

Imparare il C

una guida per Linux

Marco Latini - Paolo Lulli

12 luglio 2002

La presente pubblicazione è redatta con la maggior cura che si è resa possibile agli autori; ciò non toglie che possano essere presenti errori e sviste, per le quali ringraziamo anticipatamente quanti hanno provveduto o avranno la sensibilità di portarcene a conoscenza.

A tale scopo, incoraggiamo caldamente il lettore a farci pervenire ogni tipo di commento e correzione che ritenga utile farci. Riteniamo assai utile per la crescita dell'opera e l'utilità della sua diffusione.

Nel fare tale invito, riportiamo qui di seguito i nostri recapiti di posta elettronica, unitamente ad una precisazione che potrebbe risultare assai utile sia a voi, per trovare l'interlocutore ideale, sia a noi per correggere eventuali errori; ciascuno dei due autori ha curato specificamente dei capitoli piuttosto che altri; l'informazione su quali di questi capitoli abbia curato ciascuno, è accuratamente riportata in una tabella alla fine dell'opera, in modo tale che, ove riteniate necessario fare delle osservazioni, possiate ottenere con maggiore celerità lo scopo che vi prefiggete.

Per gli eventuali errori e/o sviste, che pure, nonostante la nostra dedizione, dovessero affliggere la presente pubblicazione, purtroppo non possiamo assumerci alcuna responsabilità, e non potrete ritenerci responsabili in nessun modo, ove esempi di codice qui suggeriti vi recassero un qualche genere di danno che tuttavia tendiamo ragionevolmente ad escludere.

Marco Latini

`la.marco@tiscalinet.it`

Paolo Lulli

`lulliz@tin.it`

copyright

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the Invariant Sections being just “Gli Autori” with the front-Cover Text being:

“ Imparare il C
un'introduzione per Linux
Marco Latini - Paolo Lulli ”

and anything before this section, following the title itself. There are no Back-Cover Texts. A copy in of the license is included in the Appendix entitled “GNU Free Documentation License” .

A tutte le persone che lottano per le proprie idee. Non siete soli.

Marco Latini

*A tutte le donne libere dalla schiavitù culturale degli uomini.
A tutti gli uomini liberi dall'arroganza del potere e delle armi.*

Paolo Lulli

Gli autori

Marco Latini

Studente di Ingegneria Informatica all'Università La Sapienza di Roma. Membro attivo del LUG Roma si è avvicinato alla programmazione da circa 4 anni cominciando, per questioni didattiche da lui indipendenti, col Pascal e col Fortran. Avvicinatosi successivamente al mondo del Free Software ha rivolto la sua attenzione verso linguaggi certamente più utilizzati quali C, C++, Java, PHP restando estremamente colpito dall'estrema efficienza del primo e dalla possibilità di intervenire praticamente ovunque in Linux tramite tale linguaggio. È coautore del LaTeX-PDF-HOWTO ed ha partecipato attivamente al LinuxDay curato, nella capitale, dal LUG Roma. Attualmente è impegnato nell'ampliamento e revisione della presente opera e nello studio Programmazione 3D tramite le librerie MESA, naturalmente in ambiente Linux.

la.marco@tiscalinet.it

Paolo Lulli

E' studente di Ingegneria Aerospaziale presso l'università di Roma La Sapienza. Ha prodotto e diffuso con licenza GNU/FDL della documentazione sul trasferimento di dati tra calcolatrici HP e sistemi Linux/Unix; si diletta ad automatizzare in Perl tutto quello che sarebbe troppo noioso fare a mano. Per studio, ha avuto modo di conoscere il Pascal, che non ha mai amato. Di qui, è nata la ricerca per un linguaggio che permettesse una libertà espressiva il più possibile ampia, della quale necessita, più in generale, ogni forma di comunicazione. *L'espressione è un bisogno fondamentale dell'uomo, e perchè non diventi appannaggio di una ristretta casta sacerdotale di specialisti aventi diritto, la tecnica propria dei canali di comunicazione deve essere di pubblico dominio; perchè non resti privilegio di pochi poter esprimere il proprio libero pensiero.*

lulliz@tin.it

Indice

I	Un primo approccio	1
1	Introduzione	3
1.1	Due parole sul <i>C</i>	3
1.2	Il necessario	3
1.2.1	Tutti gli strumenti	4
2	Iniziare	7
2.1	Il primo programma	7
2.1.1	I commenti	8
2.1.2	Gli include	8
2.1.3	il Main	9
2.1.4	<code>printf()</code> : una funzione	9
2.2	Il secondo programma	9
2.2.1	Le variabili e i loro tipi	10
2.2.2	I tipi scalari	11
2.2.3	Gli specificatori di formato	11
II	Le caratteristiche standard del linguaggio	15
3	Operatori e istruzioni di controllo	17
3.1	Gli operatori	17
3.1.1	Precisazioni sulle operazioni di logica booleana	19
3.2	L'operazione di casting	20
3.3	L'istruzione condizionale <code>if</code>	21
3.4	Un'alternativa scarna: gli operatori <code>?</code> <code>:</code>	22
3.5	Scelte multiple con <code>switch</code>	23
3.6	Il ciclo <code>while</code>	25
3.7	Il ciclo <code>do... while</code>	25
3.8	Il ciclo <code>for</code>	26
3.9	Il famigerato <code>goto</code>	28

4	Tipi di dati complessi	29
4.1	Array	29
4.1.1	Passare parametri al <code>main</code>	30
4.2	Strutture e unioni	31
4.3	Una utile estensione delle struct: I campi di bit	31
4.3.1	La keyword <code>typedef</code>	33
5	I puntatori	35
5.1	Alcune considerazioni	35
5.2	Dichiarazione di un puntatore	35
5.3	Operatori sui puntatori	35
6	Input e Output su file	39
7	Definizione ed uso delle funzioni	43
7.1	Funzioni definite dall'utente	43
7.2	I puntatori a funzione	45
7.3	Gli header standard ANSI e le funzioni di libreria	48
7.3.1	<code>assert.h</code>	48
7.3.2	<code>ctype.h</code>	48
7.3.3	<code>errno.h</code>	48
7.3.4	<code>float.h</code>	49
7.3.5	<code>limits.h</code>	49
7.3.6	<code>locale.h</code>	49
7.3.7	<code>math.h</code>	49
7.3.8	<code>setjmp.h</code>	50
7.3.9	<code>signal.h</code>	50
7.3.10	<code>stdarg.h</code>	50
7.3.11	<code>stddef.h</code>	50
7.3.12	<code>stdio.h</code>	50
7.3.13	<code>stdlib.h</code>	51
7.3.14	<code>string.h</code>	52
7.3.15	<code>time.h</code>	53
8	Compilazione separata	55
9	Allocazione dinamica della memoria	57
9.1	la funzione <code>malloc()</code>	57
9.2	Liste puntate	58

10 Lo standard c99	61
10.1 Introduzione	61
10.2 C89 VS C99	61
10.2.1 Aggiunte	61
10.2.2 Rimozioni	62
10.2.3 Modifiche	62
10.3 inline	63
10.4 restrict	63
10.5 il tipo _Bool	63
10.6 _Complex ed _Imaginary	64
10.7 Array di lunghezza variabile	64
10.8 Array flessibili come membri delle strutture	65
10.9 Aggiunte al preprocessore	65
10.9.1 Macro con argomenti in numero variabile	66
10.9.2 L'operatore _Pragma	66
10.9.3 Aggiunta di nuove macro	67
10.10I letterali composti	67
10.11Il tipo long long int	68
10.12Il commento //	68
10.13Dichiarazione di una variabile in un'istruzione for	68
10.14Amalgamare codice e dati	69
10.15Inizializzatori designati	69
10.16Usare i tipi long long int	69
10.17Identificatore di funzione __func__	70
10.18Altre modifiche ed aggiunte	70
10.18.1 Nuove librerie	70
10.18.2 Notevole incremento dei limiti di traduzione	70
 III Programmazione in ambiente Linux/Unix	 73
11 GDB	75
11.1 Errori sintattici ed errori logici	75
11.2 Una compilazione dedicata	76
11.3 GDB: avvio	77
11.3.1 Input ed Output del programma	78
11.4 Step by Step	78
11.4.1 Breakpoints	78
11.4.2 Watchpoints	81
11.4.3 Una volta bloccata l'esecuzione.	82
11.4.4 Andare avanti	83

11.5 Sessione d'esempio	85
11.5.1 Codice C	85
11.5.2 Sessione GDB	86
12 Uso avanzato del GDB	89
12.1 Modificare il valore delle variabili	89
12.2 Analisi dello Stack	89
12.2.1 Stack frames	90
12.2.2 Backtraces	90
12.2.3 Vagare per i frames :-D	91
12.2.4 Ricavare informazioni riguardanti il frame	91
12.3 Esami approfonditi del programma	92
12.4 Sessione d'esempio	92
12.4.1 Il Codice sorgente	92
12.4.2 Analisi dello stack e della memoria	93
12.5 GDB ancora più velocemente	96
12.6 conclusioni	97
13 In breve: utilizzo di <i>make</i>	99
13.1 makefile	99
14 Gestione elementare del colore	103
15 Errori	105
15.1 La variabile <code>errno</code>	105
15.2 Funzioni per la gestione degli errori	106
15.2.1 La funzione <code>strerror</code>	106
15.2.2 La funzione <code>perror</code>	106
15.2.3 La funzione <code>error</code>	107
16 Processi	109
16.1 Introduzione	109
16.2 Generazione e gestione di processi	109
16.2.1 La funzione <code>system()</code>	109
16.2.2 La funzione <code>fork()</code>	110
16.3 Impiego di pipe nei programmi	114
16.4 Le funzioni della classe <code>exec</code>	115
16.5 Code di messaggi	116
16.5.1 inoltrare e ricevere i messaggi	118
16.6 Memoria condivisa	119
16.7 Named pipe e FIFO	121

17 Segnali	123
17.1 Introduzione	123
17.2 Generazione dei segnali	124
17.2.1 La funzione <code>raise</code>	124
17.2.2 La funzione <code>kill</code>	124
17.3 Gestione dei segnali	125
17.3.1 La funzione <code>signal</code>	125
17.3.2 La funzione <code>sigaction</code>	127
17.4 Un pò di codice	129
17.4.1 Uso di <code>signal()</code>	129
17.5 Bloccare i Segnali	130
17.6 Funzioni relative al blocco dei segnali	131
17.6.1 La funzione <code>sigemptyset</code>	131
17.6.2 La funzione <code>sigfillset</code>	131
17.6.3 La funzione <code>sigaddset</code>	132
17.6.4 La funzione <code>sigdelset</code>	132
17.6.5 La funzione <code>sigismember</code>	132
17.6.6 La funzione <code>sigprocmask</code>	132
17.6.7 La funzione <code>sigpending</code>	133
17.7 Aspetti importanti: accesso atomico ai dati.	134
17.8 Attesa di un Segnale	134
17.8.1 La funzione <code>sigsuspend</code>	134
 18 Threads	 135
18.1 Introduzione	135
18.2 Caratteristiche dei threads	135
18.3 Threads VS Processi	136
18.4 Funzioni per la programmazione Multithreading	137
18.4.1 La funzione <code>pthread_create</code>	137
18.4.2 La funzione <code>pthread_exit</code>	138
18.4.3 La funzione <code>pthread_join</code>	138
18.4.4 La funzione <code>pthread_cancel</code>	139
18.5 Un pò di codice	139
18.6 Comunicazione e prime problematiche	140
18.6.1 Meccanismi di mutua esclusione (Mutex)	142
18.7 Funzioni per la programmazione Multithreading	142
18.7.1 La funzione <code>pthread_mutex_init</code>	142
18.7.2 La funzione <code>int pthread_mutex_lock</code>	143
18.7.3 La funzione <code>int pthread_mutex_trylock</code>	144
18.7.4 La funzione <code>pthread_mutex_timedlock</code>	144
18.7.5 La funzione <code>pthread_mutex_unlock</code>	145

18.7.6	La funzione <code>pthread_mutex_destroy</code>	145
18.8	Un pò di codice	145
18.8.1	Il problema...	147
18.8.2	...La soluzione	148
18.9	Condizioni	149
18.9.1	La funzione <code>pthread_cond_init</code>	149
18.9.2	La funzione <code>pthread_cond_signal</code>	150
18.9.3	La funzione <code>pthread_cond_broadcast</code>	150
18.9.4	La funzione <code>pthread_cond_wait</code>	150
18.9.5	La funzione <code>pthread_cond_timedwait</code>	151
18.9.6	La funzione <code>pthread_cond_destroy</code>	151
18.10	Un pò di codice	152
18.11	Semafori	154
18.11.1	La funzione <code>sem_init</code>	154
18.11.2	La funzione <code>sem_wait</code>	155
18.11.3	La funzione <code>int sem_trywait</code>	155
18.11.4	La funzione <code>int sem_post</code>	156
18.11.5	La funzione <code>int sem_getvalue</code>	156
18.11.6	La funzione <code>int sem_destroy</code>	156
19	Socket	157
19.1	Premessa	157
19.2	introduzione	157
19.3	Client e Server	157
19.4	Mica posso fare tutto io...	158
19.5	Chiamate per la programmazione di socket	158
19.5.1	La chiamata <code>socket</code>	158
19.5.2	La chiamata <code>bind</code>	160
19.5.3	La chiamata <code>listen</code>	160
19.5.4	La chiamata <code>accept</code>	161
19.5.5	La chiamata <code>connect</code>	161
19.5.6	La chiamata <code>send</code>	162
19.5.7	La chiamata <code>recv</code>	163
19.6	Bytes ed Indirizzi	164
19.7	Strutture importanti.	165
19.7.1	<code>struct in_addr</code>	165
19.7.2	<code>sockaddr_in</code>	165
19.7.3	<code>struct sockaddr</code>	166
19.8	Un pò di codice	166
19.8.1	Server iterativo	166
19.8.2	Client d'esempio	168

19.9 Server concorrente	169
19.9.1 il codice	170
20 Socket Raw	173
20.1 Introduzione	173
20.2 Internet Protocol(IP)	173
20.2.1 Struttura del pacchetto IP	173
20.2.2 Vediamolo meglio	175
20.3 Trasfer Control Protocol (TCP)	178
20.3.1 Struttura del TCP	178
20.3.2 Vediamolo meglio	179
20.4 User Datagram Protocol (UDP)	181
21 Risorse di sistema	183
21.1 Introduzione	183
21.2 La struttura <code>rusage</code>	183
21.3 Reperire le informazioni	185
21.3.1 La funzione <code>getrusage</code>	185
21.4 Limitare l'accesso	186
21.4.1 Limiti	186
21.4.2 Strutture importanti	186
21.5 Funzioni per la gestione delle risorse	187
21.5.1 La funzione <code>getrlimit</code>	187
21.5.2 La funzione <code>setrlimit</code>	187
21.6 Elenco risorse	187
21.7 CPU	188
21.7.1 La funzione <code>get_nprocs_conf</code>	189
21.7.2 La funzione <code>get_nprocs_conf</code>	189
21.7.3 La funzione <code>getloadavg</code>	189
21.8 Scheduling	189
21.8.1 Priorità di un processo	190
21.9 Policy di scheduling	191
21.9.1 Real time	191
21.9.2 Scheduling tradizionale	191
21.10 Funzioni per lo scheduling Real Time	192
21.10.1 La funzione <code>sched_setscheduler</code>	192
21.10.2 La funzione <code>sched_getscheduler</code>	193
21.10.3 La funzione <code>sched_setparam</code>	193
21.10.4 La funzione <code>sched_getparam</code>	193
21.10.5 La funzione <code>int sched_rr_get_interval</code>	194
21.10.6 La funzione <code>sched_yield</code>	194

21.11	Funzioni per lo scheduling tradizionale	194
21.11.1	La funzione <code>getpriority</code>	195
21.11.2	La funzione <code>setpriority</code>	195
22	Memoria	197
22.1	Introduzione	197
22.2	Memoria virtuale	197
22.3	Allocazione della memoria	199
22.4	Allocazione dinamica	200
22.5	Funzioni per l'allocazione dinamica	201
22.5.1	La funzione <code>malloc</code>	201
22.5.2	La funzione <code>calloc</code>	201
22.5.3	La funzione <code>realloc</code>	201
22.5.4	La funzione <code>free</code>	202
22.6	Locking della memoria	202
22.7	Funzioni per il Locking della memoria.	203
22.7.1	La funzione <code>mlock</code>	203
22.7.2	La funzione <code>mlockall</code>	203
22.7.3	La funzione <code>munlock</code>	204
22.7.4	La funzione <code>munlockall</code>	204
23	Ncurses	205
23.1	Introduzione	205
23.2	Cominciare	206
24	GTK minimalia	207
IV	Appendici	211
A	Attributi dei Threads	213
A.1	Gestione degli attributi	213
A.1.1	La funzione <code>pthread_attr_init</code>	213
A.1.2	La funzione <code>pthread_attr_destroy</code>	214
A.1.3	La funzione <code>pthread_attr_setATTR</code>	214
A.1.4	La funzione <code>pthread_attr_getATTR</code>	214
A.2	Attributi più importanti	214
B	Tipi di Segnale	217
B.1	Segnali di errore	217
B.2	Segnali di terminazione	218
B.3	Segnali di allarme	219

B.4	Segnali asincroni	219
B.5	Segnali per il controllo dei processi	220
B.6	Errori generati da operazioni	220
B.7	Vari	221
C	Stile di programmazione	223
C.1	Introduzione	223
C.2	Linux kernel coding style	224
C.3	Indentation	224
C.4	Placing Brace	225
C.5	Naming	226
C.6	Functions	227
C.7	Commenting	227
C.8	Data Structures	228
D	Tipi da Linux	229
D.1	types.h	229
D.2	Il rovescio della medaglia	230
E	Divertirsi con il codice: gli algoritmi storici della crittografia	231
E.1	L'algoritmo di Cesare	231
E.2	L'algoritmo di Vigenère	235
E.3	Il grosso guaio delle sostituzioni monoalfabetiche	244
E.3.1	Osservazioni di carattere generale	248
V	Copyright	249
F	GNU Free Documentation License	251
G	History	267
H	Ringraziamenti	269
I	TODO	271

Parte I

Un primo approccio

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Due parole sul *C*

Il presente documento è redatto con il proposito di mostrare come il *C* ANSI si presti ad essere adoperato come linguaggio didattico, nè più, nè meno del *Pascal*. Benchè questo sia effettivamente più sicuro per certi aspetti, tra i vantaggi del *C* risiede evidentemente la sua assoluta portabilità ma, anche e soprattutto, l' elevato livello di integrazione tra Unix ed il linguaggio; cosa che costituisce un notevole motivo di interesse, dal momento che, con l'avvento di *Linux*, tutti possono disporre di un completo sistema Unix-like a costo pressochè nullo. Con ogni probabilità, è più difficile mantenere programmi di grandi dimensioni in *C* che non in *C++*; tuttavia, a livello di comprensione di quello che accade, il *C* procedurale risulta obiettivamente più vicino alla macchina; quindi, a nostro parere i assume un'importanza grandissima per scopi didattici, oltre ad essere il progenitore nobile di altri linguaggi che a questo si richiamano esplicitamente per tutto il set delle istruzioni di controllo.

