `T*` che possiede l'oggetto puntato/riferito; potrebbe essere `nullptr`.

`owner` è usato per contrassegnare i puntatori proprietari nel codice che non può essere aggiornato per utilizzare gli handle appropriati delle risorse. Tra i motivi ci sono:

- Costo della conversione.
- Il puntatore è usato con un ABI.
- Il puntatore è parte dell'implementazione di un gestore di risorsa.

Un `owner<T>` differisce da un gestore di risorsa per una `T` ma richiede comunque un esplicito `delete`.

Un `owner<T>` si suppone faccia riferimento ad un oggetto nel «free store» (heap).

Se qualcosa si suppone che non possa essere `nullptr`, lo si affermi così:

- `not_null<T>` // `T` è solitamente il tipo del puntatore (p.es., `not_null<int*>` o `not_null<owner<Foo*>>`) che non dev'essere `nullptr`. `T` può essere un qualunque tipo per cui ha senso `==nullptr`.
- `span<T>` // `[p:p+n)`, costruttore da `{p, q}` and `{p, n}`; `T` è il tipo del puntatore
- `span_p<T>` // `{p, predicate}` `[p:q)` dove `q` è il primo elemento per cui `predicate(*p)` è vero

Uno `span<T>` si riferisce a zero o più `T` mutabili a meno che `T` sia un tipo `const`. Per default, tutti gli accessi agli elementi dello `span`, in particolare tramite `operator[]`, sono sicuramente bounds-checked.

Nota: Lo `span` di GSL (inizialmente chiamato `array_view`) è stato proposto per l'inclusione nella libreria standard C++, ed è stato adottato (con modifiche al nome e all'interfaccia) tranne che `std::span` non prevede il controllo dei limiti. Pertanto GSL ha cambiato il nome e l'interfaccia di `span` per tener traccia di `std::span` e dovrebbe essere esattamente lo stesso di `std::span`, e l'unica differenza dovrebbe essere che `span` di GSL è completamente bounds-safe per default. Se la sicurezza dei limiti [bounds-safety] potrebbe influire sulla sua interfaccia, allora quelle proposte di modifica dovrebbero essere riportate tramite il comitato ISO C++ per mantenere l'interfaccia `gsl::span` compatibile con `std::span`. Se una futura evoluzione di `std::span` aggiunge il controllo dei limiti, `gsl::span` potrà essere rimossa.

«L'aritmetica del puntatore» viene fatta meglio negli `span`. Un `char*` che punta a più di un `char` ma non è una stringa «C-style» (p.es., un puntatore in un buffer di input) deve essere rappresentato da uno `span`.

- `zstring` // un `char*` che si suppone essere una stringa «C-style»; ovvero, una sequenza di `char` o un `nullptr`
- `czstring` // un `const char*` che si suppone essere una stringa «C-style»; ovvero, una sequenza di `const char` o un `nullptr`

Logicamente, questi ultimi due alias non sono necessari, ma non siamo sempre logici e rendono esplicita la distinzione tra un puntatore a un `char` e un esplicito puntatore a una stringa «C-style». Una sequenza di caratteri che non si suppone sia terminata con zero dovrebbe essere una `span<char>`, o se ciò è impossibile a causa dell'ABI, un `char*`, anziché una `zstring`.

Usare `not_null<zstring>` per stringhe «C-style» che non possono essere `nullptr`. ??? C'è bisogno di un nome per `not_null<zstring>`? o la sua bruttezza già lo distingue?

26.2 GSL.owner: Puntatori proprietari

- `unique_ptr<T>` // proprietà unica: `std::unique_ptr<T>`
- `shared_ptr<T>` // proprietà condivisa: `std::shared_ptr<T>` (un puntatore conteggiato)
- `stack_array<T>` // Un array allocato sullo stack. Il numero di elementi è determinato in fase di costruzione e fissato per il seguito. Gli elementi sono mutabili a meno che `T` non sia un tipo `const`.
- `dyn_array<T>` // Un contenitore, array allocato dinamicamente e non crescente. Il numero di elementi è determinato in fase di costruzione e fissato per il seguito. Gli elementi sono mutabili a meno che `T` non sia un tipo `const`. Fondamentalmente uno `span` che alloca e possiede i suoi elementi.

26.3 GSL.assert: Asserzioni

- `Expects` // asserzione di preconditione. Attualmente posto nel corpo delle funzioni. In seguito, dovrebbe essere spostato nelle dichiarazioni. `// Expects(p)` termina il programma a meno che `p == true` // `Expects` è sotto il controllo di alcune opzioni (imposizione, messaggio di errore, alternative all'uscita del programma)
- `Ensures` // asserzione di post-condizione. Attualmente posto nel corpo delle funzioni. In seguito, dovrebbe essere spostato nelle dichiarazioni.

Attualmente queste asserzioni sono macro (che schifo!) e devono apparire (solamente) nelle definizioni delle funzioni in attesa delle decisioni del comitato sullo standard a proposito della sintassi dei contratti e delle asserzioni. Si veda [the contract proposal](#); che usa la sintassi degli attributi, per esempio, `Expects(p)` diventerà `[[expects: p]]`.

26.4 GSL.util: Utilità

- `finally` // `finally(f)` crea una `final_action{f}` con un distruttore che invoca `f`
- `narrow_cast` // `narrow_cast<T>(x)` è `static_cast<T>(x)`
- `narrow` // `narrow<T>(x)` è `static_cast<T>(x)` se `static_cast<T>(x) == x` senza alcun passaggio `signed/unsigned` [signedness], o genera un `narrowing_error` (p.es., `narrow<unsigned>(-42)` solleva un errore)
- `[[implicit]]` // «Marker» da mettere sui costruttori ad argomento singolo per crearli espressamente non-espliciti.
- `move_owner` // `p = move_owner(q)` significa `p = q` but ???
- `joining_thread` // una versione in stile RAII di `std::thread` che esegue il join.
- `index` // un tipo da usare per indicizzare tutti i contenitori e gli array (al momento un alias di `ptrdiff_t`)

26.5 GSL.concept: Concetti

Questi concetti (tipi predicati) sono presi in prestito da «Andrew Sutton's Origin library, the Range proposal, and the ISO WG21 Palo Alto TR». Molti di loro sono molto simili a ciò che è diventato parte dello standard ISO C++ in C++20.

- `String`
- `Number`
- `Boolean`
- `Range` // in C++20, `std::ranges::range`
- `Sortable` // in C++20, `std::sortable`
- `EqualityComparable` // in C++20, `std::equality_comparable`
- `Convertible` // in C++20, `std::convertible_to`
- `Common` // in C++20, `std::common_with`
- `Integral` // in C++20, `std::integral`
- `SignedIntegral` // in C++20, `std::signed_integral`
- `SemiRegular` // in C++20, `std::semiregular`
- `Regular` // in C++20, `std::regular`
- `TotallyOrdered` // in C++20, `std::totally_ordered`
- `Function` // in C++20, `std::invocable`
- `RegularFunction` // in C++20, `std::regular_invocable`
- `Predicate` // in C++20, `std::predicate`
- `Relation` // in C++20, `std::relation`
- ...

26.5.1 GSL.ptr: I concetti di puntatori smart [smart pointer]

- `Pointer` // Un tipo con `*`, `->`, `==`, e costruzione di default (la costruzione di default si suppone essere un insieme di singoli valori «null»)
- `Unique_pointer` // Un tipo che corrisponde a `Pointer`, si può spostare [movable] e non è copiabile
- `Shared_pointer` // Un tipo che corrisponde a `Pointer`, ed è copiabile

NL: Suggerimenti per la nomenclatura e il layout

Una nomenclatura e un layout coerenti sono utili. Se non altro perché riducono questioni come «il mio stile è migliore del tuo». Tuttavia, ci sono molti, molti e diversi stili in giro e le persone vi sono affezionate (pro e contro). Inoltre, la maggior parte dei progetti del mondo reale include codice proveniente da molte fonti, quindi spesso è impossibile standardizzare un solo stile per tutto il codice. Dopo molte richieste di assistenza da parte di utenti, presentiamo una serie di regole che utilizzabili se non si ha di meglio, ma il vero obiettivo è la coerenza, piuttosto che una determinata serie di regole. Gli IDE e i tool possono aiutare (ma anche ostacolare).

Regole sulla nomenclatura e il layout:

- *NL.1: Non scrivere nei commenti ciò che è chiaramente affermato nel codice*
- *NL.2: Nei commenti dichiarare le intenzioni*
- *NL.3: Rendere i commenti all'essenziale*
- *NL.4: Mantenere uno stile coerente di indentazione*
- *NL.5: Evitare di codificare il tipo nei nomi*
- *NL.7: La lunghezza del nome deve essere proporzionale all'ampiezza del suo scope*
- *NL.8: Usare uno stile coerente per i nomi*
- *NL.9: Usare TUTTO_IN_MAIUSCOLO solo per i nomi delle macro*
- *NL.10: Preferire i nomi in underscore_style names*
- *NL.11: Rendere leggibili i letterali*
- *NL.15: Usare gli spazi con parsimonia*
- *NL.16: Usare un ordine convenzionale per la dichiarazione dei membri di una classe*
- *NL.17: Usare il layout derivato dal K&R*

- *NL.18: Usare il layout dei dichiaratori in stile C++*
- *NL.19: Evitare nomi facilmente travisabili*
- *NL.20: Non mettere due istruzioni sulla stessa riga*
- *NL.21: Dichiarare un (solo) nome per ogni dichiarazione*
- *NL.25: Non usare `void` come tipo di un argomento*
- *NL.26: Usare la notazione convenzionale `const`*
- *NL.27: Usare un suffisso `.cpp` per il file del codice e `.h` per quelli dell'interfaccia*

La maggior parte di queste regole sono estetiche e i programmatori hanno forti opinioni. Gli IDE tendono inoltre ad avere impostazioni predefinite e una gamma di alternative. Queste regole imposte di default a meno che non si abbiano motivi per fare diversamente.

Abbiamo osservato che la nomenclatura e il layout sono così personali e/o arbitrari che non si dovrebbe cercare di «legiferare» su di essi. Non si sta «legiferando» (si veda il paragrafo precedente). Tuttavia, ci sono state molte richieste per un insieme di convenzioni per la nomenclatura e il layout da utilizzare quando non ci sono vincoli esterni.

Le regole più specifiche e dettagliate sono più facili da applicare.

Queste regole somigliano fortemente alle raccomandazioni nella [PPP Style Guide](#) scritta a supporto di [Programming: Principles and Practice using C++](#) di Stroustrup.

27.1 NL.1: Non scrivere nei commenti ciò che è chiaramente affermato nel codice

27.1.1 Motivo

I compilatori non leggono i commenti. I commenti sono meno precisi del codice. I commenti vengono aggiornati quando si modifica il codice.

27.1.2 Esempio, cattivo

```
auto x = m * v1 + vv;    // multiply m with v1 and add the result to vv
```


27.1.3 Imposizione

Creare un programma di AI che interpreti il testo umano e verifichi se ciò che si è detto si potrebbe esprimere meglio in C++.

27.2 NL.2: Nei commenti dichiarare le intenzioni

27.2.1 Motivo

Il codice dice ciò che viene fatto non ciò che si vorrebbe fosse fatto. Spesso l'intenzione può essere espressa in modo più chiaro e conciso dell'implementazione.

27.2.2 Esempio

```
void stable_sort(Sortable& c)
    // sort c in the order determined by <, keep equal elements (as
    →defined by ==) in
    // their original relative order
{
    // ... quite a few lines of non-trivial code ...
}
```

27.2.3 Nota

Se il commento e il codice non coincidono, è probabile che siano entrambi sbagliati.

27.3 NL.3: Rendere i commenti all'essenziale

27.3.1 Motivo

La verbosità rallenta la comprensione e rende il codice più difficile da leggere sparpagliandolo nel file di origine.

27.3.2 Nota

Usare un inglese chiaro. Si potrebbe scrivere in un ottimo danese, ma molti programmatori non lo capirebbero; i manutentori del codice potrebbero non essere danesi. Evitare il gergo degli SMS e porre attenzione alla grammatica, la punteggiatura e le maiuscole. Si punti alla professionalità, non ad essere alla «moda».

27.3.3 Imposizione

non possibile.

27.4 NL.4: Mantenere uno stile coerente di indentazione

27.4.1 Motivo

Leggibilità. Evitare «errori stupidi».

27.4.2 Esempio, cattivo

```
int i;  
for (i = 0; i < max; ++i); // bug waiting to happen  
if (i == j)  
    return i;
```

27.4.3 Nota

Solitamente è una buona idea indentare sempre l'istruzione dopo `if (...)`, `for (...)` e `while (...)`:

```
if (i < 0) error("negative argument");  
  
if (i < 0)  
    error("negative argument");
```

27.4.4 Imposizione

Usare un tool.

27.5 NL.5: Evitare di codificare il tipo nei nomi

27.5.1 Motivazione

Se i nomi rispecchiano i tipi anziché le funzionalità, diventa difficile cambiare i tipi utilizzati per fornire quella funzionalità. Inoltre, se il tipo di una variabile viene modificato, anche il codice che lo utilizza dovrà essere modificato. Ridurre al minimo le conversioni involontarie.