1.2 Il necessario

Malgrado le innumerevoli, non menzionabili ed infamanti guerre di religione tra i sostenitori di ciascuno dei vari editor di testo di spicco quali vi, emacs, jed e quanti altri... Ciò che intendiamo fare in questa sede, é limitarci ad indicare la strada più agevole per il neofita, acciocché sia in grado di poter iniziare a programmare e possa disporre agevolmente, e nel minor tempo possibile, degli strumenti che l'ambiente mette a disposizione per lo svolgimento dei compiti essenziali. Premettiamo quindi che ometteremo, almeno in questa prima release, di trattare l'utilizzo di emacs o altri pur validissimi editor

di testo, tuttavia segnalando un insieme minimo di comandi di *vi* necessario per editare e salvare i files sorgenti. Non si esclude, peraltro, che in base alle proprie necessità, l'utente possa poi decidere di adoperare strumenti più sofisticati, ambienti grafici e quant'altro semplicemente si confaccia ai suoi personali gusti ed abitudini di vita.

1.2.1 Tutti gli strumenti

Segue una veloce rassegna degli strumenti utili per lo sviluppo. Per una trattazione in profondità degli aspetti relativi al debugging e quant'altro, si rimanda senz'altro al seguito del documento.

Gcc

Gcc é il compilatore. Per adoperarlo, basta passargli come input, dalla riga di comando, un opportuno sorgente C, nella seguente maniera:

```
$ cc prova.c
```

Supponendo che `prova.c` sia il nostro sorgente, l'istruzione sopra genererà l'eseguibile `a.out`. Se si vuole dare un nome specifico al programma compilato, lo si può fare usando l'opzione `-o`

```
$ cc prova.c -o prova
```

Questa istruzione produce come risultato l'eseguibile `prova`

Ci sono poi altre opzioni interessanti, come per esempio l'opzione `-S`, che produce un file corrispondente al sorgente, ma con estensione `*.s`, contenente il codice assembly; oppure, l'opzione `-lnomedilibreria` per linkare delle librerie, ad esempio: `-lm` necessaria se si vuole collegare la libreria matematica; ma, se volete conoscerle tutte, il nostro consiglio é: `man gcc`. Per eseguire il programma così compilato, basta digitare, sulla riga di comando:

```
./prova
```

Vi

E' l'editor di testo che consigliamo per iniziare per alcuni motivi in particolare:

- Ha pochi facili comandi di base necessari per editare i sorgenti e salvarli

- Ha la possibilità di sfruttare gli highlight. Ovvero, per i comuni mortali: sintassi colorata.
- Offre la possibilità di lanciare comandi di shell senza uscire dall'editor

Per aprire un file in scrittura:

```
$ vi miofile.c
```

Vi dispone di tre modalità:

1. Modalità comandi.
2. Modalità due punti.
3. Modalità inserimento.

Quando si entra in Vi, si é in modalità comando. Per entrare in modalità inserimento, bisogna digitare **i**

e quindi inserire il testo desiderato. Si può, in alternativa, digitare **a** ed inserire, quindi, il testo in modalità append.

Per salvare il testo digitato, bisogna premere il tasto ESC, in modo tale da uscire dalla modalità inserimento, digitare, appunto :

per entrare in modalità due punti.

Di qui, si digita **w**

per salvare, oppure: **w** nomefile.c

per dare un nome al file che si sta scrivendo, Invece, per attivare gli highlight, da modalità due punti, basta digitare il comando: **syntax on** quindi, per uscire dall'editor: **q** e **qa**

Per uscire, eventualmente, senza salvare nulla. Per lanciare comandi di shell, basta digitarli, in modalità due punti, facendoli precedere da un punto esclamativo. Esempio pratico:

```
: !cc mioprogram.c -o prog
```

Inoltre, ove si sia predisposto un opportuno makefile, si può compilare il sorgente che si sta editando facendo, semplicemente:

```
:mak
```

oppure:

```
:make
```

Comando che provvede a chiamare il programma predefinito per la gestione della compilazione. In questo caso (nella maggior parte dei sistemi) **make**.

Make

Make é uno strumento che si dimostra assai utile quando si hanno programmi distribuiti su più sorgenti e si dovrebbero impartire comandi numerosi e opzioni diverse. Ce ne occuperemo al momento di trattare la costruzione di eseguibili a partire da files separati.

Gdb

Il debugger; per utilizzarlo, bisogna compilare i sorgenti con l'opzione `-g` che dice al compilatore di generare le informazioni necessarie ad un eventuale programma di debug. Si rimanda alla sezione specifica per approfondimenti sull'argomento.

Capitolo 2

Iniziare

2.1 Il primo programma

Per prepararsi ad eseguire il primo programma... bisogna disporsi ad editarne il sorgente; questo, ove sia necessario precisarlo, può essere fatto con un qualsiasi editor di testo semplice, non contenente formattazione. Se si volesse un caso perverso, onde acquisire bene il concetto di testo semplice, è sufficiente aprire un documento *.doc con l'editor vi.. rendendosi conto, oltre delle informazioni che possono esservi nascoste, dell'assurda ridondanza di markup non necessario.

Bene, quando si editano dei sorgenti, il testo deve essere davvero testo semplice. Osservato questo, qualsiasi strumento è buono per iniziare.

Un'altra precisazione necessaria:

in tutto il documento si è usata la convenzione di numerare le righe dei sorgenti posti all'attenzione del lettore. Questo per semplificare il commento del codice dove sarebbe più difficile farlo senza riferimenti. Tuttavia, questa è puramente una nostra convenzione tipografica; nel codice da compilare, tali cifre non vanno assolutamente riportate. Questo, a differenza di altri linguaggi, se qualcuno ricorda un simile uso, come nel BASIC, dove le righe di codice andavano effettivamente numerate.

Tenute in debito conto tali osservazioni, segue il primo codice che si può provare a compilare, per verificare che si sia ben compreso il corretto funzionamento dell'ambiente:

```
1
2
3  /* primo.c    -- programma d'esempio  --  */
4
5
```

```
6  #include<stdio.h>
7
8  int main()
9  {
10     printf("\t Addio, mondo M$ \n");
11
12 }    /*   fine main   */
```

2.1.1 I commenti

Tutto ciò che compare tra

```
    \*
e
    *\
```

viene ignorato in fase di compilazione; quindi, si adoperano i commenti per rendere più comprensibile il codice a chi si trova a leggerlo; non necessariamente sono utili solo a persone diverse da chi scrive il codice; anzi, spesso sono utili al programmatore stesso per tracciare l'ordine di idee che sta seguendo nello svolgere la trama del programma.

2.1.2 Gli include

La seguente direttiva:

```
#include<stdio.h>
```

serve per indicare al preprocessore l'utilizzo di *funzioni* il cui prototipo è definito nell'opportuno include file. `stdio.h` contiene infatti la definizione della funzione `printf()`, utilizzata nel sorgente; il preprocessore controlla che la chiamata a tale funzione effettuata nel programma corrisponda al *prototipo* definito nel file include. E' da notare che `stdio.h` contiene i prototipi di tutte le funzioni di base per l'input/output del C standard.

L'utente può creare dei propri file include, contenenti definizioni di funzioni definite da quest'ultimo; in questo caso, gli include avranno l'aspetto seguente:

```
#include "\home\casamia\miadir\miohd.h"
```

In cui il nome del file va tra virgolette. Tuttavia l'intero discorso apparirà più chiaro nel prosieguo della trattazione, laddove verrà trattato nella pratica l'impiego delle funzioni.

2.1.3 il Main

Ogni programma deve contenere la funzione

```
int main()
{

/*    Il codice va qui    */

}
```

si dichiara `int` perchè possa ritornare al sistema operativo un valore intero, al fine di operare controlli sulla riuscita di un programma. Ogni programma C e, a maggior ragione, in ambiente Unix/Linux, ha associati tre files aperti:

- `stdin` lo standard input
- `stdout` lo standard output
- `stderr` lo standard error

sui quali scrivere messaggi, o dai quali attingere dati.

2.1.4 `printf()`: una funzione

Tutto ciò che si trova tra virgolette come argomento della *funzione* `printf()` viene stampato sullo standard output.

2.2 Il secondo programma

Vediamo il codice che segue:

```
1  #include<stdio.h>
2  #include<math.h>
3
4  int main()
5  {
6      float a,b;
```



```
7    printf("\t Inserisci a \n");
8    scanf("%f", &a);
9    b = sin(a);
10   printf("\t Il seno di %f vale, %f \n", a, b);
11
12 }    /* fine main */
```

Il codice sopra compila con la seguente riga di comando:

```
seno.c -o seno -lm
```

Si notano, anzitutto, alcune cose:

- Compaiono due nuove funzioni:

`scanf()`

per la lettura da `stdin` , e

`sin()`

contenuto nella libreria matematica. La stringa

`scanf("%f", &a);`

dice al programma di leggere in input un valore di tipo float

`"%f"`

e memorizzarlo nello spazio di memoria riservato alla variabile `a`.

- La presenza, appunto, di variabili.

2.2.1 Le variabili e i loro tipi

Dunque, per poter memorizzare un valore numerico (o un altro qualsiasi oggetto che necessiti di memoria) , è necessario, preventivamente, *dichiarare* una variabile. Dunque, ci sono ben *tre* modi differenti per dichiarare una variabile, ovvero, punti differenti del programma in cui definirne il tipo:

1. Fuori del main (variabili globali)
2. Nel corpo di funzioni (variabili locali)
3. Come argomento di funzioni;

2.2.2 I tipi scalari

I tipi ammessi in C ANSI sono:

char	singolo carattere ASCII
signed char	carattere ASCII
unsigned char	carattere
short	tipo short
signed short	short con segno
short int	intero short
signed short int	intero short con segno
unsigned short	short senza segno
unsigned short int	intero short senza segno
int	intero
signed	tipo 'signed'
signed int	Intero con segno
unsigned int	Intero senza segno
unsigned long	Long senza segno
signed long	Long con segno
long int	intero 'long'
signed long int	long int con segno
unsigned long	long senza segno
unsigned long int	long int senza segno
float	valore in virgola mobile
double	in precisione doppia
long double	non plus ultra
bool	tipo booleano

2.2.3 Gli specificatori di formato

Segue la lista completa:

```
%c Un singolo carattere 'unsigned'
%d Numero decimale con segno
%i Numero decimale con segno
%e Variabile floating point (esponente)
%E Variabile floating point (esponente)
%f Variabile floating point
%F Variabile floating po%nt
%g Lascia scegliere il sistema tra
%e e
%f
```

%G Lascia scegliere il sistema tra
%E e
%F
%hd Signed short integer
%hi Signed short integer
%ho Un unsigned short integer (ottale)
%hn Argomento short
%hu Unsigned short integer
%hx Unsigned short integer (hesadecimale lower case)
%hX Unsigned short integer (hexadecimale upper case)
%ld Signed long integer
%le Double precision variable (exponent)
%lf Variabile in doppia precisione
%lg Lascia scegliere il sistema tra
%le e
%lf
%li Signed long integer
%ln Argomento long
%lo Unsigned long integer (ottale)
%lu Unsigned long integer
%lx Unsigned long integer (hesadecimale lower case)
%lX Unsigned long integer (hesadecimale lower case)
%LE Variabile in precisione doppia (esponente)
%Le Variabile long double (esponente)
%LE Variabile long double (esponente)
%lF Variabile in precisione doppia
%Lf Variabile in precisione doppia
%LF Precisione long double
%Lg Lascia scegliere il sistema tra
%Le e
%Lf
%lG Lascia scegliere il sistema tra
%lE e
%lF
%LG Lascia scegliere il sistema tra
%LE e
%LF
%n Il numero di caratteri stampati dalla printf()
%p Un puntatore generico (e il suo indirizzo)
%o Unsigned integer (ottale)
%s Puntatore ad una stringa di caratteri

%u Intero decimale senza segno
%x Esadecimale senza segno (lower case)
%X Esadecimale senza segno (upper case)
%% Il carattere %
#e Il punto decimale appare anche se non necessario
#f Il punto decimale appare anche se non necessario
#g Il punto decimale appare anche se non necessario
#x Esadecimale con prefisso ox

Un'altra semplice ed utile dimostrazione dell'utilizzo di specificatori di formato potrebbe essere la seguente:

```
1  # include <stdio.h>
2  int main()
3  {
4      int valore, scelta;
5      for(;;){
6          printf("\n\t0 per uscire \n");
7          printf("\t1 Converte decimale/esadecimale \n");
8          printf("\t2 Converte esadecimale/decimale \n");
9          scanf("%d",&scelta);
10
11         if (scelta == 0) break;
12
13         if (scelta == 1)  {
14             printf("\tInserisci un numero in base 10\n");
15             scanf("%d",&valore);
16             printf("\tIn esadecimale: \n");
17             printf("\t%x\n",valore);
18         }
19
20         if (scelta == 2){
21             printf("\tInserisci un numero in base 16\n");
22             scanf("%x",&valore);
23             printf("\tIn base 10:\n");
24             printf("\t%d\n",valore);
25         }
26
27     }/*      for      */
28
29 }
```

Dove, per la spiegazione della sintassi del ciclo `if()`, peraltro intuitiva, si rimanda al seguito.

Parte II

Le caratteristiche standard del linguaggio

Capitolo 3

Operatori e istruzioni di controllo

3.1 Gli operatori

La lista completa degli operatori del *C* è la seguente:

=	Assegnamento
!	NOT logico
++	Incremento
--	Decremento
*/%	Operatori moltiplicativi(moltiplicazione, divisione,module)
+-	Operatori additivi
<<>>	Operatori di Shift (A destra e sinistra)
<><=>=	Operatori per le disequaglianze
==!=	Uguaglianza e disuguaglianza

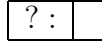
Operatori bitwise

&	AND su BIT
^	XOR su BIT
	OR su BIT
~	Complemento ad uno

Operatori logici

&&	AND logico
	OR logico

Operatori condizionali



Sono da notare, in particolare, gli operatori `++` e `--` che permettono di incrementare il valore di una variabile basandosi sull'opportuna istruzione di incremento del proprio processore; in altre parole, giacchè praticamente tutti i processori esistenti definiscono, a livello di linguaggio macchina, un'operazione di incremento; operando nella maniera seguente:

```
int a = 5;
```

```
a++; /* 'a' vale adesso 6 */
```

si ottiene codice sicuramente più snello che non il seguente:

```
int a = 5;
```

```
a = a + 1; /* 'a' vale adesso 6 */
```

Tutto ciò conta, fatte salve eventuali opportune ottimizzazioni, che vengono demandate al particolare compilatore; e che, grazie a queste ottimizzazioni, il compilatore potrebbe comunque produrre il medesimo risultato. Rimane peraltro buona norma adoperare le istruzioni unarie di incremento che risultano, in più, di facile lettura e veloce utilizzo.

Analoghe considerazioni valgono per l'operatore `--`.

Sono inoltre da rimarcare la differenza tra gli operatori

`&&`

e

`&`

validi, il primo come AND logico, l'altro come operatore su bit. Ugualmente dicasi per `||` e `|`.

Sono inoltre assolutamente da non confondere l'operatore di *assegnamento* `=` con l'operatore di uguaglianza `==`.

In più si può usare, per certe espressioni, una notazione abbreviata; anziché scrivere:

```
a = a + 7;
```

si usa correntemente:

```
a += 7;
```

che agisce allo stesso modo, e evitando di inserire così una seconda volta la variabile **a**.

Tale sintassi é adoperabile con tutti gli operatori *duali*, ovvero che agiscono su di una coppia di argomenti.

3.1.1 Precisazioni sulle operazioni di logica booleana

Quella che segue è la tabella di verità dell'OR esclusivo (altrimenti noto come XOR):

A	operatore	B	Risultato
1	\wedge	1	0
1	\wedge	0	1
0	\wedge	1	1
0	\wedge	0	0

L'operatore di XOR è, come si è osservato sopra, il seguente: \wedge E' un operatore binario, quindi agisce sui singoli bit.

Quanto dice la tabella sopra, sta a significare: l'operazione restituisce valore vero (uno) Se e solo se uno dei due operandi è vero. La differenza dall' OR semplice è in quel se e solo se.

Segue tabella dell'OR 'classico' :

A	operatore	B	Risultato
1		1	1
1		0	1
0		1	1
0		0	0

Una curiosa proprietà dello XOR consiste nel fatto che, se questo viene ripetuto due volte sulle stesse variabili, si torna esattamente al valore di partenza.

Un esempio pratico: operando sulle singole cifre binarie incolonnate:

	A	=	00110101
	B	=	10101100
C =	A xor B	=	10011001
	C xor B	=	00110101

$C \text{ xor } B$ equivale a $(A \text{ xor } B) \text{ xor } B$. Ovvero, $A \text{ xor } B$ due volte, torna esattamente lo stesso valore di A .

Per l'AND, la tabella va letta in analogia a quanto segue: *(proposizione vera) E (proposizione falsa) = proposizione falsa*

Tabella di verità dell'operatore AND

A	operatore	B	Risultato
1	&	1	1
1	&	0	0
0	&	1	0
0	&	0	0

Per il NOT su bit, si ha invece:

(vero) diverso da (vero) == falso
(vero) diverso da (falso) == vero
...etc.

Ovvero:

A	operatore	B	Risultato
1	!	1	0
1	!	0	1
0	!	1	1
0	!	0	0

3.2 L'operazione di casting

Il cast, altra interessante caratteristica del *C*, consiste nella possibilità di costringere una espressione a ritornare un risultato di un dato tipo piuttosto che di un altro. Volendo fare direttamente un esempio pratico, il codice seguente:

```

1 #include<stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5     int intero = 3;
6
7     /* Tra parentesi c'è il tipo che si sta "forzando" */
8 
```

```
9  printf("\t%f\n", (float)intero/2 );
10
11 }
```

Genera in output :

1

Invece, se lo si corregge nella seguente maniera:

```
1  #include<stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      int intero = 3;
6
7      /* Tra parentesi c'è il tipo che si sta "forzando" */
8
9      printf("\t%d\n", intero/2 );
10 }
```

Così che l'output risultante sarà:

1.500000

3.3 L'istruzione condizionale if

L'espressione `if()` costituisce un modo semplice per controllare il flusso del programma; il suo schema di esecuzione è del tipo:

```
if ( <condizione>) /* se condizione restituisce valore "vero" */
{
    ...
    ...
    <blocco di istruzioni>
}
else {

/* blocco di istruzioni eseguite
se la condizione sopra vale "falso" */

}
```

Dopo la condizione di ingresso nel blocco istruzioni, se l'istruzione da eseguire è una sola (allo stesso modo dopo l'else), le parentesi graffe si possono omettere. Inoltre il ramo `else` del ciclo è opzionale e può quindi essere assente.

Un programma d'esempio

```
1 #include<stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5     float a;
6     printf("\t Inserisci a \n");
7     scanf("%f", &a);
8     if ( a > 5) {
9         printf("\t a è maggiore di 5 \n");
10        printf("\a");
11    }
12    else printf("\t a *non* è maggiore di 5\n");
13 }
```

3.4 Un'alternativa scarna: gli operatori `?` e `:`

Il precedente programma, che faceva uso dell'istruzione condizionale `if()` può essere riscritto facendo uso degli operatori `?` e `:`, nella seguente maniera:

```
1 #include<stdio.h>
```

```
2 int main()
3 {
4     float a;
5     printf("\t Inserisci a \n");
6     scanf("%f", &a);
7     a > 5 ? printf("\t a e maggiore di 5 \n") : printf("\t
8     a *non* e maggiore di 5\n");
9
10 }
11
```

3.5 Scelte multiple con switch

Quando si ha bisogno di verificare che una variabile assuma un valore in una lista di opzioni possibili, si può evitare di scrivere degli `if` successivi, adoperando, appunto, il costrutto

`switch()`

Quest'ultimo segue il seguente schema:

```
switch(<variabile>)
{
case <valore 1> :
break;
/* blocco di istruzioni */

case <valore 2> :
break;
/* blocco di istruzioni */

case <valore 3> :
break;
/* blocco di istruzioni */

.
.
.
case <valore n> :
break;
```

```
/* blocco di istruzioni */

default:
/* blocco di istruzioni */

}/*    fine blocco switch()          */
```

Dove **default**: è seguito dalle istruzioni da eseguire laddove nessuno dei casi sopra si verifichi.

Importante: notare che, se si omette l'istruzione **break**; ad esempio, nel blocco 2, il programma *non* salta direttamente alla fine del blocco **switch**, bensì esegue il blocco di istruzioni 3. Questo a differenza di costrutti analoghi in altri linguaggi, come il **CASE...OF** del *Pascal*.

Segue un semplice esempio di programma a scopo puramente dimostrativo:

```
1 #include<stdio.h>
2 int main()
3 {
4     int a;
5     printf("\tInserisci un intero da 1 a 6\n");
6     scanf("%d",&a);
7
8     switch(a){
9     case 1 :
10         printf("\tHai inserito uno\n");
11         break;
12     case 2:
13         printf("\tHai inserito due\n");
14         break;
15     case 3:
16         printf("\tHai inserito tre\n");
17         break;
18     case 4:
19         printf("\tHai inserito quattro\n");
20         break;
21     case 5:
22         printf("\tHai inserito cinque\n");
23         break;
24     case 6:
```

```
25     printf("\t Hai inserito sei\n");
26     break;
27
28     default: break;
29 }/* fine switch() */
30
31
32 }/*  main  */
33
```

3.6 Il ciclo `while`

Assume la forma:

```
while(<condizione>) {

/* blocco di istruzioni */

}
```

Le istruzioni nel corpo del ciclo vengono eseguite fin tanto che la condizione di ingresso non assume un valore **falso**. Segue l'esempio di rito.

```
1 #include<stdio.h>
2 int main()
3 {
4     float miavar =0;
5
6     while( miavar < 10 ) {
7         printf("\t %f \n", miavar );
8         miavar += 0.5;
9     }
10
11 }
```

3.7 Il ciclo `do... while`

Quest'ultimo tipo di ciclo differisce dall'altro `while` in quanto implica una condizione non necessariamente vera per l'ingresso nel ciclo, che viene quindi

eseguito almeno una volta, comunque. Volendo fare un parallelo con il linguaggio *Pascal*, mentre il ciclo `while` del C corrisponde al `WHILE` del *Pascal*, il `do...while` corrisponde all'istruzione `REPEAT...UNTIL` di quest'ultimo. Ad ogni modo, lo schema è il seguente:

```
do{

/* blocco di istruzioni */

}

while(<condizione-di-ciclo>)
```

Il codice seguente:

```
1 #include<stdio.h>
2 int main()
3 {
4     float miavar = 0;
5     do{
6         printf("\t Entro  nel ciclo e miavar vale:  %f \n", miavar );
7         miavar++;
8     }
9     while ( miavar > 100 );
10 }
```

Produce come output:

```
Entro  nel ciclo e miavar vale:  0.000000
```

3.8 Il ciclo for

L'implementazione del ciclo `for` in *C* è, probabilmente, di gran lunga la più versatile rispetto a cicli analoghi in altri linguaggi di programmazione; fatti salvi, naturalmente, tutti quei linguaggi che ereditano, pressochè senza modifiche, le istruzioni di controllo proprie del *C*. Sto pensando, ad esempio, a *C++*, *Java*, *Perl*, etc... Tale costrutto è molto simile a quello del **FORTRAN**, quindi assai agevole per fare delle manipolazioni numeriche, tuttavia con la possibilità di essere gestito in maniera assai più libera dal programmatore, che può decidere di farne un uso del tutto originale.

Lo schema del ciclo è il seguente:

```
for(<inizializzazione>;<condizione>;<incremento>) {  
  
/* Corpo del ciclo */  
}
```

Dove

<inizializzazione>, <condizione>, <incremento>)

possono essere utilizzate come segue:

```
1 #include<stdio.h>  
2  
3 int main()  
4 {  
5     int miavar;  
6     for(miavar = 0; miavar <= 15; miavar++ ){  
7         printf("\t %d \n", miavar);  
8     }  
9 }
```

Oppure possono essere del tutto omesse, in quanto del tutto opzionali. L'esempio successivo chiarisce uno tra i possibili usi dandy del ciclo for() che, si fa notare, sono frequenti, per le possibilità offerte, almeno tanto quanto quelli classici in stile *Pascal*.

```
1 #include<stdio.h>  
2  
3 int main()  
4 {  
5     int scelta;  
6     for(;;) {  
7         printf("\t 0 \t per uscire \n");  
8         scanf("%d" ,&scelta);  
9         if (scelta == 0) break;  
10        else {  
11            printf("\t Non hai scelto di uscire\n");  
12        }  
13  
14    }  
15  
16 }
```

Lo stesso blocco di istruzioni é opzionale; così é possibile vedere esempi di codice come il seguente, che implementa un ciclo di ritardo:

```
1 #include<stdio.h>
2
3 int main()
4 {
5     int tempo;
6     for(tempo = 0; tempo < 100000000; tempo++);
7 }/*  main  */
```

3.9 Il famigerato goto

In *C* è ammessa la famigerata istruzione `goto`, ben nota a chi ha esperienza di programmazione in *Basic* o *FORTRAN*. Lo schema è il seguente:

```
goto etichetta;
```

```
etichetta:    /* istruzioni */
```

Questo tipo di controllo del flusso di esecuzione del programma è caldamente scoraggiato, in quanto rende assai difficile la lettura del codice, oltre a renderlo fortemente dipendente dalle andate a capo. Tuttavia questa istruzione può in alcuni rari casi tornare utile in presenza di codice generato con strumenti automatici.

Capitolo 4

Tipi di dati complessi

Per tipi di dati complessi si intendono tutti quei tipi di dato che possono ottenersi a partire da tipi di base riorganizzati secondo un qualche criterio.

4.1 Array

Il tipo array è la concretizzazione del concetto di vettore; un vettore è un oggetto di una determinata dimensione N ed è costituito da N elementi dello stesso tipo, accessibili facilmente tramite un indice o, in alternativa, tramite l'aritmetica dei puntatori; Per dichiarare un array di interi:

```
int a[25];
```

dove 25 è il numero di elementi, e `int` è il tipo. Quando si voglia accedere, per esempio, all'elemento numero venti dell'array, basta utilizzare l'indice corrispondente:

```
printf("\t l'elemento ventesimo vale %d \n", a[19]);
```

`a[19]` è il ventesimo elemento, giacchè gli elementi si cominciano a contare da `a[0]`. Inoltre, si possono utilizzare array a più dimensioni; es.:

```
float T[MAX_X][MAX_Y];
```

Il primo impiego che viene in mente per gli array è la realizzazione di programmi per il calcolo matriciale. Inoltre, in *C* le stringhe di testo sono realizzate come array di caratteri, terminati dal carattere

```
\0
```

anche ridefinito come *NULL*.

4.1.1 Passare parametri al main

Il listato seguente mostra un' altra importante caratteristica standard del *C* che è il passaggio di parametri al main dalla riga di comando.

```
#include <stdio.h>

int main (int argc, char *argv[])
{

printf ("%s", argv[1] );

}
```

Dove `argc` e' per default il numero di argomenti passati a riga di comando,

`argv[]`

e' un vettore che contiene il valore di questi ultimi. Bisogna pero' dichiarare la funzione `main()` come si vede sopra, ove si intenda recuperare il valore degli argomenti passati dalla riga di comando.

Il listato sopra, se correttamente compilato e richiamato come segue:

```
$ ./argomenti barbablu
```

non fa niente altro che stampare il valore di

`argv[1]`

ovvero:

barbablu

N.B.:

`argv[0]`

e', di default, il nome del programma stesso.

4.2 Strutture e unioni

Una *struttura* è un tipo di dato definibile dall'utente, e rappresenta un insieme di campi costituiti da tipi-base, a differenza dell'array, di tipo differente tra di loro; ad esempio:

```
struct indirizzo{
char citta[128];
char via[128];
int civico[5];
}
```

è la dichiarazione di una struttura contenenti i campi `citta`, `via`, `civico` del tipo sopra indicato. Agli elementi della struttura si accede mediante l'operatore `.` (punto).

Ad esempio, definita una variabile

```
indirizzo var_indirizzo;
```

Si assegnano dei valori nella maniera che segue:

```
var_indirizzo.citta = "stringa città";
var_indirizzo.via = "stringa via";
var_indirizzo.civico = 57;
```

Leggermente diversa è l'utilità delle *union*, anche se il loro utilizzo è pressochè analogo a quello di una *struct*. Es.:

```
union miaunione{
int numero;
float piu_grande;
}
```

Fa sì che venga allocato lo spazio per la più grande delle variabili, poichè queste si trovano a condividere il medesimo spazio in memoria. L'impiego di *union* è utile principalmente per rendere portabili alcuni tipi di dati sotto piattaforme differenti.

4.3 Una utile estensione delle struct: I campi di bit

Come detto, esiste un altro tipo di dato aggregato, molto utile per la gestione a basso livello della memoria, il *bitfield*. L'impiego di campi di bit si rende

necessario quando si voglia accedere ai singoli bit. In generale, un bitfield è definito in maniera analoga a quanto segue:

```
struct nome_struttura{  
  
    type nome_var1 : dimensione1;  
    type nome_var2 : dimensione2;  
    type nome_var3 : dimensione3;  
}  
  
struct_nomestructura mia_var;
```

Dove `type` realizza il tipo del campo di bit:

Si possono avere:

```
int, unsigned, signed
```

Ovviamente, ove si necessiti di un singolo bit, si scriverà

```
unsigned.
```

Inoltre, la dimensione indicata deve corrispondere al numero di bit singoli che il campo comprende.

L'accesso e le istruzioni di assegnazione di un valore ai membri di una variabile di tale tipo, avvengono in maniera esattamente analoga alle comuni strutture.

es.:

```
struct byte_acchiappato_dalla_seriale{  
  
    unsigned primo: 1;  
    unsigned secondo: 1;  
    unsigned terzo: 1;  
    unsigned quarto: 1;  
    unsigned quinto: 1;  
    unsigned sesto: 1;  
    unsigned settimo: 1;  
    unsigned ultimo: 1;  
  
}arrivato;
```

Volendo interpretare i bit della struttura sopra come valori booleani, si potrebbe voler fare un controllo del tipo:

```
if (arrivato.primo) printf("\t Ma chi te lo ha fatto fare\n");
```

Ovvero, voler fare un semplice assegnamento del tipo:

```
arrivato.primo = 0;  
arrivato.ultimo = 1;
```

Se qualcuno volesse sapere quale sia il piazzamento ottenuto, basterebbe verificare quale sia il bit settato ad uno (ovvero: quale campo restituisce il valore VERO).

In maniera abbastanza palese, l'esempio sopra non è economico come sembra a prima vista, tuttavia serve a mostrare l'impiego pratico dei campi di bit. L'utilità vera è nella possibilità di impiegare, ove sia possibile, il quanto minimo di informazione, laddove un intero byte rappresenterebbe uno spreco inutile di risorse cruciali. Il caso tipico è rappresentato dalla scrittura di un kernel, dove è inoltre necessario controllare i singoli registri della CPU. Il C non sarebbe il linguaggio potente e versatile che di fatto è, se non avesse questa importante caratteristica, che permette di evitare l'impiego del linguaggio assembly laddove con altri linguaggi non sarebbe possibile.

4.3.1 La keyword typedef

Quando si voglia definire un nuovo tipo, si può usare la dichiarazione `typedef`

Ad esempio, si può fare:

```
typedef struct indirizzo{  
  
    char citta[128];  
    char via[128];  
    int civico[5];  
}
```

E poi dichiarare:

```
indirizzo mio_indirizzo;
```

Come se `indirizzo` fosse un tipo proprio del C

Capitolo 5

I puntatori

5.1 Alcune considerazioni

Un puntatore é una variabile che contiene un indirizzo di memoria. L'impiego dei puntatori è una delle caratteristiche per così dire triviali del C. Comprendere bene l'uso dei puntatori è assolutamente necessario, anche per scrivere programmi semplici e che, scritti in linguaggi più amichevoli, appaiono formalmente non farne uso. Questo in quanto il C non tenta in alcun modo di nascondere l'uso a basso livello della memoria; ciò ha il risultato di rendere la vita più difficile al programmatore, ma lo rende anche più libero, e necessariamente consapevole di quello che sta facendo.

5.2 Dichiarazione di un puntatore

Ogni puntatore contiene la locazione di memoria di un oggetto di un certo tipo; per questo, esistono diversi tipi di puntatori; un puntatore viene dichiarato nella maniera seguente:

```
int *punt_int; /* Puntatore ad intero */
double *punt_double; /* Puntatore a double */
char *punt_char; /* Puntatore a carattere */
```

...eccetera.

5.3 Operatori sui puntatori

Sono definiti tre diversi operatori per le operazioni con puntatori:

L'operatore

&

Ha l'impiego seguente:

```
#include<stdio.h>

int main(int argc , char *argv[])
{

    int *miopunt_intero;
    int mioint = 7;

    miopunt_intero = &mioint;

    printf("%x", &miopunt_intero );

}/*  main  */
```

Questo breve programma stampa, sul mio sistema: bffff974 Ovvero, l'indirizzo di memoria in cui è conservata la variabile

`mioint`.

L'operatore di dereferenziazione

*

serve, invece, per passare dal puntatore all'oggetto puntato in memoria.

```
1 #include<stdio.h>
2
3 int main(int argc , char *argv[])
4 {
5
6     int *miopunt_intero;
7     int mioint = 7;
8     miopunt_intero = & mioint;
9
10    printf("%x", &miopunt_intero );
11 }
```

Il codice sopra stampa: 7

Il terzo operatore (operatore freccia)

->

é utile per fare riferimento agli elementi di una struct puntata; per es., se si é definita la struct:

```
struct indirizzo{
char citta[128];
char via[128];
int civico[5];
}
struct indirizzo mioind;
```

ed un puntatore alla struct:

```
struct indirizzo *punt;
punt = & mioind;
```

si può accedere agli elementi della struct facendo:

```
mia_citta = punt-> citta;
mia_via = punt-> via;
mia_citta = punt-> civico;
```

Si noti che l'operatore -> equivale alla dereferenziazione del puntatore a struct, più il passaggio all'elemento; ovvero:

```
(* punt).citta;
```

equivale a:

```
punt -> citta;
```

L'operatore `->` viene spesso utilizzato nelle linked lists per accedere, come pure avremo modo di mostrare nel seguito, ai singoli campi di struct puntate da appositi puntatori; questi saranno, ovviamente, puntatori a struct.

Capitolo 6

Input e Output su file

Per salvare i dati prodotti da un programma, è utile salvarli in maniera permanente su disco, quindi, scriverli su file. Analogamente, si può dover accedere a informazioni memorizzate su file. Per fare questo tipo di operazioni, bisogna dichiarare, all'interno del programma, un puntatore a file, nella maniera che segue:

```
FILE *miofile;
```

Per essere utilizzato, un file deve essere aperto; per fare ciò, si utilizza la funzione

```
FILE *fopen(const char *nome_file, const char *modalità);
```

Dove la modalità può essere:

r	testo, lettura
w	testo, scrittura
a	testo, mod. append
rb	lettura, mod. binaria
wb	scrittura, mod. binaria
ab	append, mod. binaria
r+	lettura e scrittura in mod. binaria
w+	lettura e scrittura in mod. binaria
r+b o rb+	lettura e scrittura in mod. binaria
w+b o wb+	lettura e scrittura in mod. binaria
a+b o ab+	lettura e scrittura in mod. binaria

Un esempio utile Nell'esempio che segue, si vuole aprire in lettura un file contenente un semplice file di testo, ad esempio un file di configurazione

(nell'esempio `.bashrc`) e scrivere in output, su di un opportuno file, lo stesso testo, includendolo in una pagina HTML; si abbia, ad esempio, il testo seguente:

```
#!/bin/bash
echo 'Tempus Fugit...'
cal
alias l='ls --color -l|more'
alias la='ls --color -a'
alias ls='ls --color'
alias vi='vimx'

export PS1="\[\033[6;35m\]\u@\h\[\033[36m\]
\w\[\033[1;37m\]>\[\033[0;31m\]\$\[\033[0m\] "
```

e si voglia ottenere, a partire da questo, la pagina HTML seguente:

```
<html><head><title>File di configurazione</title></head>
<body bgcolor=red><hr>

<pre>
#!/bin/bash
echo 'Tempus Fugit...'
cal
alias l='ls --color -l|more'
alias la='ls --color -a'
alias ls='ls --color'
alias vi='vimx'

export PS1="\[\033[6;35m\]\u@\h\[\033[36m\]
\w\[\033[1;37m\]>\[\033[0;31m\]\$\[\033[0m\] "
</pre>

<hr></body></html>
```

E' presto detto:

```

1 #include <stdio.h>
2
3 int app;
4 char htmlstart[]="<html><head><title>File di
configurazione</title></head>
<body bgcolor=red><hr><pre>";
5 char htmlfinish[]="</pre><hr></body></html>";
6 int col, acapo;
7 FILE *f_in, *f_out;
8
9 int main( char argc, char *argv[])
10 {
11     if (argc !=3) {
12         printf ("\n\t Convertite files di testo in formato HTML\n\n");
13         printf ("\t utilizzo:\n\t 2html <origine.c> <dest.html>\n");
14         exit();
15     }
16
17     if ( ( f_in = fopen ( argv[1] , "r" ) ) &&
18 ( f_out = fopen ( argv[2] , "w" ) )
19 ) {
20     fputs( htmlstart, f_out);
21
22     while (( app = getc( f_in )) != EOF ) {
23
24         fputc ( app , f_out );
25
26     } /*     fine while */
27
28     }
29     fputs( htmlfinish, f_out);
30
31     fclose( f_in );
32     fclose( f_out );
33
34 }
44

```


Capitolo 7

Definizione ed uso delle funzioni

7.1 Funzioni definite dall'utente

Nella scrittura di programmi di grandi dimensioni, risulta utile spezzare il codice in più funzioni, ciascuna delle quali si occupi di una particolare operazione; sarà poi il `main()` a preoccuparsi di richiamare ciascuna funzione. Spezzare il codice in funzioni (possibilmente dai nomi auto-esplicativi) migliora inoltre la lettura del codice, e quindi rende la vita più semplice, nell'eventualità di modifiche.