27.5.2 Esempio, cattivo

```
void print_int(int i);
void print_string(const char*);

print_int(1);           // repetitive, manual type matching
print_string("xyzyz"); // repetitive, manual type matching
```

27.5.3 Esempio, buono

```
void print(int i);
void print(string_view); // also works on any string-like sequence

print(1);           // clear, automatic type matching
print("xyzyz");     // clear, automatic type matching
```

27.5.4 Nota

I nomi con i tipi codificati sono prolissi e criptici.

```
printS // print a std::string
prints // print a C-style string
printi // print an int
```

L'esigenza di tecniche come la notazione ungherese per codificare un tipo è stata necessaria nei linguaggi non tipizzati, ma risulta generalmente inutile e molto dannosa in un linguaggio fortemente tipizzato come il C++, perché le annotazioni non vengono aggiornate (i commenti sono come le verruche: marciscono) e interferiscono con il buon uso del linguaggio (utilizzare, invece, lo stesso nome e risolvere con l'[overload]).

27.5.5 Nota

Certi stili usano prefissi molto generali (non specifici del tipo) per denotare l'uso generale di una variabile.

```
auto p = new User();
auto p = make_unique<User>();
// note: "p" is not being used to say "raw pointer to type User,"
//       just generally to say "this is an indirection"

auto cntHits = calc_total_of_hits(/*...*/);
// note: "cnt" is not being used to encode a type,
//       just generally to say "this is a count of something"
```

Ciò non è dannoso e non rientra in questa linea-guida poiché non codifica il tipo.

27.5.6 Nota

Certi stili distinguono tra variabili membro, locali e globali.

```
struct S {
    int m_;
    S(int m) : m_{abs(m)} { }
};
```

Ciò non è dannoso e non rientra in questa linea-guida poiché non codifica il tipo.

27.5.7 Nota

Come il C++, alcuni stili fanno distinzione tra i tipi e i non tipi. Per esempio, mettendo in maiuscolo i nomi dei tipi ma non i nomi delle funzioni e delle variabili.

```
typename<typename T>
class HashTable {    // maps string to T
    // ...
};

HashTable<int> index;
```

Ciò non è dannoso e non rientra in questa linea-guida poiché non codifica il tipo.

27.6 NL.7: La lunghezza del nome deve essere proporzionale all'ampiezza del suo scope

Motivazione: Più grande è lo scope maggiori è la possibilità di confusione o di un conflitto involontario dei nomi.

27.6.1 Esempio

```
double sqrt(double x);    // return the square root of x; x must be non-
    ↳negative

int length(const char* p); // return the number of characters in a
    ↳zero-terminated C-style string

int length_of_string(const char zero_terminated_array_of_char[])    //
    ↳bad: verbose

int g;    // bad: global variable with a cryptic name

int open; // bad: global variable with a short, popular name
```

Usare `p` per un puntatore e `x` per una variabile in virgola mobile è una convenzione e non confonde in uno scope limitato.

27.6.2 Imposizione

???

27.7 NL.8: Mantenere uno stile coerente di indentazione

Motivazione: La coerenza nella denominazione e nello stile della nomenclatura aumentano la leggibilità.

27.7.1 Nota

Esistono molti stili e quando si utilizzano più librerie, non è possibile seguire tutte le diverse convenzioni. Scegliere uno «stile proprio», ma lasciare le librerie «importate» col loro stile originale.

27.7.2 Esempio

Lo standard ISO, usa solo minuscole e numeri, le parole sono separate con gli [underscore]:

- `int`
- `vector`
- `my_map`

Evitare nomi di identificatori che contengono doppi caratteri di sottolineatura `__` o che iniziano con un carattere di sottolineatura seguito da una lettera maiuscola (ad esempio, `_Throws`). Tali identificatori sono riservati per l'implementazione del C++.

27.7.3 Esempio

Stroustrup: Lo Standard ISO, ma con le maiuscole usate per i propri tipi e i propri concetti:

- `int`
- `vector`
- `My_map`

27.7.4 Esempio

CamelCase: mette in maiuscolo l'iniziale di ogni parola in un identificatore multi-parole:

- `int`
- `vector`
- `MyMap`
- `myMap`

Alcune convenzioni mettono in maiuscolo la prima lettera, altre non lo fanno.

27.7.5 Nota

Cercare di essere coerenti con l'uso di acronimi e sulle lunghezze degli identificatori:

```
int mtbf {12};  
int mean_time_between_failures {12}; // make up your mind
```

27.7.6 Imposizione

Sarebbe possibile eccetto che per l'uso di librerie con diverse convenzioni.

27.8 NL.9: Usare il TUTTO_IN_MAIUSCOLO solo per i nomi delle macro

27.8.1 Motivo

Per evitare di confondere le macro con nomi che obbediscono alle regole sullo scope e sul tipo.

27.8.2 Esempio

```
void f()
{
    const int SIZE{1000}; // Bad, use 'size' instead
    int v[SIZE];
}
```

27.8.3 Nota

In particolare, questo evita di confondere le macro con costanti simboliche non macro (vedere anche *Enum.5: Non usare TUTTO_IN_MAIUSCOLO per gli enumeratori*)

```
enum bad { BAD, WORSE, HORRIBLE }; // BAD
```

27.8.4 Imposizione

- Segnalare le macro con lettere minuscole
- Segnalare le non-macro TUTTE_IN_MAIUSCOLO

27.9 NL.10: Preferire i nomi in underscore_style

27.9.1 Motivo

L'utilizzo degli underscore per separare le parti dei nomi è lo stile originale del C e del C++ ed è usato nella Libreria Standard del C++.

27.9.2 Nota

Questa regola è un default valido solo se si può scegliere. Spesso, non si può scegliere e si deve seguire, per *coerenza*, uno stile prestabilito. La necessità di coerenza batte il gusto personale.

Questa è una raccomandazione per *quando non si hanno vincoli o idee migliori*. Questa regola è stata aggiunta dopo molte richieste di regolamentazione.

27.9.3 Esempio

Stroustrup: Lo Standard ISO, ma con le maiuscole usate per i propri tipi e i propri concetti:

- `int`
- `vector`
- `My_map`

27.9.4 Imposizione

Impossibile.

27.10 NL.11: Rendere leggibili i letterali

27.10.1 Motivo

Leggibilità.

27.10.2 Esempio

Usare i separatori dei decimali per evitare lunghe stringhe di numeri

```
auto c = 299'792'458; // m/s2
auto q2 = 0b0000'1111'0000'0000;
auto ss_number = 123'456'7890;
```


27.10.3 Esempio

Usare suffissi letterali dove è necessario chiarire

```
auto hello = "Hello!"s; // a std::string
auto world = "world";   // a C-style string
auto interval = 100ms;  // using <chrono>
```

27.10.4 Nota

I letterali non devono essere sparpagliati per tutto il codice come «*costanti magiche*», ma è comunque una buona idea renderli leggibili dove sono definiti. È facile sbagliare con una lunga stringa di interi.

27.10.5 Imposizione

Segnalare le lunghe sequenze di cifre. Il problema è definire «lunghe»; forse 7.

27.11 NL.15: Usare gli spazi con parsimonia

27.11.1 Motivo

Troppi spazi ingrossano il testo e distraggono.

27.11.2 Esempio, cattivo

```
#include < map >

int main(int argc, char * argv [ ])
{
    // ...
}
```

27.11.3 Esempio

```
#include <map>

int main(int argc, char* argv[])
{
    // ...
}
```

27.11.4 Nota

Alcuni IDE hanno le proprie opinioni e aggiungono spazi inopportuni.

Questa è una raccomandazione per *quando non si hanno vincoli o idee migliori*. Questa regola è stata aggiunta dopo molte richieste di regolamentazione.

27.11.5 Nota

Sono ben accettati gli spazi ben posizionati come un aiuto significativo alla leggibilità. Non esagerare.

27.12 NL.16: Usare un ordine convenzionale per la dichiarazione dei membri di una classe

27.12.1 Motivo

Un ordine convenzionale dei membri migliora la leggibilità.

Quando si dichiara una classe, utilizzare il seguente ordine

- tipi: classi, enum e alias (using)
- costruttori, assegnazioni, distruttori
- funzioni
- dati

Usare `public` prima di `protected` prima di `private`.

Questa è una raccomandazione per *quando non si hanno vincoli o idee migliori*. Questa regola è stata aggiunta dopo molte richieste di regolamentazione.

27.12.2 Esempio

```
class X {  
public:  
    // interface  
protected:  
    // unchecked function for use by derived class implementations  
private:  
    // implementation details  
};
```

27.12.3 Esempio

A volte, l'ordine di default dei membri va in conflitto col desiderio di separare l'interfaccia pubblica dai dettagli implementativi. In questi casi, i tipi e le funzioni private si possono inserire con dati privati.

```
class X {  
public:  
    // interface  
protected:  
    // unchecked function for use by derived class implementations  
private:  
    // implementation details (types, functions, and data)  
};
```

27.12.4 Esempio, cattivo

Evitare blocchi multipli di dichiarazioni di un tipo accesso (p.es., `public`) sparpagliati tra i blocchi di dichiarazioni con accessi diversi (p.es. `private`).

```
class X {    // bad  
public:  
    void f();  
public:  
    int g();  
    // ...  
};
```

L'utilizzo di macro per dichiarare gruppi di membri spesso porta alla violazione di eventuali regole di ordinamento. Tuttavia, l'utilizzo di macro nasconde comunque ciò che viene espresso.

27.12.5 Imposizione

Segnalare le discrepanze dall'ordinamento suggerito. Ci sarà un sacco di vecchio codice che non segue questa regola.

27.13 NL.17: Usare il layout derivato dal K&R

27.13.1 Motivo

Questo è il layout originale del C e del C++. Conserva bene la spaziatura verticale. Distingue bene i diversi costrutti del linguaggio (come le funzioni e le classi).

27.13.2 Nota

Nel contesto del C++, questo stile viene spesso chiamato «Stroustrup».

Questa è una raccomandazione per *quando non si hanno vincoli o idee migliori*. Questa regola è stata aggiunta dopo molte richieste di regolamentazione.

27.13.3 Esempio

```
struct Cable {
    int x;
    // ...
};

double foo(int x)
{
    if (0 < x) {
        // ...
    }

    switch (x) {
    case 0:
        // ...
        break;
    case amazing:
        // ...
        break;
    default:
        // ...
        break;
    }

    if (0 < x)
        ++x;

    if (x < 0)
        something();
    else
        something_else();

    return some_value;
}
```

Si noti lo spazio tra l'if e la (

27.13.4 Nota

Usare righe diverse per ciascuna istruzione, le graffe di un `if`, e il body di un `for`.

27.13.5 Nota

La `{` di una `class` e o di una `struct`, *non* sta su una riga a sé, ma la `{` per una funzione, sì.

27.13.6 Nota

Iniziali in maiuscolo per i nomi dei tipi [user-defined] per distinguerli dai tipi della libreria standard.

27.13.7 Nota

Non mettere le iniziali delle funzioni in maiuscolo.

27.13.8 Imposizione

Se si desidera un'imposizione, si usi un IDE per riformattare.

27.14 NL.18: Usare il layout dei dichiaratori in stile C++

27.14.1 Motivo

Il layout in stile C enfatizza l'uso in espressioni e grammatica, mentre quello in stile C++ porta l'attenzione sui tipi. L'uso negli argomenti delle espressioni non vale per i riferimenti.

27.14.2 Esempio

```
T& operator[](size_t);    // OK
T &operator[](size_t);    // just strange
T & operator[](size_t);    // undecided
```

27.14.3 Nota

Questa è una raccomandazione per *quando non si hanno vincoli o idee migliori*. Questa regola è stata aggiunta dopo molte richieste di regolamentazione.

27.14.4 Imposizione

Impossibile di fronte alla storia.

27.15 NL.19: Evitare nomi facilmente travisabili

27.15.1 Motivo

Leggibilità. Non tutti hanno schermi e stampanti che rendono facile distinguere tutti i caratteri. Si confondono facilmente le parole scritte in modo simile e leggermente errate.

27.15.2 Esempio

```
int o0011L = 6; // bad

int splunk = 7;
int splonk = 8; // bad: splunk and splonk are easily confused
```

27.15.3 Imposizione

???

27.16 NL.20: Non mettere due istruzioni sulla stessa riga

27.16.1 Motivo

Leggibilità. È davvero facile non vedere un'istruzione quando ce ne sono diverse in una riga.

27.16.2 Esempio

```
int x = 7; char* p = 29;    // don't  
int x = 7; f(x); ++x;      // don't
```

27.16.3 Imposizione

Facile.

27.17 NL.21: Dichiarare un (solo) nome per ogni dichiarazione

27.17.1 Motivo

Leggibilità. Ridurre al minimo la confusione con la sintassi del dichiaratore.

27.17.2 Nota

Per i dettagli si veda *ES.10*.

27.18 NL.25: Non usare void come tipo di un argomento

27.18.1 Motivo

È prolisso ed è necessario solo dove conta la compatibilità col C.

27.18.2 Esempio

```
void f(void);    // bad  
  
void g();        // better
```

27.18.3 Nota

Anche Dennis Ritchie ritenne che `void f(void)` fosse un abominio. Si poteva giustificare questo abominio in C quando i prototipi delle funzioni erano rari quindi vietare questo:

```
int f();  
f(1, 2, "weird but valid C89");    // hope that f() is defined int f(a,   
→b, c) char* c; { /* ... */ }
```

avrebbe causato problemi maggiori, ma non nel 21° secolo e in C++.