Il codice di una funzione può essere scritto sia prima che dopo del `main()`, tuttavia quando si voglia postporre l'implementazione della funzione, bisogna comunque fornire un prototipo dei tipi della funzione.

```
float potenza_terza ( float x );
```

```
int main()
{
float a;
.
.
.
    a = potenza_terza(3);
}
```

```
float potenza_terza ( float x )
```

```
{  
return x*x*x;  
}
```

Passaggio dei parametri

Il passaggio di parametri avviene, in questo modo, per valore; Ovvero, la funzione

`potenza_terza()`

non conosce l'indirizzo in memoria di `x`, poiché, all'atto della chiamata, viene copiato *il valore* della variabile `x`. Se si volesse passargli l'indirizzo, e far sì che eventuali modifiche siano efficaci sulla variabile `x` in memoria, modificando, di conseguenza, il valore che `x` assume nel `main()`, si deve chiamare la funzione passando come parametro l'indirizzo della variabile, ovvero: un puntatore alla variabile;

```
1 #include<stdio.h>  
2  
3 int swap (int *a, int *b);  
4  
5 int main(int argc , char *argv[])  
6 {  
7     int a = 7;  
8     int b = 15;  
9  
10    swap (&a, &b);  
11    printf("\t a = %d \n\t b = %d \n", a, b);  
12  
13 }/*  main  */  
14  
15 int swap (int *a, int *b)  
16 {  
17     int temp;  
18  
19     temp = *a;  
20     *a = *b;  
21     *b = temp;  
22 }  
23
```

Il codice sopra produce come output:

```
a = 15  
b = 7
```

7.2 I puntatori a funzione

Altra caratteristica assolutamente peculiare del C, è la possibilità di usare puntatori a funzioni.

Caratteristica, questa, assai di rilievo dove ci si trovi a dover implementare dei parser di espressioni, che si trovino a dover richiamare, in maniera snella ed elegante, molti moduli diversi scritti separatamente.

Ovvero, mantenere degli array di puntatori a funzione potrebbe essere utile, nella pratica, per scrivere la barra delle funzioni di un editor di testo, in modo da poter implementare e testare separatamente i vari blocchi di codice, e poterli poi richiamare in una maniera che somiglia assai ai moderni paradigmi di programmazione ad oggetti. Il tutto nell'ottica di mantenere il più alto grado possibile di modularità.

Dal punto di vista pratico, è possibile realizzare un puntatore a funzione sulla scorta della seguente considerazione: visto che mediante i puntatori è possibile accedere pressochè ad una qualsiasi locazione di memoria, e giacchè una funzione occuperà una di queste locazioni, basta far sì che esista un puntatore che punti alla locazione che interessa, per poter lanciare l'esecuzione della funzione utile.

Un puntatore a funzione si dichiara usando la convenzione di racchiudere tra parentesi il nome della funzione e facendolo precedere da un asterisco, così:

```
int (*func)(<parametri>)
```

E si comporta, per il resto, come un qualsiasi altro tipo di puntatore, costituendo, di fatto, la medesima cosa: l'indirizzo di una locazione di memoria

Come ormai il lettore si sarà abituato, quanto detto viene messo in pratica nel sorgente che segue:

```
1 /*  
2  Mostra l'uso dei puntatori a funzione  
3  */  
4  #include<stdio.h>  
5  
6  int sottrazione(int, int);  
7  int somma (int, int);  
8  int prodotto(int, int);
```

```

9 int divisione(int, int);
10
11
12 int main()
13 {
14     int a = 48;
15     int b = 2;
16     int risultato, scelta;
17     int (*puntatore)();
18     for(;;){
19         printf("1\t per la somma\n");
20         printf("2\t per la sottrazione\n");
21         printf("3\t per il prodotto\n");
22         printf("4\t per la divisione\n");
23         printf("0\t per uscire\n");
24
25         scanf("%d", &scelta);
26         switch(scelta){
27             case 1:
28                 puntatore = somma;
29                 break;
30             case 2:
31                 puntatore = sottrazione;
32                 break;
33
34             case 3:
35                 puntatore = prodotto;
36                 break;
37
38             case 4:
39                 puntatore = divisione;
40                 break;
41             case 0:
42                 exit(0);
43
44         }
45
46         risultato = puntatore(a,b);
47         printf("Il risultato vale %d", risultato);
48         break;
49     }
```

```
50  }/* fine for */
51
52 }
53
54 int somma(int a, int b)
55 {
56     return a+b;
57 }
58
59 int sottrazione(int a, int b)
60 {
61     return a-b;
62 }
63
64 int prodotto(int a, int b)
65 {
66     return a*b;
67 }
68
69 int divisione(int a, int b)
70 {
71     return (a/b);
72 }
73
```

Si può riconoscere nella riga

```
int (*puntatore)();
```

la dichiarazione di un puntatore a funzione; il riferimento alla particolare funzione, viene fatto nel ciclo `switch()`, nel quale viene assegnato a **puntatore** uno dei possibili tipi previsti dal programma, con un'assegnazione del tipo:

```
puntatore = prodotto;
```

A cui deve corrispondere, chiaramente, una funzione dichiarata come solito es.:

```
int prodotto(int a, int b)
{
    return a*b;
}
```

oppure corrispondente ad una funzione di libreria.

7.3 Gli header standard ANSI e le funzioni di libreria

Segue un sintetico elenco di tutte quelle che sono le funzioni ANSI standard definite nei quindici header file del suddetto standard. Non si intende qui fornire una indicazione esaustiva dei prototipi di tutte le funzioni; tuttavia pare utile fornire almeno un elenco completo di queste, in modo che l'utente possa conoscere almeno il nome delle funzioni, in modo che possa essere agevolato nella ricerca di quelle che gli occorrono, restando ferma l'utilità delle man pages.

7.3.1 `assert.h`

Contiene la funzione:

```
void assert(int espressione);
```

7.3.2 `ctype.h`

Contiene funzioni per verifiche e operazioni conversione su caratteri. Segue la lista completa:

```
int isalnum(int character);
int isalpha(int character);
int iscntrl(int character);
int isdigit(int character);
int isgraph(int character);
int islower(int character);
int isprint(int character);
int ispunct(int character);
int isspace(int character);
int isupper(int character);
int isxdigit(int character);
int tolower(int character);
int toupper(int character);
```

7.3.3 `errno.h`

Contiene la definizione della variabile `int errno`; questa ha valore zero all'inizio del programma; se si verificano condizioni di errore, assume un valore numerico diverso da zero.

7.3.4 float.h

Contiene le definizioni dei valori massimi e minimi per i valori floating-point;

7.3.5 limits.h

Contiene le caratteristiche dei tipi di variabile.

7.3.6 locale.h

Contiene la definizione di tipo per le funzioni:

```
localeconv();  
    setlocale();
```

7.3.7 math.h

Funzioni per la matematica:

```
double acos(double x);  
double asin(double x);  
double atan(double x);  
double atan2(double y, double x);  
double cos(double x);  
double cosh(double x);  
double sin(double x);  
double sinh(double x);  
double tan(double x);  
double tanh(double x);  
double exp(double x);  
double frexp(double x, int *exponent);  
double ldexp(double x, int exponent);  
double log(double x);  
double log10(double x);  
double modf(double x, double *integer);  
double pow(double x, double y);  
double sqrt(double x);  
double ceil(double x);  
double fabs(double x);  
double floor(double x);  
double fmod(double x, double y);
```


7.3.8 setjmp.h

Questo header è utilizzato per controllare le chiamate di basso livello. Vi è definita la funzione:

```
void longjmp(jmp_buf environment, int value);
```

7.3.9 signal.h

Contiene gli strumenti per gestire l'invio di segnali durante l'esecuzione di un programma. Vi sono definite le funzioni:

```
void (*signal(int sig, void(*func)(int)))(int);  
int raise(int sig);
```

7.3.10 stdarg.h

Definisce molte macro usate per ottenere l'argomento di una funzione quando non si conosce il numero di questi.

7.3.11 stddef.h

Contiene molte definizioni standard.

7.3.12 stdio.h

Definisce, oltre ad alcune macro, le funzioni più frequenti del linguaggio, quali:

```
clearerr();  
fclose();  
feof();  
ferror();  
fflush();  
fgetpos();  
fopen();  
fread();  
freopen();  
fseek();  
fsetpos();  
ftell();  
fwrite();
```

```
remove();
rename();
rewind();
setbuf();
setvbuf();
tmpfile();
tmpnam();
fprintf();
fscanf();
printf();
scanf();
sprintf();
sscanf();
vfprintf();
vprintf();
vsprintf();
fgetc();
fgets();
fputc();
fputs();
getc();
getchar();
gets();
putc();
putchar();
puts();
ungetc();
perror();
```

7.3.13 stdlib.h

Contiene le definizioni di tipo delle funzioni:

```
abort();
abs();
atexit();
atof();
atoi();
atol();
bsearch();
calloc();
```

```
div();
exit();
free();
getenv();
labs();
ldiv();
malloc();
mblen();
mbstowcs();
mbtowc();
qsort();
rand();
realloc();
srand();
strtod();
strtol();
strtoul();
system();
wcstombs();
wctomb();
```

7.3.14 string.h

Contiene tutte le definizioni di tipo per:

```
memchr();
memcmp();
memcpy();
memmove();
memset();
strcat();
strncat();
strchr();
strcmp();
strncmp();
strcoll();
strcpy();
strncpy();
strcspn();
strerror();
strlen();
```

```
strpbrk();  
strrchr();  
strspn();  
strstr();  
strtok();  
strxfrm();
```

7.3.15 `time.h`

Fornisce alcune utili funzioni per leggere e convertire l'ora e la data del sistema.

```
asctime();  
clock();  
ctime();  
difftime();  
gmtime();  
localtime();  
mktime();  
strftime();  
time();
```


Capitolo 8

Compilazione separata

Quando i programmi superano certe dimensioni, può essere conveniente suddividere il sorgente in più files; allo scopo, bisogna definire le variabili utilizzate dai vari moduli come `extern`. La soluzione migliore si rivela spesso la seguente: si scrive un header file contenente tutte le dichiarazioni per le variabili e le variabili condivise dai vari moduli. Poi, si include l'header in ciascuno dei moduli che ne fanno uso. Segue un esempio (abbastanza banale):

```
/* file mio_header.h */
extern int miavariabile;
int mostra(void);
```

Segue il file contenente l'implementazione della funzione `mostra()`

```
1 #include<stdio.h>
2 #include "mio_header.h"
3 /* extern int miavariabile; */
4 int mostra()
5 {
6     printf("\t %d \n" , miavariabile);
7
8 }
```

In maniera tale da poterle utilizzare nella funzione `main()`:

```
1 #include<stdio.h>
2 #include "mio_header.h"
3
4 int miavariabile;
```

```
5 /* int mostra(void); */
6 int main()
7
8 {
9     printf("\t Inserisci valore per la variabile: \n \t");
10    scanf("%d", &miavariabile);
11    printf("\t Hai inserito:");
12    mostra();
13
14 }/*  main  */
```

Capitolo 9

Allocazione dinamica della memoria

Non pretendo di voler spiegare qui in dettaglio perchè e in quali casi è utile una gestione dinamica della memoria; giacchè questo è l'aspetto più interessante per tutti coloro i quali programmano o intendono programmare in *C*, supporrò che chi si accinge a leggere questo capitolo si sia di già posto il problema seguente: *Come è possibile scrivere un programma che non conosce a priori la memoria che l'utente gli richiederà di allocare ?* La risposta alla domanda è nel fare un uso dinamico della memoria, ovvero allocando , di volta in volta, solamente il quanto di memoria necessaria per memorizzare i dati utili.

9.1 la funzione malloc()

Per poter assegnare una porzione di memoria ad un puntatore, bisogna adoperare la funzione `malloc()` . Questa ha appunto l'effetto di *allocare* memoria; Ad esempio, l'istruzione: `p = malloc (3);` ha l'effetto di far puntare `p` ad uno spazio di memoria di 3 bytes. Tuttavia, nella maggior parte dei casi, è preferibile non allocare memoria nel modo visto sopra, in quanto si pongono problematiche connesse con la portabilità del software, ove non nel rischio di sbagliare le dimensioni della porzione di memoria da allocare sul nostro stesso sistema.

Per evitare, quindi, di dover scrivere esplicitamente la quantità di memoria allocata, si fa uso della funzione `sizeof()` . nella maniera seguente.

```
p = malloc ( sizeof elemento_puntato)
```

Così si è certi (su qualsiasi sistema) che il puntatore punti ad un'area di memoria della dimensione desiderata.

9.2 Liste puntate

Con la dicitura di *lista puntata* si intende correntemente designare una struttura dati dinamica, ovvero costituita da un numero di struct in memoria (e quindi di informazioni) non nota a priori da parte del programmatore.

L'elemento-base delle linked-list è una struttura del tipo:

```
struct nodo{
char[N] informazione1;
char[M] informazione2;
int numero;
struct nodo *prossimo;
```

Ovvero, un tipo di dato capace di contenere informazioni e, al contempo, per così dire, un meta-dato: l'informazione sulla presenza di altra informazione.

Una lista puntata è quindi una catena di nodi in cui, ad ogni nodo, sono contenuti, oltre ai dati, la locazione di eventuali altri dati successivi.

Quando il nodo raggiunto è l'ultimo della lista, il puntatore al prossimo nodo vale NULL.

L'esempio di codice che segue implementa una semplice lista in cui i nodi sono inseriti sequenzialmente, senza alcun ordinamento.

```
1 #define MAX 25
2 #include<stdio.h>
3 #include<stdlib.h>
4 #include<string.h>
5
6
7 int menu(void);
8
9 int main(int argc , char *argv[])
10 {
11
12     struct dati{
13         char info[MAX];
14         struct dati *next;
15     };
16
17     struct dati *primo;
18     struct dati *elem;
19     int scelta;
```

```
20  char app[MAX];
21
22  primo = malloc( sizeof ( struct dati ) );
23  elem = primo;
24
25  for(;;){
26      printf("\t 1 per inserire \n\t 0 per uscire\n\t 2 per vedere  ");
27      scanf("%d", &scelta);
28      if ( scelta == 0 ) {
29          /*      Elimina la lista dalla memoria      */
30
31          elem = primo;
32          do{
33 primo = elem -> next;
34 free( elem );
35 elem = primo;
36
37          } while (elem!= NULL);
38          break;
39      }
40
41
42      if ( scelta == 1) {
43          fgets( app, MAX, stdin );
44          elem->next = malloc( sizeof( struct dati ));
45          strcpy( elem->info, app );
46          elem = elem->next;
47      }
48
49      if ( scelta == 2 ) {
50          elem = primo;
51
52          while ( elem != NULL){
53 printf("\n%s", elem->info);
54 elem = elem->next;
55          }
56      }
57  }/*    for    */
58
59
60
```

```
61 }  
62  
63  
64
```

L'implementazione di strutture dinamiche, come quella sopra, è assai utile nell'implementazione delle strutture dati classiche quali pila, coda, etc... Per le quali rimandiamo tuttavia, per motivi di tempo e di spazio, ad un successivo approfondimento del presente testo.

Quanto si diceva, al fine di permettere l'aggiunta, in un punto qualsiasi dell' oggetto caricato in memoria, della quantità di informazione necessaria, e solo di questa.

Mediante l'impiego di strutture più complesse; come, ad esempio:

```
struct nodo{  
char[N] informazione1;  
char[M] informazione2;  
int numero;  
struct nodo *destro;  
struct nodo *sinistro;
```

si possono creare modelli assai efficienti, ed utili in certi frangenti, quali gli alberi binari.

Capitolo 10

Lo standard c99

10.1 Introduzione

Come tutti sanno l'informatica si evolve a ritmi vertiginosi in ogni suo campo. L'hardware aumenta di potenza in tempi brevissimi e nuovi linguaggi di programmazione tendono ad avanzare per soddisfare particolari richieste dell'utenza. Accanto al fiorire di questi nuovi linguaggi si assiste alla manutenzione ed all'aggiornamento di quelli più datati ma dalle potenzialità e dalle prestazioni straordinarie. Il C è fra questi.

Al termine di una revisione del linguaggio operata nel 1995 è stato intrapreso un lavoro di aggiornamento dello stesso che ha portato al rilascio dello *standard C99*. Alcune modifiche apportate al linguaggio possono essere ritenute abbastanza importanti, ma in generale si sono eseguite delle aggiunte e sono state inserite nuove funzioni di libreria. Naturalmente i programmi scritti col più datato *standard C89* continueranno a funzionare e comunque potranno essere aggiornate al *C99* mediante delle semplici modifiche.

10.2 C89 VS C99

10.2.1 Aggiunte

Sono state aggiunte delle nuove parole riservate di cui riportiamo un elenco:

1. `inline`
2. `restrict`
3. `_Bool`
4. `_Complex`

5. `_Imaginary`

Sono state inoltre aggiunte le seguenti grandezze:

- Supporto per l'aritmetica dei valori complessi
- Array di lunghezza variabile.
- Array flessibili come membri delle strutture.
- Aggiunte al preprocessore.
- Letterali composti.
- Il tipo `long long int`.
- Il commento `//`.
- Dichiarazione di variabili in una istruzione `for`.
- Possibilità di amalgamare codice e dati.
- Inizializzatori designati.
- Modifiche alle funzioni `printf()` e `scanf()`.
- Identificatore predefinito `__func__`.
- Librerie e files header.

10.2.2 Rimozioni

Tra le funzionalità rimosse facciamo notare l'eliminazione dal *C99* la regola dell'`int` implicito. Secondo questa regola se una variabile dichiarata non era preceduta dal tipo quest'ultimo era assunto come `int`.

10.2.3 Modifiche

Tra le modifiche apportate riportiamo le più importanti:

- Incremento dei limiti di traduzione.
- Tipi interi estesi.
- Regole di promozione per i tipi interi estesi.
- Irrobustimento dell'uso di `return`

10.3 inline

L'utilizzo di questa parola riservata inoltra al compilatore la richiesta di ottimizzare le chiamate alla funzione la cui dichiarazione essa precede. Sostanzialmente il codice relativo alla funzione verrà espanso in linea e non richiamato. Naturalmente non è detto che un compilatore supporti questa richiesta, per questo motivo potrebbe essere ignorata. Riportiamo un piccolo esempio di funzione che utilizza questa parola riservata.

Esempio:

```
inline void stampa_numero(int num) {  
    printf("Numero: %d\n")  
}
```

Naturalmente vanno evidenziati alcuni concetti. In primo luogo, come abbiamo detto, questa funzione evita che la funzione venga richiamata semplicemente usando delle sue copie per ogni chiamata. Questo comporterà un diverso codice assembler. Occorre inoltre notare che l'utilizzo di questa parola riservata, pur migliorando le prestazioni in termini di velocità, comporta un aumento delle dimensioni del codice eseguibile, essendo duplicato quello delle funzioni. Consigliamo di usare questa caratteristica del *C99* solo se strettamente necessario, per funzioni compatte e significative, e solamente dopo un'accurata fase di debugging.

10.4 restrict

Il qualificatore **restrict** riguarda solo i puntatori: ogni puntatore qualificato mediante esso risulta essere l'unico modo per accedere all'oggetto puntato. Il compilatore risulta allora in grado di ottimizzare maggiormente il codice.

10.5 il tipo `_Bool`

Come certamente saprete il C89 non includeva parole chiave come `True` e `False` come invece poteva avvenire in altri linguaggi. Queste funzioni erano svolte rispettivamente da qualsiasi numero diverso da 0 e da 0. Utilizzando il file `stdbool.h` nel programma in *C99* si includono delle macro in cui sono definiti `true` e `false`. Questo tipo ha assunto una sintassi (vedasi il nome) particolare perché molti, per ovviare alla carenza del *c89* avevano già creato dei propri `.h` per ovviare a questa mancanza.

10.6 `_Complex` ed `_Imaginary`

Queste parole riservate sono state introdotte al fine di per il supporto all'aritmetica dei numeri complessi, assieme a nuovi file header e nuove librerie. Sono stati definiti i seguenti tipi complessi:

```
float _Complex;
float _Imaginary;
double _Complex;
double _Imaginary;
long double _Complex;
long double _Imaginary;
```

È inoltre possibile includere l'apposito `complex.h` dove sono anche definite le macro `complex` ed `imaginary` che nella compilazione verranno espanse in `_Complex` ed `_Imaginary`

10.7 Array di lunghezza variabile

Certamente avrete notato come in *C89* le dimensioni di un array dovessero essere dichiarate come costanti intere. Il *C99* elimina questa limitazione facendo sì che qualsiasi espressione intera valida sia accettabile per definirne le dimensioni. Questo significa che è possibile creare array (anche multidimensionali) le cui dimensioni saranno note soltanto a tempo di esecuzione (per elaborazione o intervento dell'utente). Ciò, come avrete intuito, consente una notevole flessibilità soprattutto nel calcolo

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void f(int);
4
5 int main(void) {
6     int a;
7     printf(" Inserisci dimensione array: ");
8     scanf("%d", &a);
9     f(a);
10    exit(0);
11 }
12 void f(int a) {
13     char array[a];
```

```
14  printf("Dimensione array = %d\n", sizeof(array));
15 }
16
```

10.8 Array flessibili come membri delle strutture

Nel C99 è possibile inserire un'array non dimensionato come ultimo membro di un'astruttura. Un'array di questo tipo possiede dimensioni variabili. La limitazione imposta è che questo tipo di array sia l'ultimo elemento della struttura, potremmo quindi avere qualcosa del genere:

```
struct struttura {
    char nome[10];
    float a;
    float array_flex[]
}
```

La memoria di una struttura così configurata viene generalmente allocata in maniera dinamica attraverso `malloc()`, questa funzione tuttavia non prende in considerazione la dimensione dell'array flessibile (come potrebbe?) e per questo è necessario aggiungere la massima dimensione che esso potrà avere all'interno del nostro programma. Se ad esempio stabiliamo che l'array flessibile della struttura prima descritta deve contenere al massimo 5 float, possiamo allocare la memoria necessaria alla struttura in questo modo:

```
struct struttura *str;
str = (struct struttura *)malloc(sizeof(struttura) + 5*sizeof(float));
```

10.9 Aggiunte al preprocessore

Lo standard *C99* comporta anche delle aggiunte al preprocessore. Vediamone le più importanti:

10.9.1 Macro con argomenti in numero variabile

La possibilità di creare delle macro è molto importante nella programmazione avanzata. Il *C89* permetteva di crearne purché accettassero un numero finito di variabili definito immediatamente. Nel *C99* questa limitazione viene a cadere. Vediamo un piccolo esempio:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#define copia(funzione, ...) funzione(__VA_ARGS__)

int main(void) {
    char s1[10];

    copia(strcpy, s1, "salve");
    printf("%s\n", s1);
}
```

Come potete osservare alla quarta riga la macro viene definita. I punti di sospensione indicano che la macro, oltre a **funzione** accetta un numero non precisato di variabili. Queste variabili verranno sostituite nella posizione specificata dall'indicatore `_Pragma__`.

Alla riga 9 si fa uso della macro `copia`. Il resto del codice dovrebbe essere chiaro.

10.9.2 L'operatore `_Pragma`

Il *C99* consente di specificare una direttiva in un programma utilizzando l'operatore `_Pragma` nella forma:

```
_Pragma (‘‘direttiva’’)
```

Sono definite le seguenti pragma:

STDC FENV_ACCESS ON/OFF/DEFAULT	Comunica al compilatore la necessità di accedere all'ambiente in virgola mobile. Il valore standard di questa direttiva è definito dall'implementazione che si utilizza
STDC FP_CONTRACT ON/OFF/DEFAULT	Se risulta on le espressioni in virgola mobile vengono trattate come indivisibili e vengono gestite tramite appositi metodi hardware
STDC CX_LIMITED_RANGE ON/OFF/DEFAULT	Si comunica al compilatore la correttezza e la sicurezza di alcune forme complesse. Lo standard è OFF.

10.9.3 Aggiunta di nuove macro

Sono state aggiunte le seguenti macro:

__STDC_HOSTED__	1 Qualora sia presente un sistema operativo
__STDC_IEC_559__	1 Se l'implementazione supporta l'aritmetica in virgola mobile IEC 60559
__STDC_VERSION__	19990L o superiore (versione del C)
__STDC_ISO_10646__	yyymmL: il valore determina anno e mese delle specifiche ISO/IEC 10646 supportate dal compilatore
__STDC_IEC_559_COMPLEX__	1 se l'implementazione supporta l'aritmetica dei numeri complessi IEC 60559

10.10 I letterali composti

I letterali composti sono array, strutture o unioni che definiscono un'insieme di oggetti del tipo specificato. Essi vengono creati specificando un nome di tipo, racchiuso tra parentesi, e l'elenco di inizializzazione racchiuso tra par-

entesi graffe. Se il tipo di dato è un'array le dimensioni dello stesso possono non essere specificate. Un esempio:

```
float *x = (float[]) {2.0, 7.0 ,1.23}
```

10.11 Il tipo long long int

Non c'è necessità di molti chiarimenti, questo è un tipo di dato creato per supportare interi a 64 bit

10.12 Il commento //

Come nel C++ anche in C viene standardizzata la possibilità di commentare una riga usando //, in questo modo:

```
// Questo è un commento.
```

10.13 Dichiarazione di una variabile in un'istruzione for

Si ha la possibilità di dichiarare variabili all'interno della porzione di codice dedicata all'inizializzazione del ciclo. Si badi bene al fatto che la variabile così dichiarata sarà locale al ciclo for e per questo la memoria ad essa riservata durante l'esecuzione del ciclo verrà messa a disposizione una volta usciti da esso. In questa parte di codice dichiariamo la variabile i nel ciclo for:

```
for (i=0; i <= 15; i++) {  
    printf("Incremento i\n");  
}  
printf("Ora i non esiste più\n");
```

L'utilizzo di questo tipo di variabili consente una migliore ottimizzazione del programma che faccia uso di cicli.

10.14 Amalgamare codice e dati

Questa possibilità consente di dichiarare le variabili del programma non necessariamente all'inizio dello stesso ma comunque prima di essere utilizzate. Questa possibilità è già una realtà col C++ ma bisogna far attenzione alle regole di visibilità delle variabili.

10.15 Inizializzatori designati

Questa nuova peculiarità del C consente di inizializzare soltanto alcuni elementi di array e strutture (gli elementi designati appunto). La forma d'utilizzo per gli array è la seguente: `[indice] = valore` ed un esempio banale potrebbe essere questo:

```
int array[7] = { [1]=34, [5]=3 };
```

In questo modo verranno inizializzati ai valori designati solo gli elementi in posizione 1 (ricordo che le posizioni cominciano dalla 0) e quello in posizione 5. Per le strutture la forma è la seguente: `elemento = nome` ed ecco un esempio:

```
struct s {  
    int x;  
    int y;  
} coord = { .x = 23 }
```

In questo modo inizilizzeremo solo l'elemento x.

10.16 Usare i tipi long long int

É evidente che gli sepcificatori formato standard non possono supportare gli interi di 64 bit introdotti nel *C99*. Per questo motivo è stato introdotto il modificatore `tt` da anteporre ad essi. Questo modificatore supporta gli specificatori `sf d, i, o, u, x`. Accanto al modificatore `tt` è stato introdotto `hh` utilizzato con gli specificatori prima elencati quando si ha la necessità di especificare un argomento `char`. Sono stati introdotti gli specificatori di formato `a` ed `A` utilizzabili quando si intende trattare valori in virgola mobile.

10.17 Identificatore di funzione `__func__`

Quest'identificatore specifica il nome della funzione in cui risulta presente. Potrebbe essere utile utilizzarlo in istruzioni `printf()` durante la fase di debugging del programma.

10.18 Altre modifiche ed aggiunte

10.18.1 Nuove librerie

Sono state aggiunte le seguenti librerie:

FILE HEADER	FUNZIONE
<code>complex.h</code>	Supporto per l'aritmetica dei numeri complessi
<code>stdbool.h</code>	Supporto ai dati booleani
<code>fenv.h</code>	Supporto ad alcuni aspetti dei valori in virgola mobile
<code>iso646.h</code>	Definizione delle macro che corrispondono ad alcuni operatori
<code>inttypes.h</code>	Definisce un insieme standard di tipi interi al fine di garantirne una maggiore portabilità. Supporta inoltre interi di grandi dimensioni
<code>stdint</code>	Definisce un'insieme standard di interi è automaticamente incluso da <code>inttypes.h</code>
<code>tgmath.h</code>	Definisce alcune macro per il supporto dei numeri in virgola mobile
<code>wchar.h</code>	Supporto alle funzioni multibyte e per i caratteri wide
<code>wctype.h</code>	Supporto per i caratteri wide e per la classificazione delle funzioni multibytei

10.18.2 Notevole incremento dei limiti di traduzione

Il *C89* definiva un certo numero minimo di elementi che il compilatore doveva necessariamente supportare. Questo numero minimo è stato tuttavia notevolmente incrementato per gli elemnti che riportiamo:

- Il numero massimo di blocchi nidificati è stato incrementato da 15 a 127;
- Il numero massimo di istruzioni condizionali nidificate è stato incrementato da 8 a 63;
- Il limite di caratteri significativi per un identificatore interno è passato da 31 a 63;
- Il limite di caratteri significativi per un identificatore esterno è passato da 6 a 31;
- Il numero massimo di membri in una struttura od unione è passato da 127 a 1023;
- Il limite numerico degli argomenti passati ad una funzione è stato incrementato da 31 a 127;

Parte III

Programmazione in ambiente Linux/Unix

Capitolo 11

GDB

11.1 Errori sintattici ed errori logici

Per quanto possiate essere diventati bravi nella programmazione qualsiasi programma di una certa complessità che produrrete difficilmente potrà definirsi funzionante. Questo fondamentalmente a causa di due presenze indesiderate:

- Errori Sintattici.
- Errori logici.

I primi impediscono al compilatore di portare a termine il processo di compilazione producendo un messaggio di errore in genere molto chiaro ed indicante la posizione del segmento di codice sorgente che ha generato l'errore, più una descrizione sintetica ma esauriente dell'errore verificatosi. È quindi auspicabile che siate in grado di localizzare e correggere l'errore in tempi ragionevolmente brevi.

In questo modo, una volta corretti tutti gli eventuali errori sintattici, il processo di compilazione potrà avere termine ed il programma potrà essere eseguito. Durante l'esecuzione del programma tuttavia possono verificarsi due inconvenienti fondamentali che comporteranno necessariamente nuove modifiche al codice sorgente:

- Il programma non termina la propria esecuzione per il verificarsi di un errore in run-time.
- Il programma termina la propria esecuzione ma fornisce output errati.
- Più in generale il programma non fa quel che dovrebbe.

Localizzare ed intervenire sulla porzione di codice che causa tali inconvenienti può rivelarsi estremamente complesso e dispendioso in termini di risorse e tempo. Proprio per ottimizzare la fase di Debugging del codice è stato creato uno degli strumenti più importanti della Free Software Foundation: il GDB (Gnu DeBugger). Esso permette di:

- Avviare il programma da debuggare specificando dall'inizio cosa influenza il suo corso.
- Monitorare costantemente l'evoluzione del programma.
- Far sì che l'esecuzione del programma si interrompa qualora si verificassero determinate condizioni.
- Analizzare gli eventi verificatisi appena prima l'interruzione del programma (e che magari sono la causa dell'interruzione stessa).
- Intervenire sul programma cambiando dati e verificandone il comportamento.

11.2 Una compilazione dedicata

Al fine di poter sfruttare appieno le potenzialità offerte dal debugger GDB occorrerà informare il GCC di produrre un binario ampliato con simboli di debugging estremamente utili al GDB per svolgere il proprio compito. Si comunica tale direttiva al compilatore mediante l'opzione `-g`. Eccone un esempio:

```
$ gcc -g -o <nomeprogramma> <nomeprogramma.c>
```

È Inoltre possibile incrementare ancora la quantità di informazioni a beneficio del debugger utilizzando l'opzione `-ggdb`. Tuttavia questo comporta anche un incremento delle risorse utilizzate. Si tenga inoltre presente che al fine di migliorare l'efficienza di quest'opzione il compilatore dovrà avere accesso al codice sorgente delle librerie di funzioni utilizzate.

Generalmente l'uso di questo ulteriore parametro non è necessario e risulta più che sufficiente una compilazione tipica come quella sopra documentata. Facciamo inoltre notare che la compilazione dedicata al debugging produce un codice eseguibile di dimensioni maggiori rispetto ad un codice prodotto senza simboli di debugging

series Importante: Il gcc consente inoltre di ottimizzare l'eseguibile prodotto. É quindi bene tenere a mente che tali ottimizzazioni influiscono

negativamente sulla fase di debugging. Conseguentemente il codice andrebbe ricompilato ed ottimizzato soltanto **dopo** che la fase di debuggig è stata terminata.

11.3 GDB: avvio

Supponiamo quindi ora di aver eliminato tutti gli errori sintattici che impedivano la compilazione del nostro codice sorgente e di essere finalmente arrivati ad un codice eseguibile dedicato al debugging, al fine di eliminarne i Bug. La prima cosa da fare è quindi avviare il GDB:

```
$ gdb <nomeesequibile>
```

Oppure possiamo, opzionalmente, utilizzare anche un core file che migliori le capacità del debugger:

```
$ gdb <nomeesequibile> <corefile>
```

Otterrete qualcosa del genere:

```
[contez@localhost BufferOverflow]$ gdb programma
GNU gdb Red Hat Linux 7.x (5.0rh-15) (MI_OUT)
Copyright 2001 Free Software Foundation, Inc.
GDB is free software, covered by the GNU General Public License, and you are
welcome to change it and/or distribute copies of it under certain conditions.
Type "show copying" to see the conditions.
There is absolutely no warranty for GDB. Type "show warranty" for details.
This GDB was configured as "i386-redhat-linux"...
(gdb)
```

Se volete evitare il disclaimer lanciate il gdb con l'opzione `-quiet`.

Una volta avviato il gdb usa come directory di lavoro quella in cui vi trovate il cui path si può ottenere col semplice comando Unix, funzionante in GDB:

```
(gdb) pwd
```

Naturalmente potreste avere la necessità di cambiarla e per questo sono a disposizione i comandi `cd` e `cd ..` noti certamente ai frequentatori del mondo Unix.

A questo punto siete pronti per lanciare il vostro programma all'interno del debugger:

```
(gdb) run
```

11.3.1 Input ed Output del programma

Una volta avviato all'interno del debugger GDB il vostro programma accetterà input e restituirà output sempre all'interno dello stesso terminale di GDB. Questo potrebbe causare scarsa leggibilità e conseguentemente scarso controllo sul debugging. Vi sono dei metodi per ovviare a questo problema. Si può ad esempio redirezionare lo standard input e lo standard output alla solita maniera:

```
(gdb) run > fileoutput
```

oppure è possibile specificare su quale terminale il vostro programma dovrà reperire l'input e mostrare l'output tramite il comando `tty`. Per esempio:

```
(gdb) tty /dev/ttyc
```

11.4 Step by Step

11.4.1 Breakpoints

Un breakpoint svolge la funzione di bloccare l'esecuzione del vostro programma in un punto scelto da voi. L'utilizzo dei breakpoint è molto importante in quanto consentono di analizzare la memoria del programma in un ben determinato momento della sua esecuzione. Vanno utilizzati con saggezza. I breakpoints vengono settati tramite il comando `break` che può essere abbreviato in `b`. Le opzioni che ci sembrano più importanti per questo comando vengono riportate accompagnate da una breve descrizione:

Comando: `(gdb) break <nomefunzione>`

Questa direttiva imposta un breakpoint alla funzione specificata. Tale funzione dovrà appartenere al vostro programma. Quando il programma si bloccherà potrete interagire con tutte le variabili definite all'interno della funzione su cui è stato impostato il breakpoint.

Comando: (gdb) `break <numerolinea>`

In questo modo impostiamo un breakpoint alla linea n dove n è il numero specificato come argomento dell'istruzione `break`. Tale numero si riferisce naturalmente alle linee del codice sorgente del vostro programma.

Comando: (gdb) `break <+offset> o <-offset>`

Questo comando si può utilizzare se già sono stati impostati altri breakpoint (almeno 1) e il programma ha interrotto la propria esecuzione su uno di questi. Il risultato è semplicemente quello di ottenere un nuovo breakpoint offset linee dopo quello su cui il programma si è bloccato, se offset è un numero positivo, prima altrimenti.