27.19 NL.26: Usare la notazione convenzionale `const`

27.19.1 Motivo

La notazione convenzionale è più familiare a molti programmatori. Coerente in tantissimo codice esistente.

27.19.2 Esempio

```
const int x = 7;    // OK  
int const y = 9;    // bad  
  
const int *const p = nullptr;    // OK, constant pointer to constant int  
int const *const p = nullptr;    // bad, constant pointer to constant   
→int
```

27.19.3 Nota

Sappiamo bene che si potrebbero dire che gli esempi «cattivi» sono più logici di quelli contrassegnati con «OK», ma questi confondono più gente, specialmente i principianti che si affidano al materiale didattico fatto con uno stile OK molto più comune e convenzionale.

Come sempre, si ricordi che l'obiettivo di queste regole di denominazione e layout è la coerenza e che l'estetica varia enormemente.

Questa è una raccomandazione per *quando non si hanno vincoli o idee migliori*. Questa regola è stata aggiunta dopo molte richieste di regolamentazione.

27.19.4 Imposizione

Segnalare l'utilizzo di `const` come suffisso di un tipo.

27.20 NL.27: Usare un suffisso `.cpp` per il file del codice e `.h` per quelli dell'interfaccia

27.20.1 Motivo

È una convenzione di vecchia data. Ma la coerenza è più importante, quindi se il progetto utilizza qualcos'altro, lo si segua.

27.20.2 Nota

Questa convenzione riflette un modello di uso comune: Gli header vengono molto spesso condivisi col C per compilare sia come C++ che C, che tipicamente usa `.h`, ed è più facile dare un nome a tutti gli header `.h` anziché avere diverse estensioni solo per quegli header che si intendono usare col C. D'altra parte, i file delle di implementazione vengono raramente condivisi col C e quindi dovrebbero generalmente essere distinti dai file `.c`, quindi normalmente è meglio dare un nome a tutti i file C++ dell'implementazione con qualcos'altro (come `.cpp`).

I nomi specifici `.h` e `.cpp` non sono richiesti (solo raccomandati per default) e si utilizzano ampiamente altri nomi. Esempi sono `.hh`, `.C` e `.cxx`. Usare questi nomi in modo equivalente. In questo documento, ci si riferisce a `.h` e `.cpp` come abbreviazioni per file header e file di implementazione, anche se l'effettiva estensione potrebbe essere diversa.

L'IDE utilizzato (se se ne usa uno) potrebbe essere più restrittivo sui suffissi.

27.20.3 Esempio

```
// foo.h:
extern int a;    // a declaration
extern void foo();

// foo.cpp:
int a;    // a definition
void foo() { ++a; }
```

`foo.h` fornisce l'interfaccia a `foo.cpp`. Sarà meglio evitare le variabili globali.

27.20.4 Esempio, cattivo

```
// foo.h:  
int a;    // a definition  
void foo() { ++a; }
```

Scrivendo `#include <foo.h>` due volte in un programma, si ottiene un errore di due violazioni regola-della-definizione-singola.

27.20.5 Imposizione

- Segnalare nomi di file non-convenzionali.
- Controllare che `.h` e `.cpp` (ed equivalenti) seguano le regole seguenti.

FAQ: Risposte a domande frequenti

Questa sezione risponde alle domande più frequenti su queste linee-guida.

28.1 FAQ.1: Quali sono gli obiettivi di queste linee-guida?

Vedere l'inizio pagina. Questo è un progetto open source per mantenere delle linee-guida moderne e autorevoli per la scrittura di codice C++ con l'attuale C++ Standard. Le linee-guida sono progettate per essere moderne, applicabili alle macchine quando possibile e aperte a contributi e ai «fork» in modo che le organizzazioni possano facilmente incorporarle tra le proprie linee-guida aziendali di codifica.

28.2 FAQ.2: Quando e dove è stato annunciato questo lavoro per la prima volta?

Fu annunciato da Bjarne Stroustrup nel suo discorso di apertura del CppCon 2015, «Writing Good C++14». Si veda anche il post del blog isocpp.org allegato, e per la motivazione del tipo e le linee-guida sulla sicurezza della memoria, si veda l'intervento di Herb Sutter al CppCon 2015, «Writing Good C++14 ... Per Default».

28.3 FAQ.3: Chi sono gli autori e i manutentori di queste linee-guida?

Gli autori e manutentori iniziali sono Bjarne Stroustrup e Herb Sutter e le linee-guida finora sono state sviluppate col contributo di esperti del CERN, di Microsoft, di Morgan Stanley e di diverse altre organizzazioni. Al momento del loro rilascio, le linee-guida sono in uno stato «0.6» e i contributi sono ben accettati. Come ha detto Stroustrup nel suo annuncio: «Abbiamo bisogno di aiuto!»

28.4 FAQ.4: Come si può contribuire?

Leggere [CONTRIBUTING.md](#). Si apprezza l'aiuto volontario!

28.5 FAQ.5: Come si diventa editore/manutentore?

Innanzitutto contribuendo tantissimo e col riconoscimento della coerente qualità dei propri contributi. Leggere [CONTRIBUTING.md](#). Si apprezza l'aiuto volontario!

28.6 FAQ.6: Queste linee guida sono state approvate dal comitato di standardizzazione ISO C++? Hanno il consenso del comitato?

No. Queste linee-guida sono al di fuori dello standard. Esse hanno lo scopo di servire lo standard ed essere mantenute come linee-guida correnti su come utilizzare efficacemente il C++ Standard. L'obiettivo è quello di mantenerle in sintonia con lo standard man mano che il comitato lo evolve.

28.7 FAQ.7: Se queste linee guida non sono approvate dal comitato, perché stanno in [github.com/isocpp](#)?

Perché [isocpp](#) è lo «Standard C++ Foundation»; i repository del comitato stanno sotto [github.com/cplusplus](#). Alcune organizzazioni neutrali devono possedere il copyright e la licenza per chiarire che questo non è dominato da nessuna persona o fornitore. L'ente naturale è la Fondazione, che esiste per promuovere l'uso e la comprensione aggiornata del C++ Standard moderno e il lavoro del comitato. Questo segue lo stesso schema che [isocpp.org](#) ha fatto per le [C++ FAQ](#), che iniziarono col lavoro di Bjarne Stroustrup, Marshall Cline, e Herb Sutter e che hanno contribuito allo stesso progetto “open”.

28.8 FAQ.8: Ci sarà una versione per il C++98 di queste Linee-guida? una versione per il C++11?

No. Queste linee guida riguardano come utilizzare al meglio il C++ standard moderno e come scrivere codice supponendo che si disponga di un moderno compilatore conforme.

28.9 FAQ.9: Queste linee guida propongono nuove funzionalità del linguaggio?

No. Queste linee guida riguardano l'uso ottimale del C++ standard moderno e si limitano a consigliare solo queste funzionalità.

28.10 FAQ.10: Quale versione di Markdown utilizzano queste linee-guida?

Questi standard di codifica sono scritti usando [CommonMark](#), e `<a>` “ancore” HTML.

Si stanno prendendo in considerazione le seguenti estensioni da [GitHub Flavored Markdown \(GFM\)](#):

- blocchi di codice incorniciato (l'uso coerente dell'indentazione anziché le cornici è oggetto di discussione)
- tabelle (ancora nessuna, ma ce ne sarà bisogno e questo sarà un'estensione della GFM)

Evitare altri tag HTML ed altre estensioni.

Nota: Non si è ancora coerenti con questo stile.

28.11 FAQ.50: Che cos'è la GSL (libreria di supporto alle linee-guida [guidelines support library])?

La GSL è un piccolo insieme di tipi e alias descritti in queste linee-guida. Al momento della stesura di questo documento, le specifiche qui contenute sono troppo scarse; si prevede di aggiungere una specifica d'interfaccia in stile WG21 per garantire che le diverse applicazioni vadano d'accordo e di proporla come contributo per un'eventuale standardizzazione, soggetto come sempre a qualunque cosa il comitato decida di accettare/migliorare/modificare/rifiutare.

28.12 FAQ.51: github.com/Microsoft/GSL è la GSL?

No. Questa è solo una prima implementazione fornita da Microsoft. Altre implementazioni da parte di altri fornitori sono incoraggiate, così come «fork» e contributi a quella implementazione. Dopo una settimana dalla prima pubblicazione, ne esiste già almeno un'implementazione open-source GPLv3. C'è in programma la produzione di una specifica di interfaccia in stile WG21 per garantire che le diverse applicazioni vadano d'accordo.

28.13 FAQ.52: Perché non fornire una reale implementazione della GSL in/con queste linee-guida?

C'è una certa riluttanza nel “benedire” una particolare implementazione perché non si vuol far credere che ce ne sia una sola reprimendo inavvertitamente altre implementazioni. E se queste linee guida includessero un'implementazione, chiunque le avesse fornite potrebbe essere erroneamente considerato eccessivamente influente. Si preferisce seguire il consolidato approccio del comitato, ovvero specificare interfacce, non implementazioni. Contemporaneamente, però, si vuole almeno un'implementazione a disposizione; si spera che ce ne siano molte.

28.14 FAQ.53: Perché i tipi GSL non sono stati proposti tramite Boost?

Perché si vogliono usare immediatamente e perché sono provvisori in quanto verranno eliminati appena esisteranno dei tipi che soddisfino gli stessi bisogni nella libreria standard.

28.15 FAQ.54: La GSL (libreria di supporto delle linee guida) è stata approvata dal comitato ISO dello standard del C++?

No. La GSL esiste solo per fornire alcuni tipi e alias che attualmente non sono presenti nella libreria standard. Se il comitato decide sulle versioni standardizzate (di questi o di altri tipi che soddisfano le stessa necessità), si possono rimuovere dalla GSL.

28.16 FAQ.55: Se si stanno usando i tipi standard quando sono disponibili, perché la `span<char>` della GSL è diversa dalla `string_view` del [Library Fundamentals 1 Technical Specification and C++17 Working Paper]? Perché non usare semplicemente la `string_view` approvata dal comitato?

L'opinione sulla tassonomia delle viste per la Libreria Standard C++ è stato che «view» significa «read-only», e «span» indica «read/write». Se c'è bisogno solamente di visualizzare a sola lettura dei caratteri che non richiede il controllo dei limiti [bounds-checking] e si sta utilizzando il C++17, si usa `std::string_view`. Altrimenti, se c'è bisogno di una visualizzazione per leggere e scrivere che non richieda il controllo dei limiti [bounds-checking] e si usa il C++20, si usa `std::span<char>`. Altrimenti si usa `gsl::span<char>`.

28.17 FAQ.56: L'owner [proprietario] è lo stesso `observer_ptr` proposto?

No. L'owner possiede, è un alias e si può applicare a qualsiasi tipo di indirizione. Lo scopo principale di `observer_ptr` è quello di indicare un puntatore *non*-proprietario.

28.18 FAQ.57: Lo `stack_array` è lo stesso array standard?

No. `stack_array` è garantito che sia allocato sullo stack. Sebbene uno `std::array` contenga il suo carico [storage] direttamente in se stesso, l'oggetto array può essere posto ovunque, anche nell'heap.

28.19 FAQ.58: Il `dyn_array` è lo stesso di `vector` o del `dynarray` proposto?

No. `dyn_array` è un contenitore, come `vector`, ma non è ridimensionabile; la sua dimensione è fissata a runtime quando viene costruito. È un modo sicuro per fare riferimento a un array di dimensioni fisse allocato dinamicamente sullo «heap». A differenza di `vector`, è destinato a sostituire `array-new[]`. A differenza del `dynarray` che è stato proposto al comitato, questo non anticipa la magia del compilatore/linguaggio ad allocarlo in qualche modo sullo stack quando è membro di un oggetto allocato sullo stack; si riferisce semplicemente ad un array «dinamico» o basato sull'heap.

28.20 FAQ.59: Expects è lo stesso di assert?

No. È un segnaposto a supporto del linguaggio per le precondizioni del contratto.

28.21 FAQ.60: Ensures è lo stesso di assert?

No. È un segnaposto per il supporto linguistico per i post-condizioni del contratto.

CAPITOLO 29

Appendice A: Librerie

Questa sezione elenca le librerie consigliate e ne raccomanda esplicitamente qualcuna.

??? Adatto per la guida generale? Probabilmente no ???

Appendice B: Modernizzazione del codice

Idealmente, si obbedisce a tutte le regole in tutto il codice. Realisticamente, si deve gestire tantissimo codice vecchio:

- codice scritto prima che le linee-guida fossero formulate e conosciute
- librerie scritte con standard vecchi/diversi
- codice scritto con «insoliti» vincoli
- codice che semplicemente non si è riusciti a modernizzare

Se si hanno milioni di righe di nuovo codice, l'impulso di «cambiare tutto in una volta» è solitamente poco realistico. Pertanto, c'è bisogno di un modo per modernizzare gradualmente il codice.