Comando: (gdb) `break nomefile:nomefunzione`

Viene impostato un breakpoint alla funzione specificata del file sorgente specificato.

Comando: (gdb) `break nomefile:numerolinea`

Viene impostato un breakpoint alla linea numerolinea del file sorgente specificato

Comando: (gdb) `break indirizzo-di-memoria`

Questo comando va utilizzato quasi esclusivamente se non avete a disposizione il file sorgente. Esso consente di impostare un breakpoint su di uno specifico indirizzo di memoria che potrete ottenere una volta disassemblato il file eseguibile. ¹

Comando: (gdb) `break <numerolinea> if <cond>`

Questa direttiva imposta un breakpoint alla linea numerolinea del file sorgente se e solo se si verifica la condizione specificata.

Comando: (gdb) `break`

Senza nessun argomento questo comando imposta un breakpoint sulla successiva istruzione che deve essere eseguita.

Naturalmente l'utilità e la versatilità dei breakpoints risiede anche nel fatto che è possibile:

- Elencare i breakpoint impostati mediante il comando:
(gdb) `info break`.

¹I comandi per farlo sono descritti.....

Tali breakpoints vengono numerati in ordine di creazione

- Disabilitare (o riabilitarne uno precedentemente disabilitato) un breakpoint attraverso i comandi:
`(gdb) enable <numero-breakpoint>`
`(gdb) disable <numero-breakpoint>.`
- Cancellare un breakpoint tramite la direttiva:
`(gdb) delete <numero-breakpoint>`

È inoltre possibile:

- Abilitare una volta il proprio breakpoint mediante il comando:
`(gdb) enable once <numero-breakpoint>`
In questo modo il breakpoint specificato fermerà il vostro programma una volta e dopo verrà disabilitato.
- Abilitare per essere cancellato il proprio breakpoint mediante il comando: `(gdb) enable delete <numero-breakpoint>`
In questo modo il programma verrà bloccato una sola volta su tale breakpoint che in seguito verrà cancellato.

11.4.2 Watchpoints

Per certi aspetti un watchpoint è molto simile ad un breakpoint. Come quest'ultimo infatti esso è in grado di bloccare l'esecuzione del programma. Tale situazione si verifica al cambiamento di una certa espressione (ad esempio una variabile del programma). Utilizzando quindi i watchpoints risulta molto facile tenere sotto controllo l'evoluzione del contenuto delle variabili durante l'esecuzione e, conseguentemente, rilevare eventuali errori. Il comando necessario a settare un watchpoint è:

Comando: `(gdb) watch <espressione>`

Per i watchpoints valgono le considerazioni fatte poco sopra per i breakpoints riguardo alla loro abilitazione, disabilitazione e cancellazione. Infatti, se avete abilitato dei watchpoints, il comando `(gdb) info break` li mostrerà. Eccone un esempio:

```
(gdb) info break
Num Type      Disp Enb Address      What
```



```

1 breakpoint keep y 0x080484c6 in main at Gdb_example.c:13
    breakpoint already hit 1 time
2 hw watchpoint keep y i
4 breakpoint keep y 0x0804853a in main at Gdb_example.c:23

```

Ed il comando (gdb) info watch farà praticamente la stessa cosa:

```

(gdb) info watch
Num Type          Disp Enb Address      What
1 breakpoint      keep y  0x080484c6 in main at Gdb_example.c:13
    breakpoint already hit 1 time
2 hw watchpoint   keep y          i
4 breakpoint      keep y  0x0804853a in main at Gdb_example.c:23

```

11.4.3 Una volta bloccata l'esecuzione...

Ok, direte voi, ora siamo fermi, il programma ha interrotto la sua esecuzione per un breakpoint o un watchpoint, e adesso? Adesso è il momento di verificare, muoversi piano e con cautela, di cominciare ad usare i seguenti comandi:

Comando: (gdb) list <m,n>

Questo comando, molto utile, mostra il listato del codice sorgente a partire dalla linea m per finire alla linea n. Lo stesso comando dato senza argomenti comporta la visualizzazione di 10 righe di codice dipendenti dal punto in cui il programma ha interrotto la propria esecuzione.

Comando: (gdb) print <espressione>

Print è una funzione molto importante ed utile del debugger GDB, essa è in grado di stampare praticamente tutti i tipi ed i valori delle espressioni, variabili o array passate come argomento. Nel caso l'argomento in questione fosse un array prendiamo in considerazione come esempio la seguente istruzione:

```
(gdb) print array[n]@m
```

Tale istruzione stampa m elementi dell'array a partire dall'n-esimo. Il resto, per quanto riguarda questo comando è lasciato alla voglia di documentarsi e sperimentare del lettore come utile esercizio.

Comando: (gdb) *whatis* <variabile>

Questo comando viene utilizzato per visualizzare il tipo della variabile che gli si passa come argomento. Risulta molto utile qualora il nostro programma abbia notevoli dimensioni, oppure qualora ci trovassimo a debuggare un programma che non è stato scritto da noi.

Comando: (gdb) *ptype* <struct>

Il comando *whatis* presenta tuttavia un forte limitazione nell'analisi delle strutture. Supponiamo infatti di aver dichiarato all'interno di un nostro programma una

struttura di questo tipo:

```
struct identity {  
    char *nome;  
    char *cognome;  
    int data;  
};  
struct identity me;
```

Dal comando *whatis* sulla variabile *me* non otterremo informazioni riguardanti la costruzione della struttura cui tale variabile si riferisce ma soltanto il nome della struttura:

```
(gdb) whatis me  
type = struct identity
```

Conviene allora, in questi casi, avvalersi del comando *ptype*:

```
(gdb) ptype me  
type = struct identity {  
    char *nome;  
    char *cognome;  
    int data;  
}
```

Ottenendo quindi il risultato desiderato.

11.4.4 Andare avanti

Una volta terminato di analizzare una parte di programma tramite i comandi prima indicati, dopo averne bloccata l'esecuzione con un breakpoint (watchpoint), occorrerà andare avanti, proseguire con l'esecuzione del programma. GDB mette a

disposizione diversi comandi per ottenere questo risultato secondo diverse modalità:

Comando: (gdb) continue

Questo comando riprende l'esecuzione del programma fino al successivo breakpoint

(watchpoint). È evidente che se non sono presenti altri punti di interruzione il programma tenterà ² di completare la sua esecuzione.

Comando: (gdb) step

In questo modo si esegue il programma un'istruzione per volta. Naturalmente, come saprete, il termine istruzione non individua una funzione: la stampa a video richiede la funzione *printf*. Il comando *step* entra semplicemente nella funzione e la esegue un'istruzione alla volta.

Comando: (gdb) next

Forse maggiormente utilizzato rispetto a *step*, questo comando si comporta quasi come il precedente ma la notevole differenza risiede nel fatto che esso esegue un'intera funzione quando la incontra.

Comando: (gdb) finish

Completa l'esecuzione del programma fino ad arrivare alla terminazione della funzione.

Comando: (gdb) run

Oltre ad avviare la prima volta il nostro programma all'interno del GDB, questo comando consente anche di riavviare, dall'inizio, l'esecuzione di un programma la cui esecuzione è stata fermata.

Comando: (gdb) quit o (gdb) ctrl+D

Terminano l'esecuzione del GDB.

²Qualora fossero presenti errori il programma terminerà in uno stato di errore

11.5 Sessione d'esempio

Abbiamo quindi ora imparato la sintassi e le funzioni di alcuni semplici ma utili comandi di GDB. Vediamo di mettere in pratica quanto imparato su di un semplice esempio.

11.5.1 Codice C

Questo è il codice del semplice programma che utilizzeremo, e che non va assolutamente preso come esempio di buona programmazione:

```
1 /* File Gdb_example.c. File utilizzato per la sessione esplicativa
2    del debugger GDB */
3
4 #include <stdio.h>
5
6 /* prototipo della funzione incrementa */
7
8 int incrementa(int);
9
10 int main (void) {
11
12
13     int i=0;
14     struct identity {
15         char *nome;
16         char *cognome;
17         int data;
18     };
19     struct identity me;
20
21     printf(" Inserisci un valore intero da assegnare ad i: ");
22     scanf("%d", &i);
23     printf("Ora i vale : %d\n", i);
24     printf("chiamo la funzione incrementa\n");
25
26     i = incrementa(i);
27
28     printf("Ora i vale : %d\n", i);
29
30     exit(0);
```

```
31 }
32
33 int incrementa (int num) {
34
35     num = num+1;
36     return(num);
37 }
```

Supponiamo che sappiate già compilare il programma come descritto nelle prime parti di questo capitolo,

11.5.2 Sessione GDB

```
[contez@localhost Book]$ gdb -quiet Gdb_example
(gdb)
```

Si comincia...

```
(gdb) break main
Breakpoint 1 at 0x80484c6: file Gdb_example.c, line 13.
```

Abbiamo impostato un breakpoint in corrispondenza della funzione main del programma. Vediamone la lista.

```
(gdb) info break
Num Type           Disp Enb Address      What
1  breakpoint      keep y   0x080484c6 in main at Gdb_example.c:13
    breakpoint already hit 1 time
```

Avviamo l'esecuzione del programma che si fermerà al primo breakpoint.

```
(gdb) run
Starting program: /home/contez/documenti/collaborazione/Libro/Gdb_example

Breakpoint 1, main () at Gdb_example.c:13
13      int i=0;
```

Diamo un'occhiata a cinque righe di programma.

```
(gdb) list 10,15
10      int main (void) {
11
12
13      int i=0;
14      struct identity {
15                               char *nome;
```

Impostiamo un watchpoint per la variabile i.

```
(gdb) watch i
Hardware watchpoint 2: i
```

In questo modo quando la variabile i cambierà per l'assegnamento verrà bloccata l'esecuzione del programma. Infatti....

```
(gdb) continue
Continuing.
Inserisci un valore intero da assegnare ad i: 45
Hardware watchpoint 2: i
```

```
Old value = 0
New value = 45
0x400882f0 in _IO_vfscanf (s=0x4015a000, format=0x8048612 "%d",
argptr=0xbffff984, errp=0x0) at vfscanf.c:1572
1572    vfscanf.c: No such file or directory.
      in vfscanf.c
```

reperiamo il numero del watchpoint e cancelliamolo.

```
(gdb) info break
Num Type           Disp Enb Address      What
1  breakpoint      keep y   0x080484c6 in main at Gdb_example.c:13
      breakpoint already hit 1 time
2  hw watchpoint   keep y           i
      breakpoint already hit 1 time
(gdb) delete 2
```

Terminiamo il programma ed usciamo dal GDB

```
(gdb) continue
Continuing.
```

```
Ora i vale : 45  
chiamo la funzione incrementa  
Ora i vale : 46
```

```
Program exited normally.  
(gdb) quit
```

Capitolo 12

Uso avanzato del GDB

12.1 Modificare il valore delle variabili

Supponiamo di essere riusciti a capire che il programma si comporta in maniera errata perché ad un certo punto una variabile assume un certo valore. Crediamo quindi ragionevole che se al posto di quel valore ne assumesse uno più consono il nostro programma terminerebbe e funzionerebbe correttamente. Ma non ne siamo sicuri, dobbiamo provare. Il GDB mette a disposizione un comando per settare il valore delle variabili, ad esecuzione bloccata, a nostro piacimento:

Comando: (gdb) `set variable <nomevariabile>=valore>`

È evidente che tale comando andrà utilizzato *dopo* che l'assegnamento incriminato è stato effettuato, posizionando accuratamente i nostri breakpoints (watchpoints).

12.2 Analisi dello Stack

Ogni volta che un programma esegue una chiamata ad una funzione vengono generate delle informazioni inerenti la chiamata e necessarie alla corretta esecuzione del programma. Tali informazioni includono:

- La posizione della chiamata
- Gli argomenti della chiamata
- Le variabili locali della funzione che è stata chiamata

Queste informazioni vengono allocate in una particolare area di memoria: lo **Stack** in particolari blocchi chiamati **Stack frames**.

12.2.1 Stack frames

All'inizio dell'esecuzione del programma lo stack contiene un solo frame relativo al programma stesso: quello della funzione *main* che viene identificato come **initial frame**. Continuando con l'esecuzione del programma, ad ogni chiamata di funzione viene allocata nuova memoria nello Stack, viene infatti creato un nuovo frame. Quando la funzione termina restituendo un certo valore (o void) il relativo frame viene deallocato dallo stack. Naturalmente, se la funzione è ricorsiva, verranno allocati più frames nello stack per la stessa funzione. Il frame della funzione attualmente in esecuzione nel nostro programma viene chiamato **innermost frame** e ovviamente è il frame creato più recentemente.

Nel programma i vari frames vengono identificati mediante il loro indirizzo. Quest'indirizzo può essere diverso da computer a computer. Infatti, poiché ogni frame è composto da più bytes, aventi ognuno un proprio indirizzo ogni tipo di computer ha le proprie *convenzioni* per scegliere il byte col quale riferirsi al frame. generalmente quest'indirizzo è posto in un registro chiamato **frame pointer register**. Per assicurare una migliore gestione dei frames durante il debugging il GDB li identifica con una numerazione crescente, l'initial frame avrà quindi numero 0.

12.2.2 Backtraces

Uno dei comandi maggiormente utilizzato per interagire con lo stack è `backtrace`.

```
(gdb) backtrace
```

Esso mostra i frames del programma partendo da quello attualmente in esecuzione, proseguendo con quello chiamante e continuando con i restanti frames. Possono inoltre essere passate al comando le seguenti opzioni:

Comando: `(gdb) backtrace n`

In questo modo viene stampato un backtrace per i primi *n* frames dello stack.

Comando: (gdb) backtrace -n

Viene in questo modo generato un backtrace per le ultime n righe dello stack.

12.2.3 Vagare per i frames :-D

Le variabili temporanee definite all'interno delle funzioni possono essere analizzate soltanto all'interno della funzione ad esse relativa, e questo vale anche per le variabili definite nella funzione *main*. Poiché ad ogni funzione è associato almeno un frame. Allora, quando blocchiamo l'esecuzione di un programma, potremo analizzare solo le variabili relative al frame corrente. Fortunatamente GDB mette a disposizione comandi per spostarsi all'interno dello stack, cambiando quindi frame. Fra questi il più importante è:

Comando: (gdb) frame n

Questo comando consente di spostarsi al frame numero n, dove la numerazione la si evince dal comando backtrace

Quando si seleziona un nuovo frame vengono stampate a video due linee di testo. La prima linea contiene: il numero del frame, il nome della funzione ad esso associata, gli argomenti ed il loro eventuale valore, il nome del file sorgente e il numero della linea in esecuzione su questo frame.

La seconda linea contiene il testo della linea in esecuzione.

12.2.4 Ricavare informazioni riguardanti il frame

Vari comandi messi a disposizione dal GDB permettono di ricavare diverse informazioni riguardanti il frame corrente.

Comando: (gdb) frame

Questo comando consente di visualizzare le 2 linee precedentemente descritte relative al frame corrente.

Comando: (gdb) info frame

In questo modo otteniamo delle informazioni dettagliate riguardanti il frame corrente. Verranno infatti mostrate le seguenti notizie:

- l'indirizzo di memoria del frame
- l'indirizzo del frame che verrà chiamato dal frame corrente

- l'indirizzo del frame chiamante il frame corrente
- Il linguaggio con cui è stata scritta la funzione relativa al frame in questione
- L'indirizzo degli argomenti del frame
- I registri salvati nel frame e quale indirizzo si trovano

Per la mole e l'importanza delle informazioni mostrate questo comando è molto utilizzato.

Comando: (gdb) info frame n

In questo modo otteniamo lo stesso numero e tipo di informazioni che ottenevamo col comando precedente per il frame n con n ricavato da `backtrace`.

Comando: (gdb) info args

Otteniamo informazioni riguardanti gli argomenti del frame corrente.

12.3 Esami approfonditi del programma

12.4 Sessione d'esempio

Questa volta analizzeremo un codice sì semplice ma estremamente stimolante, apparso sulla famosa e-zine Phrack nell'articolo *Smashing the stack for fun and profit*, e modificato appositamente per funzionare sulla mia macchina¹. Un piccolo esempio di come errori di programmazione possano essere usati per modificare il flusso del programma (nel nostro caso) o, più maliziosamente, per far eseguire codice arbitrario alla macchina.

12.4.1 Il Codice sorgente

```
1
2
3 void function(int a, int b, int c) {
4     char buffer1[5];
```

¹Le modalità di gestione della memoria nello stack dipendono dall'architettura del calcolatore e comunque possono evolversi nel tempo

```
5      char buffer2[10];
6      int *ret;
7      ret = buffer1+28;
8      (*ret) +=10;
9  }
10
11 void maini() {
12     int x;
13
14     x = 0;
15     function(1,2,3);
16     x = 1;
17     printf("x è uguale a %d\n",x);
18 }
```

Compilatelo ed eseguitelo, con un pò di fortuna funzionerà anche sulla vostra macchina. In ogni caso non diperate perché alla fine potrete modificarlo per farlo funzionare. Qualora funzionasse vi sarete accorti di qualcosa di strano: l'assegnamento $x = 1$ non viene eseguita ed il programma stampa $x=0$! Strano, cosa è successo? Vediamolo.

12.4.2 Analisi dello stack e della memoria

basandoci su quanto detto in precedenza cerchiamo di dire, teoricamente, come dovrebbe essere fatto lo stack frame relativo alla funzione *function*. In esso verranno allocati gli argomenti della funzione, l'indirizzo di ritorno (dove è contenuta la successiva istruzione da eseguire all'uscita dalla funzione) e le variabili della funzione. Avremo quindi una struttura di questo tipo:

[buffer2] [buffer1] [fp] [RET] [a] [b] [c]

Dove *buffer2* dovrebbe occupare 12 Byte ², *buffer1* 8 bytes e *fp* (il frame pointer) 4 bytes. Si deve inoltre notare che gli indirizzi di memoria maggiori decrescono con l'allocazione, ossia *buffer2* occupa indirizzi di memoria minori rispetto a *buffer1*.

Nel programma è stato inoltre creato il puntatore *ret* con l'indirizzo di *RET* trovato aggiungendo 4 bytes alla dimensione di *buffer1*, quindi 12 bytes. E qui finisce la teoria perché come si vede l'indirizzo di *RET* è stato trovato molto dopo 12 bytes. Come ce ne siamo accorti? Col GDB, è ovvio. Disassembliamo il frame della funzione.

²nello stack la memoria viene allocata in multipli di 4 bytes

```
\index{GDB!disassemblare una funzione}
(gdb) disassemble function
Dump of assembler code for function function:
0x8048460 <function>:  push    %ebp
0x8048461 <function+1>:  mov     %esp,%ebp
0x8048463 <function+3>:  sub     $0x38,%esp <---- Memoria allocata
0x8048466 <function+6>:  lea     0xffffffe8(%ebp),%eax
0x8048469 <function+9>:  add     $0x1c,%eax
0x804846c <function+12>:      mov     %eax,0xffffffd4(%ebp)
0x804846f <function+15>:      mov     0xffffffd4(%ebp),%edx
0x8048472 <function+18>:      mov     0xffffffd4(%ebp),%eax
0x8048475 <function+21>:      mov     (%eax),%eax
0x8048477 <function+23>:      add     $0xa,%eax
0x804847a <function+26>:      mov     %eax,(%edx)
0x804847c <function+28>:      leave
0x804847d <function+29>:      ret
End of assembler dump.
```

Come è stato evidenziato nel codice la memoria per *buffer1* e *buffer2* è allocata in misura maggiore rispetto al necessario (20 bytes). Nel mio caso è stata allocata memoria per 56 bytes. È allora ragionevole pensare che per *buffer1* sia stata allocata più memoria di quanto era stato previsto. Quanta? Per saperlo ricorriamo ancora una volta al GDB.

```
(gdb) break function
Breakpoint 1 at 0x8048466: file Buffer_Overflow.c, line 7.
(gdb) run
Starting program: /home/contez/documenti/collaborazione/Libro/Buffer_Overflow

Breakpoint 1, function (a=1, b=2, c=3) at Buffer_Overflow.c:7
7          ret = buffer1+28;
```

Poiché in questo caso l'indirizzo di *buffer1* è:

```
(gdb) print &buffer1
$1 = (char *) [5]) 0xbffff980
```

E quello del frame pointer (*ebp*) è:

```
(gdb) print $ebp
$2 = (void *) 0xbffff998
```

Si viene a scoprire che la memoria allocata è di 24 bytes + 4 bytes per *fp* = 28 bytes. Aggiungendo quindi 28 all'indirizzo di *buffer1* si punta a *RET*. Ma non è finita. *RET* viene infatti espanso per altri 10 bytes. Cosa comporta questo? L'avete intuito? Spero di sì, comunque vediamo meglio col GDB.

```
(gdb) disassemble main
Dump of assembler code for function main:
0x8048480 <main>:      push    %ebp
0x8048481 <main+1>:     mov     %esp,%ebp
0x8048483 <main+3>:     sub     $0x8,%esp
0x8048486 <main+6>:     movl    $0x0,0xffffffff(%ebp)
0x804848d <main+13>:    sub     $0x4,%esp
0x8048490 <main+16>:    push    $0x3
0x8048492 <main+18>:    push    $0x2
0x8048494 <main+20>:    push    $0x1
0x8048496 <main+22>:    call   0x8048460 <function> <--Chiamata alla funzione

0x804849b <main+27>:    add     $0x10,%esp <-- il comando ripassa a main

0x804849e <main+30>:    movl    $0x1,0xffffffff(%ebp) <-- Assegnazione x =1
0x80484a5 <main+37>:    sub     $0x8,%esp
0x80484a8 <main+40>:    pushl   0xffffffff(%ebp)
0x80484ab <main+43>:    push    $0x8048528
0x80484b0 <main+48>:    call   0x804833c <printf>
0x80484b5 <main+53>:    add     $0x10,%esp
0x80484b8 <main+56>:    leave
0x80484b9 <main+57>:    ret
End of assembler dump.
```

Si vede che l'istruzione successiva all'assegnamento $x = 1$ dista dal ritorno alla funzione main 10 bytes! Espandendo quindi *RET* di 10 bytes si sovrascrive tale assegnamento e si indica come prima istruzione da eseguire all'uscita dalla funzione proprio quella successiva a questo. Il risultato è quindi che il valore 1 non verrà mai assegnato alla variabile *x* e quindi a video verrà stampato solo $x = 0$. Abbiamo quindi modificato lo stack senza che il programma terminasse in uno stato di errore e, in più, abbiamo modificato il flusso del programma a nostro piacimento. Interessante vero? Certo da questo a far eseguire codice arbitrario le cose si complicano ma neanche troppo, senza contare che è anche possibile sovrascrivere le strutture generate dalle chiamate a *malloc* nello *HEAP*. Ma questa è un'altra storia...

12.5 GDB ancora più velocemente

I comandi gdb non sono, alcune volte, molto agevoli da scrivere per questo sono ammesse delle abbreviazioni univoche. Ne riportiamo alcune tra le più importanti:

frame	f
next	n
step	s
break	b
backtrace	bt

Ricordiamo inoltre che premendo return senza specificare alcun comando comporta l'esecuzione dell'ultimo comando impartito durante la stessa sessione. È inoltre possibile accedere agli altri comandi digitati nella sessione utilizzando i tasti freccia in alto e freccia in basso (un pò come in bash). Occorre inoltre far notare che GDB possiede un ottimo help in linea. Per sapere come accedere alle sue sezioni, e per sapere da quali sezioni esso sia costituito basta digitare `help` all'interno della sessione. Eccone un esempio:

```
(gdb) help
```

```
List of classes of commands:
```

```
aliases -- Aliases of other commands
breakpoints -- Making program stop at certain points
data -- Examining data
files -- Specifying and examining files
internals -- Maintenance commands
obscure -- Obscure features
running -- Running the program
stack -- Examining the stack
status -- Status inquiries
support -- Support facilities
tracepoints -- Tracing of program execution without stopping the program
user-defined -- User-defined commands
```

Type "help" followed by a class name for a list of commands in that class.
Type "help" followed by command name for full documentation.
Command name abbreviations are allowed if unambiguous.

È inoltre disponibile in rete molta documentazione. In particolare, per ulteriori approfondimenti, rimandiamo all'ottimo *Debugging with GDB*

12.6 conclusioni

Certamente, secondo una prima impressione, il GDB potrebbe non sembrare molto comodo da utilizzare. Tuttavia siamo certi che un a pratica costante nel suo utilizzo porterà qualunque programmatore ad un'incremento notevole della sua produttività.

Capitolo 13

In breve: utilizzo di *make*

13.1 makefile

Al fine di velocizzare le operazioni di compilazione di progetti distribuiti su più sorgenti, si utilizza *make*. Allo scopo, bisogna creare un file di nome *makefile*, nella medesima directory con i sorgenti, contenente tutte le istruzioni per la compilazione. Ad esempio, insieme a questo documento, sono disponibili tutti i sorgenti che compaiono commentati. Per la compilazione di questi, si può pensare di realizzare il seguente *makefile*

```
all: primo seno lista argomenti switch fork if while dowhile forinfinito\  
for foralone specificatore cast 2html posta punt1 punt2\  
swap sep\  

```

```
primo : primo.c;  
cc primo.c -o primo
```

```
seno : seno.c;  
cc seno.c -o seno -lm
```

```
lista : lista.c;  
cc lista.c -o lista
```

```
fork : fork.c;  
cc fork.c -o fork
```

```
if : if.c;  
cc if.c -o if
```

```
argomenti: argomenti.c
cc argomenti.c -o argomenti
```

```
switch: switch.c;
cc switch.c -o switch
```

```
while: while.c;
cc while.c -o while
```

```
dowhile: dowhile.c;
cc dowhile.c -o dowhile
```

```
forinfinito : forinfinito.c;
cc forinfinito.c -o forinfinito
```

```
for : for.c;
cc for.c -o for
```

```
specificatore : specificatore.c;
cc specificatore.c -o specificatore
```

```
cast : cast.c;
cc cast.c -o cast
```

```
castbis : castbis.c;
cc castbis.c -o castbis
```

```
foralone : foralone.c;
cc foralone.c -o foralone
```

```
2html : 2html.c;
cc 2html.c -o 2html
```

```
posta : posta.c;
cc posta.c -o posta
```

```
punt1 : punt1.c;
cc punt1.c -o punt1
```

```
punt2 : punt2.c;
cc punt2.c -o punt2
```

```

swap : swap.c;
cc swap.c -o swap

sep  : sep_1.c sep_2.c;
cc sep_1.c sep_2.c -o sep

```

Nella prima parte del file, dopo **all:** compare un elenco di etichette. Si noti che non ci sono andate a capo se non seguite da `\`. In corrispondenza di ciascuna di queste etichette, si ha, separato dal tasto **TAB** e dai due punti, l'elenco dei files interessati dal comando che segue. Sulla riga successiva, i comandi necessari da eseguire sui listati in oggetto. Per eseguire il makefile, basta dare, da shell, il comando:

```
$ make
```

Make si preoccupa di compilare solamente quei sorgenti che non siano già stati compilati, o che risultino essere stati compilati dopo l'ultima modifica del sorgente, permettendo un notevole risparmio di tempo e di cicli cpu.

Si potrebbe obiettare che un makefile come quello sopra sia, in molti casi, inutilmente prolisso. Nel caso in cui si abbia una gran quantità di sorgenti da compilare, diciamo così, senza opzioni particolarmente ricercate, un buon makefile potrebbe essere il seguente:

```

all: primo lista argomenti switch fork if while dowhile forinfinito\
for foralone specificatore cast 2html posta punt1 punt2\
swap \

%.o : %.c
cc $<

```

1

Il quale, al comando

```
$ make
```

impartito da shell, produce come risultato:

¹Si noti che si sono eliminati dalla lista **seno** e **sep** poichè per questi sarebbe necessario aggiungere un comando diverso...

```
cc      lista.c    -o lista
cc      argomenti.c  -o argomenti
cc      switch.c   -o switch
cc      fork.c     -o fork
cc      if.c       -o if
cc      while.c    -o while
cc      dowhile.c  -o dowhile
cc      forinfinito.c -o forinfinito
cc      for.c      -o for
cc      foralone.c -o foralone
cc      specificatore.c -o specificatore
cc      cast.c     -o cast
cc      2html.c    -o 2html
cc      posta.c    -o posta
cc      punt1.c    -o punt1
cc      punt2.c    -o punt2
cc      swap.c     -o swap
```

Per un utilizzo avanzato di *make* si rimanda, come di rito, alle man pages del vostro sistema.

Capitolo 14

Gestione elementare del colore

Per una gestione pienamente soddisfacente della grafica da terminale, si consiglia l'impiego delle librerie *Curses* e si rimanda alla documentazione di queste ultime. Ci si ripropone di trattarle in questa sede in una versione successiva del presente documento.

Per una gestione abbastanza portabile del colore, è possibile impiegare i codici di `escape` per comunicare alla console che si vuole stampare a video impiegando un certo colore. I codici di escape, come tutti i caratteri speciali, sono preceduti da un carattere backslash e contraddistinti dal carattere `e`.

Il segmento di codice sotto, seguendo sempre la filosofia che un esempio valga più di mille parole, fa sì che la scritta `aaa` venga stampata a video in vari colori, corrispondenti ai codici di escape che compaiono nel listato.

```
1 #include<stdio.h>
2 int main()
3 {
4     printf("\e[1;30m \n\t aaa\n\n\e[00m");
5     printf("\e[1;31m \n\t aaa\n\n\e[00m");
6     printf("\e[1;32m \n\t aaa\n\n\e[00m");
7     printf("\e[1;33m \n\t aaa\n\n\e[00m");
8     printf("\e[1;34m \n\t aaa\n\n\e[00m");
9     printf("\e[1;35m \n\t aaa\n\n\e[00m");
10    printf("\e[1;36m \n\t aaa\n\n\e[00m");
11    printf("\e[1;37m \n\t aaa\n\n\e[00m");
12    printf("\e[1;38m \n\t aaa\n\n\e[00m");
13    printf("\e[1;39m \n\t aaa\n\n\e[00m");
14    printf("\e[0;30m \n\t aaa\n\n\e[00m");
15    printf("\e[0;31m \n\t aaa\n\n\e[00m");
16    printf("\e[0;32m \n\t aaa\n\n\e[00m");
```

```
17 printf("\e[0;33m \n\t aaa\n\n\e[00m");
18 printf("\e[0;34m \n\t aaa\n\n\e[00m");
19 printf("\e[0;35m \n\t aaa\n\n\e[00m");
20 printf("\e[0;36m \n\t aaa\n\n\e[00m");
21 printf("\e[0;37m \n\t aaa\n\n\e[00m");
22 printf("\e[0;38m \n\t aaa\n\n\e[00m");
23 printf("\e[0;39m \n\t aaa\n\n\e[00m");
24 printf("\e[3;30m \n\t aaa\n\n\e[00m");
25 printf("\e[3;31m \n\t aaa\n\n\e[00m");
26 printf("\e[3;32m \n\t aaa\n\n\e[00m");
27 printf("\e[3;33m \n\t aaa\n\n\e[00m");
28 printf("\e[3;34m \n\t aaa\n\n\e[00m");
29 printf("\e[3;35m \n\t aaa\n\n\e[00m");
30 printf("\e[3;36m \n\t aaa\n\n\e[00m");
31 printf("\e[3;37m \n\t aaa\n\n\e[00m");
32 printf("\e[3;38m \n\t aaa\n\n\e[00m");
33 }
```

Si provi a compilarlo e... a fargli stampare qualcosa di differente (e decisamente più utile ai propri scopi).

Capitolo 15

Errori

Durante l'esecuzione di un programma possono verificarsi molti eventi che comportano il verificarsi di errori in run time. Ad esempio se vogliamo accedere in lettura ad un file che però, prima della chiamata alla funzione relativa, è stato eliminato per qualche ragione dal sistema si produrrà un'errore.

La corretta gestione degli errori è dunque estremamente importante, soprattutto se il nostro programma interagisce pesantemente col sistema. Si faccia ben attenzione al termine *gestione*, esso non è utilizzato casualmente. Se, infatti, parte degli errori che possono verificarsi durante l'esecuzione di un programma è evitabile magari modificando parte del codice, una buona percentuale di essi non lo è, per questo motivo occorre saper gestire le condizioni d'errore che possono presentarsi inevitabilmente in modo tale che queste non comportino l'arresto del programma quando non necessario. Nel caso esposto poco sopra, ad esempio, verificatosi l'errore si sarebbe potuto stampare a video il messaggio "file non trovato" e magari mettere il programma in attesa di un nuovo nome di file in input.

Le funzioni messe a disposizione dalle librerie GNU C prevedono la gestione degli errori che possono verificarsi durante l'esecuzione di un programma, infatti in genere tali funzioni ritornano un valore indicante il fallimento della chiamata (spesso -1). Tuttavia, per comprendere il genere di errore verificatosi comprenderete che il valore -1 non è d'aiuto, per questo motivo, includendo l'apposito file header `errno.h`, è possibile sfruttare la variabile `errno`

15.1 La variabile `errno`

All'interno del file header `errno.h` è dichiarata la variabile `errno`. Si tratta fondamentalmente di un intero che assume determinati valori a seconda del

verificarsi di vari generi di errori. Quindi sarebbe opportuno che si esaminasse la variabile `errno` ad ogni chiamata di sistema per poter ottenere utili informazioni. È importante notare che delle volte, per alcune funzioni, la variabile `errno` risulta l'unico metodo veramente attendibile per verificare se la chiamata ha avuto successo o meno, pensate infatti a cosa accadrebbe se il valore -1 fosse un valore accettabile e quindi non denotante una condizione di errore. Casi di questo tipo sono presenti per funzioni che gestiscono la priorità dei processi e per le quali si rimanda al capitolo sulle risorse di sistema.

Le funzioni offerte dalle librerie GNU C impostano il valore di `errno` ad una macro la quale sarà successivamente espansa in un determinato codice. Per vedere a quali codici una macro si riferisce e per avere un elenco delle macro disponibili il consiglio è quello di analizzare i vari files `errno.h` presenti sul sistema, troverete in poco tempo quello che cercate. Per una descrizione di tutte le macro presenti invece rimandiamo alle pagine di manuale pur avendo queste dei nomi autoesplicativi ed essendo prese in considerazione spesso per le funzioni che tratteremo.

15.2 Funzioni per la gestione degli errori

15.2.1 La funzione `strerror`

Function: `char * strerror (int ERRNUM)`

Dichiarata nel file `string.h` questa funzione accetta come parametro il valore di `errno` esplicitando in seguito la causa dell'errore nella stringa restituita.

15.2.2 La funzione `perror`

Function: `void perror (const char *MESSAGE)`

La funzione in questione può essere pensata come una sorta di `printf`, la differenza sostanziale risiede nel fatto che invece di emettere la stringa passata come parametro attraverso lo standard output essa viene emessa attraverso lo standard error. Ciò è particolarmente interessante se si pensa che da console è possibile redirigere solamente lo standard error attraverso l'uso di `2>`. Pensate infatti al caso, non molto raro se usate Linux, in cui ricompilate un programma: attraverso lo standard output vengono emessi in rapida sequenza tutta una serie di messaggi. Tra questi eventuali errori potrebbero passare inosservati o comunque andrebbero persi nel caos. È quindi buona

abitudine reindirizzare lo standard error su un normale file di testo in modo tale da poterlo analizzare alla fine della compilazione. Un esempio potrebbe essere:

```
$make 2> errori.txt
```

Ma non è finita qui, perror stampa anche messaggio relativo alla variabile `errno`. Occorre quindi aver cura di utilizzare perror solo in caso di errore altrimenti si potrebbe essere tratti in inganno. Perror è dichiarata nel file header `stdio.h`

15.2.3 La funzione error

Function: void error (int STATUS, int ERRNUM, const char *FORMAT, ...)

Le funzioni precedentemente trattate rispettano lo standard ANSI C e come tali sono portabili su qualsiasi piattaforma. Tuttavia delle volte è necessario ricavare maggiori informazioni sull'errore verificatosi. Per questo esistono delle funzioni particolari, non appartenenti allo standard ANSI C, molto utili. `error` è tra queste, ed è definita in `error.h`. Qualora il valore di `STATUS` fosse diverso da zero la chiamata a questa funzione causerà l'uscita dal programma altrimenti ritornerà 0. Il codice che descrive l'errore è in questo caso passato in maniera esplicita con la variabile `ERRNUM` cui segue una stringa definita dall'utente. Questa funzione stampa anche il nome del programma chiamante. L'output generato è emesso attraverso lo standard error.

Vi sono anche altre funzioni per la gestione degli errori ma riteniamo per ora sufficiente utilizzare quelle sopra riportate facendo bene attenzione al caso in cui il vostro programma debba essere compilato su più piattaforme.

Capitolo 16

Processi

16.1 Introduzione

Si potrebbe definire un processo come l'unità primitiva di lavoro di un sistema. Ogni processo ha un proprio spazio di indirizzamento nella memoria. Contrariamente a quello che molti pensano un processo **non** è un programma anche se delle volte viene a coincidere con esso. Fondamentalmente un processo esegue un programma (soltanto uno) ma questo, a sua volta può generare altri processi. Linux è essenzialmente un ambiente multiprogrammato in cui i processi vengono creati per essere eseguiti in maniera concorrente nel tentativo di sfruttare quanto più possibile la CPU. In questo capitolo verranno trattati i processi, dalla creazione alla loro gestione. Creare un nuovo processo non è il solo modo per far eseguire del codice in maniera concorrente ¹ tuttavia rappresenta una metodologia di lavoro ben collaudata, documentata ed alcune volte insostituibile che deve comunque far parte del bagaglio conoscitivo del programmatore Unix/Linux.