L'aggiornamento del codice più vecchio con uno stile moderno può risultare un compito scoraggiante. Spesso, il codice vecchio è sia disordinato (difficile da capire) che correttamente funzionante (per come è stato usato finora). Solitamente, il programmatore originale non c'è più e i casi di test sono incompleti. Il fatto che il codice sia disordinato aumenta notevolmente la fatica necessaria per fare qualsiasi modifica col rischio di introdurre degli errori. Spesso, il vecchio codice disordinato gira lentamente senza motivo perché richiede compilatori datati e non può sfruttare l'hardware più moderno. In molti casi, sarebbe opportuno il supporto di strumenti «modernizzatori» automatici per fare la maggior parte del lavoro di aggiornamento.

Lo scopo della modernizzazione del codice è quello di semplificare aggiungendo nuove funzionalità, facilitarne la manutenzione e migliorarne le prestazioni (throughput o latenza) utilizzando meglio l'hardware moderno. Rendere il codice «bello» o «seguire lo stile moderno» non sono di per sé buoni motivi per cambiare. Ci sono dei rischi impliciti per ogni modifica e costi impliciti (compreso il costo delle opportunità perse) nell'avere un codice obsoleto. La riduzione del costo dev'essere maggiore del rischio.

Ma come fare?

Non esiste un approccio alla modernizzazione del codice. Il modo migliore per farlo dipende dal codice, dalla pressione per gli aggiornamenti, l'esperienza degli sviluppatori e dagli strumenti a disposizione. Ecco alcune idee (molto generali):

- L'ideale è «aggiornare semplicemente tutto». Questo offre il massimo beneficio nel tempo minimo. Nella maggior parte dei casi, è anche impossibile.
- Si potrebbe convertire il codice per ogni modulo, ma qualsiasi regola che riguarda le interfacce (specie le ABI), come *l'uso di span*, non può essere fatto per ogni modulo, uno per volta.
- Si potrebbe convertire il codice partendo «dal basso» con le regole che si stimano possano offrire maggiori benefici e/o meno problemi.
- Si potrebbe iniziare concentrandosi sulle interfacce, p.es., assicurandosi di non perdere alcuna risorsa e che nessun puntatore venga usato in modo improprio. Si tratterebbe di una serie di modifiche in tutto il codice, ma che probabilmente apporterebbe notevoli vantaggi. Successivamente, si potrà gradualmente modernizzare il codice nascosto dietro quelle interfacce senza modificare il resto.

Qualunque cosa si scelga di fare, si noti che i vantaggi maggiori derivano dalla massima conformità alle linee-guida. Le linee-guida non sono un insieme casuale di regole slegate tra cui sceglierne casualmente qualcuna, aspettandosi qualche miglioria.

Ci piacerebbe molto conoscere l'esperienza e gli strumenti utilizzati. La modernizzazione potrebbe essere molto più veloce, più semplice e sicura se supportata da tool per l'analisi o anche per la trasformazione.

Appendice C: Discussione

Questa sezione contiene materiale supplementare sulle regole e sui gruppi di regole. In particolare, qui vengono presentate ulteriori motivazioni, esempi più estesi e le discussioni sulle alternative.

31.1 Discussione: Definire e inizializzare i dati membro secondo l'ordine di dichiarazione dei membri

I dati membri vengono sempre inizializzati nell'ordine in cui sono dichiarati nella definizione della classe, quindi si devono scrivere in quell'ordine nell'elenco di inizializzazione del costruttore. Scriverle con un ordine diverso rende semplicemente il codice confuso perché non verrà eseguito nell'ordine visto e questo potrebbe rendere arduo la ricerca di bug dipendenti dall'ordine.

```
class Employee {
    string email, first, last;
public:
    Employee(const char* firstName, const char* lastName);
    // ...
};

Employee::Employee(const char* firstName, const char* lastName)
    : first(firstName),
      last(lastName),
      // BAD: first and last not yet constructed
      email(first + "." + last + "@acme.com")
{}
```

In questo esempio, email verrà costruita prima di first e di last perché è dichiarata per prima. Questo vuol dire che il suo costruttore tenterà di usare first e last troppo presto – non solo prima che siano impostate con i loro valori, ma addirittura prima che vengano costruite.

Se la definizione della classe e il body del costruttore stanno in file separati, con l’andare del tempo l’influenza che ha l’ordine della dichiarazione dei dati membro sulla correttezza del costruttore sarà sempre più difficile da individuare.

Riferimenti:

[Cline99] §22.03-11, [Dewhurst03] §52-53, [Koenig97] §4, [Lakos96] §10.3.5, [Meyers97] §13, [Murray93] §2.1.3, [Sutter00] §47

31.2 Discussione: Uso di =, {} e () come inizializzatori

???

31.3 Discussione: Usare una funzione factory se c’è bisogno di un «comportamento virtuale» durante l’inizializzazione

Se il proprio progetto richiede un [dispatch] virtuale in un costruttore o in un distruttore della classe derivata per funzioni come f e g, c’è bisogno di altre tecniche, come un post-costruttore – una funzione membro separata che il chiamante deve invocare per completare l’inizializzazione, che possa chiamare tranquillamente f e g perché è il normale funzionamento delle chiamate virtuali a funzioni membro. Alcune di queste tecniche sono mostrate nei Riferimenti. Ecco un elenco non esaustivo delle possibilità:

- *Scaricabarile/rimandabile*: Basta documentare che il codice deve chiamare la funzione di post-inizializzazione subito dopo la costruzione di un oggetto.
- *Post-inizializzazione rimandata*: Lo si fa durante la prima chiamata ad una funzione membro. Un flag booleano nella classe base dirà se è già avvenuta la post-costruzione.
- *Usare la semantica della classe base virtuale*: Le regole del linguaggio impongono il costruttore della classe più derivata decida quale costruttore base verrà invocato; lo si può sfruttare a proprio vantaggio. (Cfr. [Taligent94].)
- *Usare una funzione “factory”*: In questo modo si può facilmente forzare un’invocazione obbligatoria di una funzione di post-costruzione.

Questo è un esempio dell’ultima opzione:

```
class B {  
public:  
    B()  
    {
```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```

        /* ... */
        f(); // BAD: C.82: Don't call virtual functions in
↳ constructors and destructors
        /* ... */
    }

    virtual void f() = 0;
};

class B {
protected:
    class Token {};

public:
    // constructor needs to be public so that make_shared can access
↳ it.
    // protected access level is gained by requiring a Token.
    explicit B(Token) { /* ... */ } // create an imperfectly
↳ initialized object
    virtual void f() = 0;

    template<class T>
    static shared_ptr<T> create() // interface for creating shared
↳ objects
    {
        auto p = make_shared<T>(typename T::Token{});
        p->post_initialize();
        return p;
    }

protected:
    virtual void post_initialize() // called right after construction
        { /* ... */ f(); /* ... */ } // GOOD: virtual dispatch is safe
    }
};

class D : public B { // some derived class
protected:
    class Token {};

public:
    // constructor needs to be public so that make_shared can access
↳ it.
    // protected access level is gained by requiring a Token.
    explicit D(Token) : B{ B::Token{} } {}

```

(continues on next page)

(continua dalla pagina precedente)

```
void f() override { /* ... */ };

protected:
    template<class T>
    friend shared_ptr<T> B::create();
};

shared_ptr<D> p = D::create<D>();    // creating a D object
```

Questo progetto richiede il seguente disciplinare:

- Le classi derivate come la D non devono esporre un costruttore richiamabile pubblico. Altrimenti, gli utilizzatori di D potrebbero creare oggetti D che non richiamino `post_initialize`.
- L'allocazione è limitata all'`operator new`. Tuttavia B può sovrascrivere [override] `new` (si vedano i Punti 45 e 46 in *SuttAlex05*).
- D deve definire un costruttore con gli stessi parametri selezionati da B. La definizione di vari [overload] di `create` può, tuttavia, attenuare questo problema; e gli [overload] possono anche essere template con i tipi degli argomenti.

Se i precedenti requisiti sono soddisfatti, il progetto assicura che `post_initialize` sia stata chiamata per ogni oggetto derivato da B. `post_initialize` non deve essere virtuale; può tuttavia invocare liberamente funzioni virtuali.

In sintesi, nessuna tecnica di post-costruzione è perfetta. Le tecniche peggiori evitano tutto il problema richiedendo semplicemente al chiamante di invocare manualmente il post-costruttore. Anche i migliori richiedono una diversa sintassi per costruire oggetti (facile da controllare in fase di compilazione) e/o la cooperazione degli autori di classi derivate (impossibile da controllare in fase di compilazione).

Riferimenti: [Alexandrescu01] §3, [Boost], [Dewhurst03] §75, [Meyers97] §46, [Stroustrup00] §15.4.3, [Taligent94]

31.4 Discussione: Rendere pubblici e virtuali i distruttori della classe base, o protected e non-virtual

La distruzione dovrebbe avere un comportamento virtuale? Cioè, dovrebbe essere consentita la distruzione tramite un puntatore a una classe base? Se sì, allora il distruttore della base deve essere pubblico per poter essere richiamabile e virtuale altrimenti chiamandolo si ottiene un comportamento indefinito. Se no, dovrebbe essere protected in modo che solo le classi derivate lo possano invocare nei loro distruttori, e non-virtuale perché non necessita di un comportamento virtuale.

31.4.1 Esempio

Il caso comune per una classe base è che si vogliono avere classi derivate pubblicamente e quindi il codice chiamante è quasi sicuro che usi qualcosa di simile a `shared_ptr<base>`:

```
class Base {
public:
    ~Base();                // BAD, not virtual
    virtual ~Base();        // GOOD
    // ...
};

class Derived : public Base { /* ... */ };

{
    unique_ptr<Base> pb = make_unique<Derived>();
    // ...
} // ~pb invokes correct destructor only when ~Base is virtual
```

In casi più rari, come le classi di sistema [policy], la classe viene usata come classe base per comodità, non per avere un comportamento polimorfico. Si raccomanda che tali distruttori siano `protected` e `non-virtual`:

```
class My_policy {
public:
    virtual ~My_policy();    // BAD, public and virtual
protected:
    ~My_policy();            // GOOD
    // ...
};

template<class Policy>
class customizable : Policy { /* ... */ }; // note: private inheritance
```

31.4.2 Nota

Questa semplice linea-guida illustra un problema sottile e riguarda gli usi moderni dell'ereditarietà e dei principi di progettazione object-oriented.

Per una classe base `Base`, il codice chiamante potrebbe tentare di distruggere gli oggetti derivati tramite i puntatori a `Base`, come quando si usa un `unique_ptr<Base>`. Se il distruttore di `Base` è pubblico e non virtuale (il default), può essere accidentalmente chiamato su un puntatore che in effetti punta a un oggetto derivato, nel qual caso il comportamento della tentata cancellazione è indefinito. Questo stato di cose ha portato gli standard di codifica più vecchi a imporre un requisito generale secondo cui tutti i distruttori della classe base devono essere virtuali. Questo è eccessivo (anche se è capita spesso); invece, la regola dovrebbe essere quella di rendere virtuali i distruttori della classe base se e solo se sono pubblici.

Scrivere una classe base vuol dire definire un'astrazione (si vedano i punti dal 35 al 37). Si rammenti che per ogni funzione membro che contribuisce a questa astrazione, si deve decidere:

- Se deve comportarsi virtualmente o meno.
- Se dev'essere pubblicamente disponibile a tutti i chiamanti tramite un puntatore a Base o altrimenti essere un dettaglio implementativo interno nascosto.

Come descritto al punto 39, per una normale funzione membro, la scelta è tra il consentirle di essere chiamata tramite un puntatore a Base non-virtualmente (ma forse con un comportamento virtuale se essa invoca funzioni virtuali, come nei pattern «NVI» (Non-Virtual Interface) e il «Template Method»), virtualmente, o niente affatto. Il pattern NVI è una tecnica per evitare le funzioni virtuali pubbliche.

La distruzione può essere vista semplicemente come un'altra operazione, anche se con una semantica speciale che rende pericolose o sbagliate le chiamate non-virtual. Per un distruttore di una classe base, quindi, la scelta è tra il consentirgli di essere chiamato tramite un puntatore a Base virtualmente o per niente; il «non-virtualmente» non è un'opzione. Quindi, un distruttore di una classe base è virtuale se può essere chiamato (cioè è pubblico) altrimenti è non-virtual.

Si noti che il pattern NVI non può essere applicato al distruttore perché i costruttori e i distruttori non possono effettuare chiamate virtuali [deep]. (Si vedano i Punti 39 e 55.)

Corollario: Quando si scrive una classe base, scrivere sempre esplicitamente un distruttore, poiché quello generato in modo implicito è pubblico e non-virtual. Si può sempre usare `=default` per l'implementazione se va bene il body di default e si sta solo scrivendo la funzione per darle la giusta visibilità e virtualità.

31.4.3 Eccezione

Alcune architetture di componenti (p.es., COM e CORBA) non usano un meccanismo standard per la cancellazione e adottano protocolli diversi per l'eliminazione degli oggetti. Seguire i pattern e gli idiomi locali, adattando questa linea-guida nel modo appropriato.

Si consideri anche questo caso raro:

- B è sia una classe base che una classe concreta che può essere istanziata da sola, e quindi il distruttore deve essere pubblico per gli oggetti di B per essere creati e distrutti.
- Eppure B non ha funzioni virtuali e non è pensata per essere usata polimorficamente, e quindi anche se il distruttore è pubblico non deve essere necessariamente virtuale.

Quindi, anche se il distruttore deve essere pubblico, può esserci una grande pressione per non renderlo virtuale, poiché come prima funzione virtuale si avrebbe l'[overhead] del tipo a runtime, quando la funzionalità aggiunta non dovrebbe mai essere necessaria.

In questo raro caso, è possibile rendere pubblico e non-virtual il distruttore ma documentare chiaramente che gli oggetti ulteriormente derivati non devono essere usati polimorficamente come B. Questo è ciò che è stato fatto con `std::unary_function`.

In generale, tuttavia, evitare le classi di base concrete (cfr. Punto 35). Per esempio, la `unary_function` è un `bundle-of-typedefs` che non è mai stato concepito per essere istanzia-

to da solo. Non ha davvero senso dargli un distruttore pubblico; un progetto migliore sarebbe quello di seguire il consiglio di questo punto e dargli un distruttore non-virtual protected.

Riferimenti: [SuttAlex05] Item 50, [Cargill92] pp. 77-79, 207, [Cline99] §21.06, 21.12-13, [Henricson97] pp. 110-114, [Koenig97] Chapters 4, 11, [Meyers97] §14, [Stroustrup00] §12.4.2, [Sutter02] §27, [Sutter04] §18

31.5 Discussione: Uso di noexcept

???

31.6 Discussione: Distruttori, de-allocazione, e swap non devono mai fallire

Non consentire mai la segnalazione di un errore da un distruttore, da una funzione di deallocazione di risorse (p.es., `operator delete`), o da una funzione `swap` tramite `throw`. È quasi impossibile scrivere un codice utile se queste operazioni possono fallire e anche se qualcosa va storto non ha quasi senso riprovare. In particolare, i tipi i cui distruttori possono generare un'eccezione sono severamente vietati dall'uso con la Libreria Standard C++. La maggior parte dei distruttori ora sono implicitamente `noexcept` per default.

31.6.1 Esempio

```
class Nefarious {
public:
    Nefarious() { /* code that could throw */ }    // ok
    ~Nefarious() { /* code that could throw */ }    // BAD, should not
    ↪ throw
    // ...
};
```

1. Gli oggetti `Nefarious` sono difficili da usare in sicurezza anche come variabili locali:

```
void test(string& s)
{
    Nefarious n;           // trouble brewing
    string copy = s;       // copy the string
} // destroy copy and then n
```

Qui, la copia di `s` potrebbe generare un errore [`throw`], e se va in errore anche il distruttore di `n` il programma terminerà tramite `std::terminate` perché non possono essere propagate due eccezioni contemporaneamente.

2. Anche le classi basi o con membri `Nefarious` sono difficili da usare in sicurezza, perché i loro distruttori devono invocare il distruttore di `Nefarious` restando al loro volta avvelenati dal suo comportamento:

```
class Innocent_bystander {
    Nefarious member;    // oops, poisons the enclosing class's s_
    →destructor
    // ...
};

void test(string& s)
{
    Innocent_bystander i; // more trouble brewing
    string copy2 = s;     // copy the string
} // destroy copy and then i
```

Qui, se la costruzione di `copy2` genera un errore [throws], si pone lo stesso problema perché ora anche il distruttore di `i` può generare un errore [throw] e se lo farà verrà invocato `std::terminate`.

3. Non è possibile creare in modo affidabile oggetti `Nefarious` globali o statici:

```
static Nefarious n;    // oops, any destructor exception can't_
    →be caught
```

4. Non è possibile creare in modo affidabile array di `Nefarious`:

```
void test()
{
    std::array<Nefarious, 10> arr; // this line can_
    →std::terminate()
}
```

Il comportamento delle matrici è indefinito in presenza di distruttori che lanciano eccezioni [throw] perché non esiste un comportamento di rollback ragionevole che si possa escogitare. Basti pensare: Quale codice può generare il compilatore per costruire un `arr` dove, se il costruttore del quarto oggetto va in [throw], il codice deve arrendersi e nella sua modalità di pulizia cerca di chiamare i distruttori degli oggetti già costruiti ... e uno o più di tali distruttori va in [throw]? Non esiste una risposta soddisfacente.

5. Si possono usare gli oggetti `Nefarious` nei contenitori standard:

```
std::vector<Nefarious> vec(10); // this line can_
    →std::terminate()
```

La libreria standard proibisce l'esecuzione del [throw] in tutti i distruttori che usa. Non si possono memorizzare oggetti `Nefarious` nei contenitori standard o usarli con qualsiasi altra parte della libreria standard.

31.6.2 Nota

Queste sono funzioni chiave che non devono fallire perché sono necessarie per le due operazioni principali nella programmazione transazionale: eseguire il ripristino del lavoro se si verificano problemi durante l'elaborazione e «committare» il lavoro se tutto è ok. Se non è possibile tornare indietro in modo sicuro utilizzando le operazioni «no-fail», è impossibile implementare il rollback «no-fail». Se non è possibile eseguire il commit sicuro dei cambiamenti di stato utilizzando un'operazione «no-fail» (in particolare, ma non solo, swap), è impossibile implementare il commit «no-fail».

Si tengano presenti i seguenti consigli e requisiti trovati nel C++ Standard:

Se un distruttore viene chiamato durante lo svolgimento [unwinding] dello stack esce con un'eccezione, viene chiamato terminate (15.5.1). Quindi i distruttori dovrebbero generalmente catturare le eccezioni e non lasciarle propagare al di fuori del distruttore. *–[C++03] §15.2(3)*

Nessuna operazione del distruttore definita nella Libreria Standard C++ (compreso il distruttore di qualsiasi tipo utilizzato per creare un'istanza di un template della libreria standard) genererà un'eccezione. *–[C++03] §17.4.4.8(3)*

Le funzioni di de-allocazione, compresi in particolare gli «overload» di `operator delete` e di `operator delete[]`, rientrano nella stessa categoria, poiché anch'esse vengono utilizzate durante la pulizia in generale e durante la gestione delle eccezioni in particolare, per eseguire il «rollback» del lavoro parziale che deve essere annullato. Oltre ai distruttori e alle funzioni di de-allocazione, le comuni tecniche [error-safety] si basano anche su operazioni swap che non falliscono mai – in questo caso, non perché vengono utilizzate per implementare un «rollback» garantito, ma perché vengono utilizzate per implementare un «commit» garantito. Ad esempio, ecco un'implementazione idiomatica dell'`operator=` per un tipo T che esegue la costruzione copia seguita da una chiamata «no-fail» a swap:

```
T& T::operator=(const T& other)
{
    auto temp = other;
    swap(temp);
    return *this;
}
```

(Si veda anche l'Item 56. ???)

Fortunatamente, quando si rilascia una risorsa, il margine di errore è decisamente più piccolo. Se si utilizzano le eccezioni come meccanismo di segnalazione degli errori, assicurarsi che tali funzioni gestiscano tutte le eccezioni e gli altri errori che la loro elaborazione interna potrebbe generare. (Per le eccezioni, semplicemente si racchiude tutto ciò che è sensibile in un blocco `try/catch(...)`). Questo è particolarmente importante perché un distruttore potrebbe essere chiamato in una situazione di crisi, come il fallimento nell'allocare una risorsa di sistema (p.es., memoria, file, lock, porte, finestre o altri oggetti).

Quando si utilizzano le eccezioni come meccanismo di gestione degli errori, documentare sempre questo comportamento dichiarando queste funzioni `noexcept`. (Si veda il Punto 75.)

Riferimenti: [SuttAlex05] Item 51; [C++03] §15.2(3), §17.4.4.8(3), [Meyers96] §11, [Stroustrup00] §14.4.7, §E.2-4, [Sutter00] §8, §16, [Sutter02] §18-19

31.7 Definire la copia, lo spostamento e la distruzione in modo coerente

31.7.1 Motivo

???

31.7.2 Nota

Se si definisce un costruttore copia, si deve anche definire un operatore di assegnazione copia.

31.7.3 Nota

Se si definisce un costruttore di spostamento [move], si deve anche definire un operatore di assegnazione move.

31.7.4 Esempio

```
class X {
public:
    X(const X&) { /* stuff */ }

    // BAD: failed to also define a copy assignment operator

    X(x&&) noexcept { /* stuff */ }

    // BAD: failed to also define a move assignment operator

    // ...
};

X x1;
X x2 = x1; // ok
x2 = x1;   // pitfall: either fails to compile, or does something
↳suspicious
```

Se si definisce un distruttore, non è necessario utilizzare l'operazione di copia o spostamento generata dal compilatore; probabilmente è necessario definire o sopprimere la copia e/o il [move].

```

class X {
    HANDLE hnd;
    // ...
public:
    ~X() { /* custom stuff, such as closing hnd */ }
    // suspicious: no mention of copying or moving -- what happens to
    ↪hnd?
};

X x1;
X x2 = x1; // pitfall: either fails to compile, or does something
    ↪suspicious
x2 = x1;    // pitfall: either fails to compile, or does something
    ↪suspicious

```

Se si definisce la copia e qualsiasi base o membro ha un tipo che definisce un'operazione di spostamento, è necessario definire anche un'operazione di spostamento.

```

class X {
    string s; // defines more efficient move operations
    // ... other data members ...
public:
    X(const X&) { /* stuff */ }
    X& operator=(const X&) { /* stuff */ }

    // BAD: failed to also define a move construction and move
    ↪assignment
    // (why wasn't the custom "stuff" repeated here?)
};

X test()
{
    X local;
    // ...
    return local; // pitfall: will be inefficient and/or do the wrong
    ↪thing
}

```

Se si definisce o un costruttore copia, un operatore di assegnazione copia o un distruttore, probabilmente è necessario definire gli altri.

31.7.5 Nota

Se si deve definire una di queste cinque funzioni, significa che serve qualcosa in più del comportamento di default – e che le cinque sono asimmetricamente correlate. Ecco come:

- Se si scrive/disabilita o il costruttore copia o l'operatore di assegnazione copia, c'è probabilmente bisogno di fare lo stesso per l'altra: se uno fa un lavoro «speciale», probabilmente dovrebbe esserlo anche l'altro perché le due funzioni dovrebbero avere effetti simili. (Si veda il Punto 53, che sviluppa questo punto da solo).
- Se si scrivono esplicitamente le funzioni di copia, probabilmente è necessario scrivere il distruttore: Se il lavoro «speciale» nel costruttore copia consiste anche nell'allocare o duplicare qualche risorsa (p.es., memoria, file, socket), si devono disallocarle nel distruttore.
- Se si scrive esplicitamente il distruttore, probabilmente si deve esplicitamente scrivere o disabilitare la copia: Se si deve scrivere un distruttore un po' più complicato, spesso è perché si deve manualmente rilasciare una risorsa contenuta nell'oggetto. Se è così, è probabile che tali risorse richiedano un'attenta duplicazione e quindi si deve fare attenzione a come gli oggetti vengono copiati e assegnati, oppure disabilitare completamente la copia.

In molti casi, mantenere correttamente le risorse incapsulate utilizzando il oggetti «proprietary» RAII «, può eliminare la necessità di scrivere da soli queste operazioni. (Si veda il Punto 13.)

Preferire i membri speciali generati dal compilatore (compreso `=default`); solo questi possono essere classificati come «banali», e almeno uno dei principali fornitori della libreria standard ottimizza le classi con membri speciali banali. È probabile che ciò diventi una pratica comune.

Eccezioni: Quando una delle funzioni speciali viene dichiarata solo per renderle non-public o virtuali, ma senza una semantica speciale, ciò non implica che le altre siano necessarie. In rari casi, le classi che hanno membri di tipi strani (come i riferimenti membro) non sono un'eccezione perché hanno una semantica di copia peculiare. In una classe che contiene un riferimento, è probabilmente necessario scrivere il costruttore copia e l'operatore di assegnazione, ma il distruttore predefinito fa già la cosa giusta. (Si noti che l'utilizzo di un riferimento membro è quasi sempre sbagliato).

Riferimenti: [SuttAlex05] Item 52; [Cline99] §30.01-14, [Koenig97] §4, [Stroustrup00] §5.5, §10.4, [SuttHysl04b]

Riepilogo delle regole sulla gestione delle risorse:

- *Fornire una robusta sicurezza alle risorse; cioè, mai perdere [leak] niente che si ritenga possa essere una risorsa*
- *Mai restituire o generare un'eccezione [throw] mentre si tiene una risorsa non di proprietà di un handle*
- *Un puntatore «semplice» o un riferimento non è mai un handle di una risorsa*
- *Non lasciare mai che un puntatore sopravviva all'oggetto a cui punta*
- *Usare i template per esprimere i contenitori (ed altri gestori di risorse)*

- *Restituire i contenitori per valore (basandosi, per efficienza, sullo spostamento [move] o sull'elisione della copia)*
- *Se una classe è un handle di una risorsa, necessita di un costruttore, un distruttore, e le operazioni di copia e/o spostamento*
- *Se una classe è un contenitore, fornirle un costruttore con un elenco-di-inizializzatori*

31.7.6 Discussione: Fornire una robusta sicurezza alle risorse; cioè, mai perdere [leak] niente che si ritenga possa essere una risorsa

Motivo

Prevenire i leak. I leak possono provocare la degradazione delle prestazioni, errori misteriosi, crash di sistema, e violazioni della sicurezza.

Formulazione alternativa: Fare in modo che ogni risorsa rappresentata come un oggetto di qualche classe gestisca il proprio ciclo di vita.

Esempio

```
template<class T>
class Vector {
private:
    T* elem;    // sz elements on the free store, owned by the class.
    ↪object
    int sz;
    // ...
};
```

Questa classe è un gestore di risorsa. Gestisce il ciclo di vita delle T. Per fare ciò, Vector deve definire o eliminare [delete], *le operazioni di copia, spostamento e distruzione*.

Esempio

```
??? "odd" non-memory resource ???
```

Imposizione

La tecnica base per evitare i leak consiste nell'avere ogni risorsa posseduta da un gestore della risorsa con un distruttore adatto. Un «checker» potrebbe trovare dei «semplici new». Dato un elenco di funzioni di allocazione in stile C (p.es., `fopen()`), un «checker» potrebbe anche trovare usi che non sono gestiti da un handle della risorsa. In generale, i «puntatori semplici» si possono vedere con sospetto, segnalati e/o analizzati. Un elenco completo delle risorse non può essere generato senza un input umano (la definizione di «una risorsa» è necessariamente troppo generale), ma si può «parametrizzare» un tool con un elenco di risorse.

31.7.7 Discussione: Mai restituire o generare un'eccezione [throw] mentre si tiene una risorsa non di proprietà di un handle

Motivo

Ci sarebbe un leak.

Esempio

```
void f(int i)
{
    FILE* f = fopen("a file", "r");
    ifstream is { "another file" };
    // ...
    if (i == 0) return;
    // ...
    fclose(f);
}
```

Se `i == 0` l'handle del file per `a file` provoca un leak. D'altra parte, l'`ifstream` per `another file` verrà chiuderà correttamente il suo file (dopo la distruzione). Se è necessario utilizzare un puntatore esplicito, anziché un handle della risorsa con una semantica specifica, usare un `unique_ptr` o uno `shared_ptr` con un delete personalizzato:

```
void f(int i)
{
    unique_ptr<FILE, int(*)(FILE*)> f(fopen("a file", "r"), fclose);
    // ...
    if (i == 0) return;
    // ...
}
```

Meglio:

```
void f(int i)
{
    ifstream input {"a file"};
    // ...
    if (i == 0) return;
    // ...
}
```

Imposizione

Un checker deve considerare sospetti tutti i «puntatori semplici». Probabilmente un checker deve far riferimento ad un elenco delle risorse fornito da un umano. Come inizio [starters], sappiamo dei contenitori della libreria standard, `string` e degli smart pointer. L'utilizzo di `span` e `string_view` dovrebbe aiutare molto (non sono handle di risorse).

31.7.8 Discussione: Un puntatore «semplice» o un riferimento non è mai un handle di una risorsa

Motivo

Essere in grado di distinguere i proprietari dalle viste.

Nota

Questo è indipendente da come si «scrive» il puntatore: `T*`, `T&`, `Ptr<T>` e `Range<T>` non sono proprietari [owner].

31.7.9 Discussione: Non lasciare mai che un puntatore sopravviva all'oggetto a cui punta

Motivo

Per evitare errori estremamente difficili da trovare. De-referenziare puntatore del genere porta a un comportamento indefinito e potrebbe violare il sistema dei tipi.

Esempio

```
string* bad()    // really bad
{
    vector<string> v = { "This", "will", "cause", "trouble", "!" };
    // leaking a pointer into a destroyed member of a destroyed object.
    ↪(v)
    return &v[0];
}

void use()
{
    string* p = bad();
    vector<int> xx = {7, 8, 9};
    // undefined behavior: x might not be the string "This"
    string x = *p;
    // undefined behavior: we don't know what (if anything) is
    ↪allocated a location p
    *p = "Evil!";
}
```

Le stringhe di `v` vengono distrutte all'uscita da `bad()` e così anche lo stesso `v`. Il puntatore restituito punta alla memoria non allocata nel free store. Questa memoria (puntata da `p`) potrebbe essere stata riallocata al momento dell'esecuzione di `*p`. Potrebbe non esserci alcuna string da leggere e una scrittura in `p` potrebbe facilmente corrompere oggetti di tipo diverso.

Imposizione

Molti compilatori già allertano per i casi semplici ed hanno le informazioni per fare altro. Si esamini qualsiasi puntatore restituito da una funzione sospetta. Usare i contenitori, gli handle delle risorse e le viste (p.es., `span` noti per non essere handle di risorse) per ridurre il numero di casi da esaminare. Per cominciare, si esamini ogni classe con un distruttore come handle di risorsa.

31.7.10 Discussione: Usare i template per esprimere i contenitori (ed altri gestori di risorse)

Motivo

Per fornire staticamente una gestione di elementi [type-safe].

Esempio

```
template<typename T> class Vector {  
    // ...  
    T* elem;    // point to sz elements of type T  
    int sz;  
};
```

31.7.11 Discussione: Restituire i contenitori per valore (basandosi, per efficienza, sullo spostamento [move] o sull'elisione della copia)

Motivo

Semplificare il codice ed eliminare la necessità di una gestione esplicita della memoria. Portare un oggetto in uno scope più esterno, prolungandone così la durata.

Si veda anche: *F.20*, l'argomento generale sulla «restituzione» dei valori in output

Esempio

```
vector<int> get_large_vector()  
{  
    return ...;  
}  
  
auto v = get_large_vector(); // return by value is ok, most modern.  
→compilers will do copy elision
```

Eccezione

Si vedano le Eccezioni in *F.20*.

Imposizione

Controllare i puntatori e i riferimenti restituiti dalle funzioni e vedere se vengono assegnati a handle di risorse (p.es., a un `unique_ptr`).

31.7.12 Discussione: Se una classe è un handle di una risorsa, necessita di un costruttore, un distruttore, e le operazioni di copia e/o spostamento

Motivo

Fornire il controllo completo della durata della risorsa. Fornire un insieme coerente di operazioni sulla risorsa.

Esempio

```
??? Messing with pointers
```

Nota

Se tutti i membri sono gestori di risorse, ove possibile, affidarsi alle operazioni generate dal compilatore.

```
template<typename T> struct Named {  
    string name;  
    T value;  
};
```

Ora Named ha un costruttore di default, un distruttore e delle efficienti operazioni di copia e spostamento, purché le abbia T.

Imposizione

In generale, un tool non può sapere se una classe è un handle di una risorsa. Tuttavia, se una classe ha alcune delle *operazioni di default*, dovrebbe avere tutto e se la classe ha un membro che è un handle di risorsa, dovrebbe essere considerata come handle di risorse.

31.7.13 Discussione: Se una classe è un contenitore, fornirle un costruttore con un elenco-di-inizializzatori

Motivo

Normalmente si ha bisogno di un insieme iniziale di elementi.

Esempio

```
template<typename T> class Vector {  
public:  
    Vector(std::initializer_list<T>);  
    // ...  
};  
  
Vector<string> vs { "Nygaard", "Ritchie" };
```

Imposizione

Quando una classe è un contenitore? ???

Appendice D: Tool di supporto

Questa sezione contiene un elenco di tool che supportano direttamente l'adozione delle «C++ Core Guidelines». Questo non intende essere un elenco esaustivo di strumenti utili alla scrittura di buon codice C++. Se un tool è specificatamente progettato per supportare e collegarsi alle «C++ Core Guidelines» è candidato per l'inclusione.

32.1 Tools: Clang-tidy

Clang-tidy ha una serie di regole che specificamente impongono le «C++ Core Guidelines». Queste regole vengono chiamate nel pattern `cppcoreguidelines-*`.

32.2 Tools: CppCoreCheck

L'analisi del codice C++ del compilatore Microsoft contiene una serie di regole specificamente finalizzate all'applicazione delle «C++ Core Guidelines».

Glossario

Una definizione relativamente informale dei termini usati nelle linee-guida (basato sul glossario in [Programming: Principles and Practice using C++](#))

Maggiori informazioni su molti argomenti riguardo al C++ si possono trovare sul sito della [Standard C++ Foundation](#).

- *ABI*: Application Binary Interface, una specifica per una data piattaforma hardware combinata col sistema operativo. In contrapposizione alle API.
- *classe astratta*: una classe che non può essere usata direttamente per creare oggetti; spesso usata per definire un'interfaccia per le classi derivate. Una classe viene resa astratta avendo una funzione virtuale pura o solo costruttori protetti.
- *astrazione*: una descrizione che ignora in modo selettivo o deliberato (nasconde) dei dettagli (p.es., i dettagli implementativi); ignoranza selettiva.
- *indirizzo*: un valore che consente di trovare un oggetto nella memoria del computer.
- *algoritmo*: una procedura o una formula per risolvere un problema; una serie finita di passaggi computazionali per produrre un risultato.
- *alias*: un modo alternativo per riferirsi ad un oggetto; spesso un nome, un puntatore o un riferimento.
- *API*: Application Programming Interface, un insieme di funzioni che formano la comunicazione tra i vari componenti software. In contrapposizione alla ABI.
- *applicazione*: un programma o un insieme di programmi che viene considerato un'entità dagli utenti.
- *approssimazione*: qualcosa (p.es., un valore o un progetto) che è quasi (un valore o un progetto) perfetto o ideale. Spesso un'approssimazione è il risultato di un compromesso con l'ideale.

- *argomento*: un valore passato ad una funzione o a un template, in cui vi si accede tramite un parametro.
- *array*: una sequenza omogenea di elementi, solitamente numerati, p.es., [0:max).
- *asserzione*: un'istruzione inserita in un programma per affermare (asserire) che qualcosa deve sempre essere vero in questo punto del programma.
- *classe base*: un tipo da cui si intende derivare (p.es., ha una funzione non-final virtual function), , e gli oggetti di tale tipo si devono usare solo indirettamente (p.es., tramite puntatore). [In termini rigorosi, «classe base» potrebbe essere definita come «qualcosa da cui derivare» ma stiamo specificando in termini di intenti del progettista della classe.] Tipicamente una classe base ha una o più funzioni virtuali.
- *bit*: l'unità elementare dell'informazione in un computer. Un bit può avere un valore di 0 o di 1.
- *bug*: un errore in un programma.
- *byte*: l'unità elementare di indirizzamento nella maggior parte dei computer. Solitamente, un byte contiene 8 bit.
- *classe*: un tipo definito dall'utente [user-defined] che può contenere dati membro, funzioni membro e tipi membro.
- *codice*: un programma o parte di esso; usato ambigualmente sia per il codice sorgente che per il codice oggetto.
- *compilatore*: un programma che trasforma il codice sorgente in codice oggetto.
- *complessità*: una nozione difficile-da-definire-precisamente della misura della difficoltà di costruire una soluzione ad un problema o della stessa soluzione. Talvolta la complessità è usata per indicare (semplicemente) una stima del numero di operazioni necessarie per eseguire un algoritmo.
- *computazione*: l'esecuzione di un certo codice, solitamente prendendo qualche input e producendo qualche output.
- *concetto*: (1) una nozione e un'idea; (2) un insieme di requisiti, solitamente per l'argomento di un template.
- *tipo concreto*: un tipo che non è una classe base, e gli oggetti di tale tipo sono destinati ad essere utilizzati direttamente (non solo tramite puntatore/indirizione), la sua dimensione è nota, può solitamente essere allocato ovunque decida il programmatore (p.es., staticamente o sullo stack).
- *costante*: un valore che non può essere cambiato (in un determinato scope); non mutabile.
- *costruttore*: un'operazione che inizializza («costruisce») un oggetto. In genere un costruttore stabilisce un invariante e spesso acquisisce le risorse necessarie per un oggetto per essere usate (che vengono poi generalmente rilasciate da un distruttore).
- *contenitore*: un oggetto che contiene elementi (atri oggetti).
- *copia*: un'operazione che fa in modo che due oggetti abbiano valori uguali al confronto. Si veda anche spostamento [move].

- *correttezza*: un programma o parte di esso è corretto se soddisfa le sue specifiche. Sfortunatamente, una specifica può essere incompleta o incoerente, oppure può non rispondere alle aspettative degli utenti. Quindi, per produrre un codice accettabile, talvolta si deve fare di più che seguire semplicemente le specifiche formali.
- *costo*: il costo (p.es., in tempo del programmatore, in tempo di esecuzione o in spazio) per produrre un programma o eseguirlo. Idealmente, il costo dovrebbe essere in funzione della complessità.
- *customization point*: ???
- *dati*: i valori usati in un calcolo.
- *debugging*: la ricerca e la rimozione di errori in un programma; di solito molto meno sistematico dei test.
- *dichiarazione*: la specifica di un nome col suo tipo in un programma.
- *definizione*: una dichiarazione di un'entità che fornisce tutte le informazioni necessarie per consentire ad un programma di usarla. Definizione semplificata: una dichiarazione che alloca memoria.
- *classe derivata*: una classe derivata da una o più classi base.
- *progetto [design]*: una descrizione generale di come un software dovrebbe operare per rispondere alle sue specifiche.
- *distruttore*: un'operazione implicitamente invocata (chiamata) quando un oggetto viene distrutto (p.es., uscendo dal suo scope). Spesso rilascia le risorse.
- *incapsulamento*: la protezione di qualcosa che deve essere privato (p.es., i dettagli implementativi) da accessi non autorizzati.
- *errore*: una discrepanza tra ciò che ragionevolmente ci si aspetta da un programma (spesso espresso come un requisito o una guida per l'utente) e quello che effettivamente fa il programma.
- *eseguibile*: un programma pronto a girare (ad essere eseguito) su un computer.
- *feature creep*: una tendenza ad aggiungere funzionalità in eccesso a un programma «per ogni evenienza».
- *file*: un contenitore di informazioni permanenti in un computer.
- *numero in virgola mobile [floating-point]*: l'approssimazione in un computer di un numero reale, come ad esempio 7.93 e 10.78e-3.
- *funzione*: una unità di codice, con un nome, che può essere invocata (chiamata) da diverse parti di un programma; una unità logica di calcolo.
- *programmazione generica*: uno stile di programmazione incentrato sulla progettazione e un'efficiente implementazione degli algoritmi. Un algoritmo generico funzionerà con tutti i tipi di argomenti che risponderanno ai suoi requisiti. In C++, solitamente la programmazione generica usa i template.
- *variabile globale*: tecnicamente, un oggetto, con un nome, nello scope del namespace.

- *gestore [handle]*: una classe che consente l'accesso ad altro tramite un puntatore o un riferimento membro. Si veda anche risorsa, copia, spostamento [move].
- *header*: un file contenente le dichiarazioni usate per condividere le interfacce tra le parti di un programma.
- *occultamento [hiding]*: l'atto di impedire la visualizzazione o l'accesso diretto ad un'informazione. Per esempio, un nome da uno scope nidificato (interno) può evitare che lo stesso nome da uno scope più esterno (racchiuso) dell'essere usato direttamente.
- *ideale*: la versione perfetta di qualcosa di cui ci si sta occupando. Solitamente ci sono dei compromessi da fare e ci si accontenta di un'approssimazione.
- *implementazione*: (1) l'atto di scrivere e testare il codice; (2) il codice che implementa un programma.
- *loop infinito*: un ciclo [loop] dove la condizione di terminazione non diventa mai vera. Si veda iterazione.
- *ricorsione infinita*: una ricorsione che non finisce fino a quando la macchina non esaurisce la memoria per effettuare le chiamate. In realtà, questa ricorsione non è mai infinita ma viene interrotta da un errore hardware.
- *information hiding*: l'atto di separare l'interfaccia dall'implementazione, nascondendo così i dettagli dell'implementazione non destinati all'attenzione degli utenti e fornendo un'astrazione.
- *inizializzare*: dare ad un oggetto il suo primo (iniziale) valore.
- *input*: i valori usati da una elaborazione (p.es., gli argomenti di una funzione o i caratteri digitati su una tastiera).
- *intero [integer]*: un numero intero, come 42 e -99.
- *interfaccia*: una dichiarazione o una serie di dichiarazioni che specifica come un pezzo di codice (come una funzione o una classe) debba essere chiamato.
- *invariante*: qualcosa che deve essere sempre vero in un dato punto (o punti) di un programma; tipicamente usato per descrivere lo stato (l'insieme dei valori) di un oggetto o lo stato di un loop prima di entrare nelle istruzioni da ripetere.
- *iterazione*: l'atto di eseguire ripetutamente un pezzo di codice; si veda ricorsione.
- *iteratore*: un oggetto che identifica un elemento di una sequenza.
- *ISO*: International Organization for Standardization (Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione). Il linguaggio C++ è uno standard ISO, ISO/IEC 14882. Ulteriori informazioni su [iso.org](https://www.iso.org).
- *libreria [library]*: una raccolta di tipi, funzioni, classi, ecc. che implementa un insieme di servizi (astrazioni) pensati per essere potenzialmente utilizzati come parte di più programmi.
- *ciclo-di-vita [lifetime]*: il tempo dall'inizializzazione di un oggetto fino a quando diventa inutilizzabile (esce dallo scope, viene cancellato o il programma termina).

- *linker*: un programma che unisce file di codice oggetto e librerie formando un programma eseguibile.
- *letterale [literal]*: una notazione che indica direttamente un valore, così come 12 indica il valore intero di «dodici».
- *ciclo [loop]*: un pezzo di codice eseguito ripetutamente; in C++, solitamente un'istruzione «for» o un'istruzione `while`.
- *spostamento [move]*: un'operazione che trasferisce un valore da un oggetto ad un altro lasciandosi dietro un valore che rappresenti il «vuoto». Si veda anche la copia.
- *tipo move-only*: un tipo concreto spostabile ma non copiabile.
- *mutabile [mutable]*: modificabile; l'opposto di immutabile, costante e invariabile.
- *oggetto*: (1) una regione di memoria inizializzata di un tipo noto che contiene un valore di quel tipo; (2) una regione di memoria.
- *codice oggetto*: l'output di un compilatore inteso come input per un linker (affinché il linker produca codice eseguibile).
- *file oggetto*: un file contenente codice oggetto.
- *programmazione object-oriented*: (OOP) uno stile di programmazione incentrato sulla progettazione e l'uso di classi e gerarchie di classi.
- *operazione*: qualcosa che può eseguire qualche azione, come una funzione o un operatore.
- *output*: i valori prodotti da una elaborazione (p.es., il risultato di una funzione o le righe di caratteri scritte sullo schermo).
- *overflow*: la produzione di un valore che non può essere memorizzato nella sua destinazione prevista.
- *overload*: la definizione di due funzioni o operatori con lo stesso nome ma tipi di argomenti diversi (operandi).
- *override*: definire una funzione in una classe derivata con lo stesso nome e tipi di argomenti di una funzione virtuale nella classe base, rendendo così la funzione richiamabile attraverso l'interfaccia definita dalla classe base.
- *proprietario [owner]*: un oggetto responsabile del rilascio di una risorsa.
- *paradigma*: un termine un po' pretenzioso per uno stile di progettazione o programmazione; usato spesso con (l'errata) implicazione che esiste un paradigma che sia superiore a tutti gli altri.
- *parametro*: una dichiarazione di un input esplicito di una funzione o di un template. Quando viene chiamata, una funzione può accedere agli argomenti passati tramite i nomi dei suoi parametri.
- *puntatore*: (1) un valore usato per identificare un oggetto di un certo tipo nella memoria; (2) una variabile che contiene tale valore.
- *post-condizione*: una condizione che deve mantenuta all'uscita da un blocco di codice, come una funzione o un loop.

- *pre-condizione*: una condizione che deve mantenuta entrando in un blocco di codice, come una funzione o un loop.
- *programma*: codice (probabilmente corredato con dei dati) che è sufficientemente completo da poter essere eseguito da un computer.
- *programmazione*: l'arte di esprimere col codice delle soluzioni a dei problemi.
- *linguaggio di programmazione*: un linguaggio per esprimere programmi.
- *pseudo codice*: una descrizione di un calcolo scritto con una notazione informale anziché con un linguaggio di programmazione.
- *funzione virtuale pura*: una funzione virtuale che deve essere sovrascritta in una classe derivata.
- *RAII*: («Resource Acquisition Is Initialization») una tecnica di base per la gestione delle risorse basata sugli scope.
- *range*: una sequenza di valori che si possono descrivere con un punto iniziale ed uno finale. Per esempio, `[0:5)` indica i valori 0, 1, 2, 3 e 4.
- *ricorsione*: l'azione di una funzione che chiama se stessa; cfr. iterazione.
- *riferimento*: (1) un valore che descrive la locazione di un oggetto di un certo tipo nella memoria; (2) una variabile che contiene tale valore.
- *espressione regolare*: una notazione per i pattern in stringhe di caratteri.
- *regolare*: un tipo semi-regolare che è confrontabile per l'uguaglianza (vedere il concetto `std::regular`). Dopo una copia, l'oggetto copiato risulta uguale all'oggetto originale, se confrontato. Un tipo regolare si comporta come i tipi nativi come `int` ed è confrontabile con `==`. In particolare, un oggetto di un tipo regolare può essere copiato, e il risultato della copia è un oggetto separato che risulta uguale al primo se si confrontano. Si veda anche *tipo semi-regolare*.
- *requisito*: (1) una descrizione del comportamento desiderato di un programma o di parte di un programma; (2) una descrizione delle assunzioni che una funzione o un template fa sui suoi argomenti.
- *risorsa*: qualcosa che viene acquisito e che deve poi essere rilasciato, come un handle di file, un lock o della memoria. Si veda anche handle, proprietario [owner].
- *arrotondamento*: conversione di un valore al valore matematicamente più vicino di un tipo meno preciso.
- *RTTI*: Run-Time Type Information. ???
- *scope*: la regione del testo di un programma (il codice sorgente) entro cui si può far riferimento ad un nome.
- *semi-regolare*: un tipo concreto che sia copiabile (oltre che spostabile) e costruibile per default (vedere il concetto `std::semiregular`). Il risultato di una copia è un oggetto indipendente con lo stesso valore dell'originale. Un tipo semiregolare si comporta approssimativamente come un tipo nativo come `int`, ma possibilmente senza un operatore `==`. Si veda anche *tipo regolare*.

- *sequenza*: elementi che si possono scorrere con un ordine lineare.
- *software*: una raccolta di pezzi di codice e dati correlati; spesso usato in modo intercambiabile con programma.
- *codice sorgente*: il codice prodotto da un programmatore e (in linea di principio) leggibile da altri programmatori.
- *file sorgente*: un file contenente il codice sorgente.
- *specifica*: una descrizione di quello che dovrebbe fare un pezzo di codice.
- *standard*: una definizione ufficialmente concordata di qualcosa, come un linguaggio di programmazione.
- *stato*: un insieme di valori.
- *STL*: i contenitori, gli iteratori e gli algoritmi facenti parte della libreria standard.
- *stringa*: una sequenza di caratteri.
- *stile*: un insieme di tecniche per la programmazione che portano ad un uso coerente delle funzionalità del linguaggio; talvolta usato in senso molto limitato per riferirsi solo alle regole di basso livello sulla nomenclatura e l'aspetto del codice.
- *sotto-tipo*: un tipo derivato; un tipo che ha tutte le proprietà di un altro tipo e probabilmente delle altre.
- *super-tipo*: un tipo base; un tipo che ha un sotto-insieme delle proprietà di un tipo.
- *sistema*: (1) un programma o un insieme di programmi per eseguire un'attività su un computer; (2) un'abbreviazione per «sistema operativo», ovvero, l'ambiente di esecuzione fondamentale e gli strumenti [tool] per un computer.
- *TS: Technical Specification*, Una «Specifica Tecnica» indirizza un lavoro ancora in fase di sviluppo tecnico o dove si ritiene che ci sarà una futura possibilità, ma non immediata, per un riconoscimento in uno Standard Internazionale. Una Specifica Tecnica viene pubblicata per un uso immediato, ma fornisce anche un mezzo per ottenere dei feedback. Lo scopo è quello di essere eventualmente trasformato e ripubblicato come Standard Internazionale.
- *template*: una classe o una funzione parametrizzata con uno o più tipi o (durante la compilazione) con dei valori; il costrutto base del linguaggio C++ che supporta la programmazione generica.
- *testing*: una ricerca sistematica degli errori in un programma.
- *compromesso [trade-off]*: il risultato del bilanciamento tra diversi criteri di progettazione e implementazione.
- *troncamento*: la perdita di informazioni in una conversione da un tipo ad un altro che non può rappresentare esattamente il tipo da convertire.
- *tipo*: qualcosa che definisce l'insieme dei possibili valori e l'insieme delle possibili operazioni per un oggetto.
- *non-inizializzato*: lo stato (indefinito) di un oggetto prima che venga inizializzato.

- *unità*: (1) una misura standard che dà significato ad un valore (p.es., km per una distanza); (2) una parte distinta (p.es. con un nome) di un tutto più grande.
- *caso d'uso*: uno specifico uso (solitamente semplice) di un programma per testarne il funzionamento e mostrarne lo scopo.
- *valore*: un insieme di bit nella memoria interpretati secondo un tipo.
- *tipo valore*: un termine che qualcuno usa per indicare un tipo regolare o semi-regolare.
- *variabile*: un oggetto di un certo tipo con un nome; contiene un valore a meno che non sia non-inizializzato.
- *funzione virtuale*: una funzione membro che può essere sovrascritta in una classe derivata.
- *word*: una unità base di memoria in un computer, spesso l'unità usata per contenere un intero.

To-do: Proto-regole non classificate

Questa è la lista delle cose da fare. Alla fine, le voci diventeranno regole o parti di esse. Oppure, si deciderà di non cambiare nulla e la voce verrà cancellata.

- Nessuna funzione friend distante
- Si dovrebbe affrontare il progetto fisico (cosa c'è in un file) e quello su larga scala (librerie, gruppi di librerie)?
- I namespace
- Evitare di usare direttive negli scope globali (eccetto std ed altri namespace «fondamentali» (p.es. experimental))
- Quanto devono essere granulari i namespace? Tutte le classi/funzioni progettate per funzionare assieme e rilasciate insieme (come definite in Sutter/Alexandrescu) oppure qualcosa di più restrittivo o più ampio?
- Ci dovrebbero essere dei namespace inline (tipo `std::literals::*_literals`)?
- Evitare le conversioni implicite
- Le funzioni membro const dovrebbero essere [thread safe] ... aka, ma io non cambio effettivamente la variabile, le assegno solo un valore la prima volta che la chiamo ... argh
- Inizializzare sempre le variabili, utilizzare le liste di inizializzazione per i dati membri.
- A chiunque scriva un'interfaccia pubblica che prenda o restituisca `void*` gli si dovrebbero tagliare le mani. Questa è stata la favorita per diversi anni. :)
- Dove possibile usare const per: funzioni membro, variabili e (urrà) `const_iterator`s
- Utilizzare `auto`
- (size) rispetto a `{initializers}` rispetto a `{Extent{size}}`

- Non astrarre troppo [overabstract]
- Mai passare un puntatore nello stack della chiamata
- verso una funzione sottostante
- Dovrebbero esserci delle linee-guida per scegliere tra i polimorfismi? SI. stile classico (funzioni virtuali, semantica del riferimento) rispetto allo «Sean Parent» (semantica del valore, [type-erased], cose come `std::function`) rispetto a CRTP/static [Curiously Recurring Template Pattern]? SI Forse anche rispetto a [tag dispatch]?
- le chiamate virtuali dovrebbero essere bandite dai costruttori/distruttori nelle linee-guida? SI. Molte persone le bandiscono, anche se si pensa che siano un grande punto di forza del C++ ??? -preserving (D ha tanto deluso quando è andato verso Java). QUALE SARÀ UN BUON ESEMPIO?
- Parlando di lambda, cosa peserebbe nella decisione tra lambda e classi (locali?) nelle chiamate di algoritmi e altri scenari sulle callback?
- E parlando di `std::bind`, Stephen T. Lavavej lo critica così tanto che c'è da chiedersi se in futuro sparirà. Si dovrebbero invece consigliare le lambda?
- Cosa fare con i leak di temporanei? : `p = (s1 + s2).c_str();`
- invalidazione di un puntatore/iteratore che ha a che fare con puntatori appesi [dangling]:

```
void bad()
{
    int* p = new int[700];
    int* q = &p[7];
    delete p;

    vector<int> v(700);
    int* q2 = &v[7];
    v.resize(900);

    // ... use q and q2 ...
}
```

- LSP [Liskov Substitution Principle]
- ereditarietà privata rispetto ai membri
- evitare come variabili membro di classi statiche (conflitti, variabili quasi-globali)
- Usare protezioni con lock RAII (`lock_guard`, `unique_lock`, `shared_lock`), mai chiamare `mutex.lock` e `mutex.unlock` direttamente (RAII)
- Preferire lock non-ricorsivi (spesso usati per aggirare cattive scelte [reasoning], [overhead])
- Unire [join] i thread! (a causa di `std::terminate` nel distruttore se non è unito [joined] o staccato [detached] ... c'è una buona ragione per staccare [detach] i thread?) – ??? potrebbe la libreria di supporto fornire un wrapper RAII per `std::thread`?

- Se si devono acquisire due o più mutex contemporaneamente, usare `std::lock` (o un altro algoritmo per evitare i [deadlock]?)
- Quando si usa una `condition_variable`, proteggere sempre la condizione con un mutex (il booleano atomico il cui valore è settato esternamente al mutex è sbagliato!), ed usare lo stesso mutex per la variabile della condizione stessa.
- Mai usare `atomic_compare_exchange_strong` con `std::atomic<user-defined-struct>` (le differenze materia di riempimento, mentre `compare_exchange_weak` in un loop converge ad un riempimento stabile)
- i singoli oggetti `shared_future` non sono [thread-safe]: due thread non possono aspettare per lo stesso oggetto `shared_future` (possono attendere su copie di `shared_future` che si riferiscono allo stesso stato condiviso)
- I singoli oggetti `shared_ptr` non sono thread-safe: thread diversi possono chiamare funzioni membro non-const su *different* `shared_ptr` che fanno riferimento allo stesso oggetto condiviso, ma un thread non può chiamare una funzione membro non-const di un oggetto `shared_ptr` mentre un altro thread accede allo stesso oggetto `shared_ptr` (se o si deve fare, si consideri invece `atomic_shared_ptr`)
- regole per l'aritmetica

Bibliografia

- [Abrahams01]: D. Abrahams. [Exception-Safety in Generic Components](#).
- [Alexandrescu01]: A. Alexandrescu. *Modern C++ Design* (Addison-Wesley, 2001).
- [C++03]: ISO/IEC 14882:2003(E), Programming Languages — C++ (updated ISO and ANSI C++ Standard including the contents of (C++98) plus errata corrections).
- [Cargill92]: T. Cargill. *C++ Programming Style* (Addison-Wesley, 1992).
- [Cline99]: M. Cline, G. Lomow e M. Girou. *C++ FAQs (2nd Edition)* (Addison-Wesley, 1999).
- [Dewhurst03]: S. Dewhurst. *C++ Gotchas* (Addison-Wesley, 2003).
- [Henricson97]: M. Henricson and E. Nyquist. *Industrial Strength C++* (Prentice Hall, 1997).
- [Koenig97]: A. Koenig e B. Moo. *Ruminations on C++* (Addison-Wesley, 1997).
- [Lakos96]: J. Lakos. *Large-Scale C++ Software Design* (Addison-Wesley, 1996).
-

- [Meyers96]: S. Meyers. More Effective C++ (Addison-Wesley, 1996).
-
- [Meyers97]: S. Meyers. Effective C++ (2nd Edition) (Addison-Wesley, 1997).
-
- [Meyers01]: S. Meyers. Effective STL (Addison-Wesley, 2001).
-
- [Meyers05]: S. Meyers. Effective C++ (3rd Edition) (Addison-Wesley, 2005).
-
- [Meyers15]: S. Meyers. Effective Modern C++ (O'Reilly, 2015).
-
- [Murray93]: R. Murray. C++ Strategies and Tactics (Addison-Wesley, 1993).
-
- [Stroustrup94]: B. Stroustrup. The Design and Evolution of C++ (Addison-Wesley, 1994).
-
- [Stroustrup00]: B. Stroustrup. The C++ Programming Language (Special 3rd Edition) (Addison-Wesley, 2000).
-
- [Stroustrup05]: B. Stroustrup. [A rationale for semantically enhanced library languages](#).
-
- [Stroustrup13]: B. Stroustrup. [The C++ Programming Language \(4th Edition\)](#). Addison Wesley 2013.
-
- [Stroustrup14]: B. Stroustrup. [A Tour of C++](#). Addison Wesley 2014.
-
- [Stroustrup15]: B. Stroustrup, Herb Sutter, and G. Dos Reis: [A brief introduction to C++'s model for type- and resource-safety](#).
-
- [SuttHysl04b]: H. Sutter and J. Hyslop. [Collecting Shared Objects](#) (C/C++ Users Journal, 22(8), August 2004).
-
- [SuttAlex05]: H. Sutter e A. Alexandrescu. C++ Coding Standards. Addison-Wesley 2005.
-
- [Sutter00]: H. Sutter. Exceptional C++ (Addison-Wesley, 2000).

- [Sutter02]: H. Sutter. More Exceptional C++ (Addison-Wesley, 2002).
- [Sutter04]: H. Sutter. Exceptional C++ Style (Addison-Wesley, 2004).
- [Taligent94]: Taligent's Guide to Designing Programs (Addison-Wesley, 1994).

Contribuire alle C++ Core Guidelines

«All'interno del C++ c'è un più piccolo, semplice e sicuro linguaggio, che lotta per uscire fuori». – Bjarne Stroustrup

Le C++ Core Guidelines costituiscono un lavoro di gruppo guidato da Bjarne Stroustrup, proprio come lo stesso linguaggio C++. Sono il risultato di molti anni-uomo di discussioni e progettazione con diverse organizzazioni. Per come sono progettate incoraggiano una generale applicabilità ed un'ampia adozione ma si possono liberamente copiare e modificare per soddisfare le esigenze della propria organizzazione.

I contributi alle C++ Core Guidelines vengono incoraggiati in diversi modi:

- **feedback individuale** Siete sviluppatori appassionati del vostro codice? Unitevi alla discussione in [Issues](#). Vogliamo sapere quali regole vi garbano e quali no. Ci sono regole eccessivamente difficili da applicare? Il fornitore del compilatore segue adeguatamente le Guidelines Support Library (p.es., [l'implementazione di Microsoft delle GSL](#))?
- **Adozione nelle organizzazioni** Sebbene le linee-guida siano progettate per essere largamente adottate, devono anche essere modificate per adattarsi alle esigenze specifiche dell'organizzazione. Incoraggiamo le organizzazioni a fare un fork di questo «repo» creando la propria copia di queste linee-guida con delle modifiche che ne riflettano le necessità. Si consiglia di esplicitare nel titolo che sono delle linee-guida proprie e che costituiscono un fork della propria organizzazione e di fornire un link al set originale delle [guidelines](#). E se una qualsiasi delle modifiche risultasse appropriata per essere inserite nelle linee-guida originali, aprite un [Issue](#) che porti ad una “pull request”.
- **Manutenzione delle Guidelines** Le C++ Core Guidelines sono state create da una vasta gamma di conoscenze diffuse in diverse organizzazioni in tutto il mondo. Se voi o la vostra organizzazione volete collaborare a creare le linee-guida, prendete in considerazione di diventare un redattore o un manutentore. Se siete degli esperti in C++ che vogliono davvero partecipare, mandate una mail a email_coreguidelines@isocpp.org.

Accordo di Licenza per i Collaboratori

Contribuendo al contenuto delle C++ Core Guidelines (p.es., inviando una “pull request” da inserire in questo repository) si accettano quelli che della [Standard C++ Foundation](#) sono i [Termini d’Uso](#), in special modo tutti i termini specificati in materia di Brevetti e Copyright.

- Voi garantite che il vostro materiale è originale o che avete il diritto di contribuire ad esso.
- Per quanto riguarda il materiale in proprio possesso, concedete una licenza mondiale, non-esclusiva, irrevocabile, trasferibile e esente da royalty per il materiale fornito alla Standard C++ Foundation per mostrare, riprodurre, eseguire, distribuire e creare opere derivate da esso per uso commerciale o non commerciale. Rispetto a qualsiasi altro materiale da voi fornito, questo deve essere coperto da una licenza sufficiente a consentire alla Standard C++ Foundation di mostrare, riprodurre, eseguire, distribuire e creare opere derivate da esso per uso commerciale o non commerciale.
- Accettate che, se il materiale viene successivamente riportato nello standard C++ ISO/IEC in qualsiasi forma, sarà soggetto a tutte le politiche ISO/IEC JTC 1 inclusi i [copyright](#), i [brevetti](#), e le [procedure](#); tutte le domande su tali politiche vanno rivolte alla ISO Central Secretariat.

Pull request

Accogliamo con favore le “pull request” per delle modifiche mirate alle linee-guida—correzione ai bug negli esempi, chiarimento di frasi ambigue, ecc. Le modifiche più significative devono prima essere discusse nelle [Issue](#) e il numero della Issue dev’essere incluso nella “pull request”. Per le modifiche relative alle linee-guida, specificare il numero della regola nell’Issue e/o nella Pull Request.

Le modifiche devono essere apportate in un commit child di un commit recente nel branch master. Se si apportano molte piccole modifiche, creare dei PR [Pull Request] separati per minimizzare problemi nel merge.

38.1 Linee-guida sullo Stile del Documento

I documenti in questo repository sono scritti in uno specifico dialetto del Markdown, che lascia delle ambiguità sulla formattazione del testo. Chiediamo che le [pull request] mantengano le seguenti linee-guida stilistiche, sebbene siamo consapevoli che il documento potrebbe già non essere coerente.

38.1.1 Indentazione

Il codice e il testo nidificato devono utilizzare multipli di 4 spazi di rientro e nessun carattere di tabulazione, in questo modo:

```
void func(const int x)
{
    std::cout << x << '\n';
}
```

38.1.2 Blocchi di Codice

Usare un'indentazione di 4 spazi per attivare il parsing del codice, anziché **blocchi di codice incorniciato** o qualsiasi altro stile, in questo modo:

This is some document text, with an example below:

```
void func()
{
    std::cout << "This is code.\n";
}
```

38.1.3 Decisioni sullo stile del documento

Abbiamo discusso e deciso su diversi stili del documento. Si prega di non aprire PR [Pull Request] che rivisitino questi punti stilistici:

- Il CppCoreGuidelines.md è un file unico nel dialetto GH del Markdown. Non è suddiviso in più capitoli.
- Nelle Core Guidelines non usiamo l'evidenziazione della sintassi. Cfr. PRs #33, #96, #328, and #779. Se si desidera evidenziare la sintassi, è possibile visualizzare la versione «pretty» su <http://isocpp.github.io/CppCoreGuidelines/CppCoreGuidelines> o eseguire un proprio post-processing.
- Restiamo fedeli al set di caratteri ASCII. Non usiamo i trattini-em di Unicode, gli spazi di Unicode, o belle virgolette. Molte persone modificano questo file con i loro vari editor di testo. L'ASCII è semplice e universale.

38.2 Aggiornamento del dizionario

Gli esempi di codice nelle linee-guida vengono eseguiti tramite un correttore ortografico. Assicurarsi di aggiungere i nomi delle nuove classi e variabili a [scripts/hunspell/isocpp.dic](#).

38.3 Miscellanea

Per evitare problemi di fine-riga, impostare `autocrlf = input whitespace = cr-at-eol` nella propria configurazione git.

39.1 Riportare una Vulnerabilità

Eventuali vulnerabilità devono essere comunicate a cppcg-editors@isocpp.org