16.2 Generazione e gestione di processi

16.2.1 La funzione `system()`

Si può decidere di passare comandi dal programma in esecuzione al sistema operativo sottostante mediante una chiamata alla funzione

```
system(<nome_comando>)
```

Come è possibile vedere nel breve codice che segue:

¹Vedasi i threads nel prossimo capitolo.

```
#include<stdio.h>

int main()
{
    system("clear");
    printf("\tElenco le directory\n");
    printf("\t=====\\n");
    system("ls");

}/*  main  */
```

Che eseguito, produce un output analogo a quanto segue:

```
Elenco le directory
=====
2html          dowhile.c      lis.c          primo.c       specificatore
2html.c        for             lista         prova        specificatore.c
Buffer_Overflow.c for.c         lista.c       punt1        swap
Gdb_example    foralone       lista_cast.c  punt1.c      swap.c
Gdb_example.c  foralone.c    makefile     punt2        switch
argomenti      forinfinito   makefile.bak punt2.c      switch.c
argomenti.c    forinfinito.c master.c      seno         system
cast           fork          mio_header.h seno.c       system.c
cast.c         fork.c        posta        sep          tmp
castbis.c      if            posta.c      sep_1.c     while
dowhile        if.c         primo        sep_2.c     while.c
```

16.2.2 La funzione fork()

pid_t fork(void)

Questa funzione è estremamente importante nel caso si debba implementare un *server concorrente* ossia un server che non si blocchi e che quindi accetti anche altre eventuali connessioni oltre alla prima.

Come certamente saprete ogni processo presente sul sistema è identificato da un numero: il *Process ID* o, più semplicemente, il *PID*. Ogni processo inoltre è in grado di memorizzare anche il *PID* del processo che l'ha generato, ossia il *PID* del processo padre. È naturalmente possibile ottenere questi numeri mediante le funzioni `pid_t getpid(void)`, per ottenere il *PID* del processo corrente, e `pid_t getppid(void)` per ottenere quello del processo padre

del processo corrente. Oltre a questi indentificatori al processo ne vengono associati degli altri che servono per il controllo di accesso e dei quali per ora non parleremo.

La funzione *fork()* come si evince dalla pagina man che la descrive è utilizzata per creare un nuovo processo. Tale funzione in caso di successo restituisce 0 al figlio ed il *PID* al padre. In caso di insuccesso il figlio non viene creato ed al padre viene restituito -1. Dopo l'esecuzione della funzione *fork()* il processo viene letteralmente sdoppiato ed entrambe i processi proseguono l'esecuzione del programma con l'istruzione immediatamente successiva alla *fork()*. Quello che risulta molto importante, tuttavia, è che i processi risultano indipendenti: il figlio infatti risulta una copia del padre ma non ne condivide la memoria ha quindi un proprio segmento di stack e variabili diverse anche se non nel nome. La funzione *fork()* può tuttavia fallire e questo avviene fondamentalmente in due casi:

- Il numero di processi già attivi nel sistema è troppo grande. In questo caso è molto probabile che qualcosa non vada per il verso giusto al suo interno.
- Il numero massimo di processi che l'utente può generare è stato raggiunto e non ne può quindi essere generato un altro.

Ma a cosa serve la *fork()*? Generando un processo duplicato del padre è possibile gestire il flusso del programma in maniera tale che i due processi generati eseguano ciascuno un codice diverso. Pensate a quanto era accaduto col server iterativo proposto in precedenza: il processo veniva messo in ascolto e la possibilità di un'altra connessione era subordinata alla terminazione della connessione ad essa precedente. Mediante la *fork()* l'elargizione di un servizio a fronte delle richieste di un client possono essere delegate ad un processo figlio, mentre il padre ritorna in attesa di altre richieste di connessione da assegnare ad altri figli. Questo, come avrete capito comporta che tale server sarà in grado di accettare, simultaneamente, più connessioni, sfruttando il multitasking. Altro possibile utilizzo della funzione *fork()* è quello di utilizzare il processo figlio semplicemente per invocare un programma esterno tramite la funzione *exec*.

Ma guardiamo il codice di questo piccolo programmino:

```
1 #include <sys/types.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <stdio.h>
4 #include <stdlib.h>
5
```

```
6 int main(void) {
7
8     fork();                                //duplicazione del processo
9     printf("Sono il padre\n");
10    printf("sono il figlio\n");
11
12    return EXIT_SUCCESS;
13 }
```

Compile ed eseguite più volte di seguito, di cosa vi accorgete? L'output del programma varia, non è costante. Certamente si sarebbe potuto costruire un esempio maggiormente esplicativo mediante l'uso delle funzioni `pid_t getpid(void)` e `pid_t getppid(void)` ² ma quello che per ora ci interessa è che ***non si può dire, in un programma del genere se verrà posto in esecuzione prima il padre od il figlio.*** Il risultato di un programma simile quindi sarebbe del tutto imprevedibile e dipenderebbe dal kernel e dal particolare stato della macchina.

Naturalmente un problema del genere può essere facilmente aggirato ³ sfruttando i valori di ritorno della `fork()` che, ricordiamolo, ritorna due volte. Prendiamo infatti in esame il seguente programma:

```
1 #include <sys/types.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <stdio.h>
4 #include <stdlib.h>
5
6 int main(void) {
7
8     if(fork() != 0){ // allora ho il padre
9         wait();
10        printf("Sono il padre :-)))\n");
11    }
12    else
13        printf("sono il figlio\n");
14
15    return EXIT_SUCCESS;
16 }
```

Avrete certamente compreso che in questo semplice programma il processo padre esegue il codice dalla riga 9 alla riga 10 mentre il figlio esegue

²E vi prometto che nelle prossime revisioni verrà inserito :-P

³Ne dubitavate?

l'istruzione della riga 13, ma non è finita. Grazie alla funzione *wait* il padre attende la terminazione del processo figlio prima di stampare a video. Questo comportamento differenziato è stato ottenuto sfruttando i valori di ritorno della *fork()* sappiamo infatti che uno di essi sarà 0 per il padre ⁴ e quindi è stato possibile selezionare i processi. Facile no?

In aggiunta, si noti che la funzione *fork()* rappresenta l'unico modo in cui è possibile, in ambiente Unix, creare un nuovo processo. Intendendo come processo un programma, residente in memoria, al quale sia associato un identificativo numerico univoco: il *pid* menzionato sopra, ovvero, *process id*. Per conoscere il *pid* di un processo attivo in memoria, è sufficiente dare il comando

```
ps -x
```

...e si ottiene la lista di tutti i programmi in esecuzione con i relativi *pid*. Segue l'ennesimo esempio di chiamata *fork()* ⁵ con stampa a video del *pid* relativo al processo padre in esecuzione.

```
1 #include<stdio.h>
2
3 int main(int argc , char *argv[])
4 {
5     int pid;
6     pid = fork();
7     if( pid == 0)
8         /* Processo figlio */
9     {
10         printf("\n\tSono il figlio\n");
11     }
12     if( pid != 0)
13     {
14         printf("\n\tSono il processo numero: %d \n", pid);
15         exit(0);
16     }
17 }/* main */
```

La funzione *fork()* viene frequentemente impiegata per scrivere dei programmi che girino sulla macchina come *demoni*. Si intende per *demone* un

⁴Ammesso che la chiamata abbia successo

⁵Sperando di non annoiarvi

programma residente in memoria sin dall'avvio della macchina, e che rimane in attesa che si verifichino le circostanze in cui gli venga richiesto di svolgere la sua particolare mansione; un esempio può essere un demone di stampa, che rimane inattivo in memoria fino a che l'utente non invia allo spool un documento da stampare.

Giacchè, in ambiente Unix, ogni processo ha associati tre files, è utile implementare un demone nella maniera seguente:

- Il programma principale si sdoppia (fa una chiamata `fork()`)
- Il processo padre termina, lasciando attivo il processo figlio
- Il figlio chiude i tre canali di I/O che ha associati di default, per non intasare la console. Ciò avviene mediante la chiamata `close()`, come di seguito:

```
close(0);      /* Viene chiuso lo stdin */
close(1);      /* Viene chiuso lo stdout */
close(2);      /* Viene chiuso lo stderr */
```

16.3 Impiego di pipe nei programmi

Un canale di pipe è un oggetto sul quale si può scrivere o leggere come se fosse un comune file. La differenza risiede nell'uso che si fa di quest'ultimo. Una pipe è una sorta di tubo (traduzione fedele) utile per incanalare flussi di input/output verso altri programmi.

Il seguente vuole essere un semplice esempio di impiego utile di pipe in un programma *C* in ambiente Linux/Unix. Lungi, inoltre, dal voler incoraggiare attività poco rispettose del prossimo.

```
1 #define SENDMAIL "/usr/sbin/sendmail -t"
2 #include <stdio.h>
3 #include <stdlib.h>
4
5 int main(int argc, char **argv) {
6     FILE *posta;
7
8     if ( ( posta = popen ( SENDMAIL , "w") ) ) {
9         fputs("To:lulliz@tin.it, contez@infinito.it\n", posta);
10        fputs("Subject: Tutorial sul C");
11        fputs("\n Complimenti per il tutorial \n", posta);
```

```
12     pclose(posta);
13 }
14 exit( 0 );
15 }
```

Si rimarca, quindi, l'impiego della funzione

`popen()`,

impiegata per aprire il canale di pipe secondo le varie modalità possibili, in completa analogia con la funzione

`fopen()`

per i file.

Si avrà quindi

"w"

per la scrittura e

"r"

per la lettura.

16.4 Le funzioni della classe *exec*

Le principali chiamate a questa importante classe di funzione sono:

```
int execl(char *nomeprog, [*arg0,...*argN],0);
int execlp(char *nomeprog, [*arg0,...*argN],0);
int execv(char *nomeprog, *argv[]);
int execvp(char *nomeprog, *argv[]);
```

Dove si è seguita la convenzione di racchiudere tra parentesi quadre i parametri opzionali. La più importante caratteristica che accomuna tutte le funzioni di questa classe consiste nella *sostituzione*, al processo attivo in memoria, del codice eseguibile rappresentato dal programma **nomeprog*. Per *sostituzione* si intende che le istruzioni attualmente in memoria con il PID del processo corrente, all'atto della chiamata, vengono *rimosse* per far luogo all'eseguibile invocato.

Se si volesse, ad esempio, scrivere un programma che lancia un comando di shell, si dovrebbe (ove non si ritenga di usare una chiamata `system()`),

fare una `fork()`, lasciando il processo padre in attesa che il figlio termini; quindi, far eseguire la chiamata `execvp()` (ad esempio) al figlio. In modo tale che, quando la chiamata al programma esterno ha termine, il padre, che era rimasto in attesa fino a quel momento riprende la parola, proseguendo nell'elaborazione.

La più importante differenza tra le prime due funzioni qui menzionate

`execl()`

ed

`execvp()`

e le altre due

`execv()`, `execvp()`

Risiede nel fatto che, mentre nelle prime due il numero di parametri passati alla funzione è univocamente determinato in fase di compilazione, per le altre due questo può cambiare a runtime. Tutte le funzioni sopra, in caso di fallimento ritornano il valore `-1` al programma chiamante.

16.5 Code di messaggi

Al fine di scambiare dati tra due applicazioni, è possibile usare una cosiddetta coda di messaggi. Ovvero, una struttura residente stabilmente nella memoria del sistema operativo, e che può essere impiegata per scambiare messaggi tra due processi; tipicamente, un server ed un programma client che interagisce con quest'ultimo;

La coda viene creata come segue:

```
1 #include<stdio.h>
2 #include<types/ipc.h>
3 #include<sys/ipc.h>
4 #include<sys/msg.h>
5
6 int main()
7 {
8
9 int descrittore_coda;
10 key_t chiave = 30;
11
```

```
12 descrittore_coda = mssget(chiave, IPC_CREAT|0666);
13
14 /* ritorna -1 in caso di errore */
15
16 }
```

Si rimarca quindi l'impiego della chiamata alla funzione:

```
int msgget( key_t chiave, int flag_messaggio)
```

la quale, nel nostro caso, ricevuto il flag `IPC_CREAT`, provvede a creare la coda nella quale possono essere inseriti i messaggi che i vari programmi si possono poi scambiare, con i permessi di seguito specificati.

Ad `IPC_CREAT` si può accodare il flag `IPC_EXCL`; questo produrrà l'effetto di ritornare il codice di errore qualora la coda con la chiave numerica specificata nella

```
msgget()
```

esista di già. Quest'ultimo flag, verrà quindi impiegato quando si vorrà che la creazione della coda sia esclusiva da parte del processo che stiamo lanciando.

Per inviare segnali alla coda (o per rimuoverla) si fa impiego della funzione seguente:

```
msgctl(int msqid,int cmd, struct msqid_ds *buf)
```

la cui utilità consiste nel permettere di eseguire delle operazioni (comandi, se così vogliamo dire) sulla coda.

Quanto sopra specificato può ottenersi specificando come comando da eseguirsi sulla coda, uno dei seguenti:

1. `IPC_RMID`

Per chiedere al sistema operativo di rimuovere la coda associata all'opportuno descrittore.

2. `IPC_STAT`

Da impiegarsi quando, con il processo in corso, ci si propone di effettuare statistiche sulla coda alla quale si sta accedendo.

3. `IPC_SET`

Per operare una modifica dei permessi di accesso della coda; questi vengono specificati al sistema mediante la struttura di tipo `msqid_ds` che viene puntata dal terzo parametro della funzione

```
msgctl()
```

16.5.1 inoltrare e ricevere i messaggi

Ovvero: le chiamate

`msgsnd()`

e

`msgrcv`

Dunque, imparato come creare, e distruggere, all'occorrenza, con una semplice chiamata:

```
msgctl(chiave, IPC_RMID, NULL);
```

non rimane che imparare come poter depositare o estrarre, a piacimento, i nostri messaggi nella coda. A tale scopo, esiste la funzione:

```
int msgsnd(int ds_coda, const void *ptr, size_t nbyte, int flag);
```

Che permette, specificato il descrittore della coda alla quale si vuole accedere, e seguito da un puntatore al buffer contenente il messaggio da inviare, di trasferire quest'ultimo nella coda. Gli altri due parametri hanno inoltre il fine di specificare quanti byte memorizzati nel buffer puntato da

`*ptr`

andranno trasferiti nella coda. Il valore di default per il flag è zero. Questo sta a significare che il processo, ove si verificasse il fatto che la coda è piena, si comporterà in modo da attendere che questa condizione si modifichi; ovvero: attenderà che venga eliminato almeno un messaggio. Si può modificare tale comportamento, ad esempio specificando `IPC_NOWAIT`, se la coda dovesse risultare piena, non solo la spedizione non avviene all'istante, ma viene di fatto abbandonata. La stessa chiamata a

`msgsnd()`

restituirà quindi il valore di errore -1, come in altri casi di fallimento.

Si noti che la struttura del buffer puntato da `*ptr` deve contenere obbligatoriamente, nei primi quattro byte, un valore di tipo long positivo o nullo che specifichi il tipo di messaggio contenuto nel buffer; ad esempio, 1 per del semplice testo ASCII; la variabile

`nbyte`

tuttavia non tiene conto di questi byte, ma solo di quelli effettivamente dedicati al messaggio.

Per l'estrazione di un messaggio dalla coda, si ricorre invece alla funzione:

```
int msgrcv(int ds_coda, struct msgbuf *ptr, size_t nbyte, int flag);
```

Dove, come è intuitivo, si hanno come parametri:

- Il descrittore della coda
- un puntatore alla struttura in cui si intende memorizzare i dati estratti dalla coda
- le dimensioni del messaggio estratto, esclusi i quattro bytes iniziali, di cui si è parlato poco sopra.
- un flag che specifica la modalità di ricezione; il default (zero) fa sì che il processo resti bloccato in attesa di estrarre il messaggio dalla coda. Se si vuole rendere l'estrazione non bloccante, si può specificare il solito flag `IPC_NOWAIT`

16.6 Memoria condivisa

In maniera strettamente analoga a quanto avviene con le code di messaggi, è possibile, in ambiente Unix/Linux, creare intere porzioni di memoria da poter condividere tra più processi.

Per creare una memoria condivisa, si fa impiego della chiamata di sistema:

```
int shmget(key_t chiave, int size, int flag);
```

concernente:

- un identificatore numerico univoco per la porzione di memoria: **chiave**
- la dimensione in byte della memoria condivisa
- il flag `IPC_CREAT` per la creazione della share memory seguito dai permessi che si vogliono attribuire a questa e, eventualmente, se si voglia rendere la chiamata non bloccante, il flag `IPC_EXCL`

Si noti, ancora una volta in analogia con il meccanismo delle FIFO, che la memoria condivisa così creata (ove ovviamente la chiamata `shmget()` non fallisca) rimane tale anche dopo l'uscita dal programma che fa la chiamata `shmget()`, in modo tale che ogni processo avente i permessi necessari possa accedervi.

Per operare su di una memoria condivisa, esiste la seguente funzione:

```
int shmctl(int ds_shm, int cmd, struct shmid_ds *buff);
```

I flag possibili sono i consueti:

- `IPC_STAT` per operare statistiche sulla memoria associata al descrittore `ds_shm`
- `IPC_SET`—nnnn per cambiare i permessi di accesso come segue il flag
- `IPC_RMID` per rimuovere la memoria condivisa

Seguono inoltre altre due funzioni di importanza fondamentale; infatti, per quanto riguarda i processi, non è sufficiente che venga allocata della memoria condivisa, è necessario anche che questa venga, per così dire, attaccata al processo. Questo avviene grazie alla funzione:

```
void *shmat(int shmid, const void *shmaddr, int shmflag);
```

dove:

- `shmid` è l'identificatore numerico univoco della shared memory
- `*shmaddr` è l'indirizzo di memoria dove collegarla
- `shmflag` esplicita la modalità di accesso alla memoria condivisa. E' uno tra i seguenti valori:
`SHM_R` per la sola lettura `SHM_W` per la sola scrittura `SHM_RW` per la lettura e la scrittura

Così come è possibile collegare una memoria condivisa ad un processo in esecuzione, così è possibile scollegarla. Quest'ultimo compito, di fatto più semplice, è assolto dalla seguente funzione:

```
int shmdt( const void *shmaddr)
```

che prende come unico parametro l'indirizzo di memoria a cui la shared memory è collegata.

16.7 Named pipe e FIFO

Per named pipe si intendono dei costrutti unidirezionali; ad ogni pipe così detta sono associati due descrittori: uno per la lettura, ed uno per la scrittura. E' da notare che, diversamente da code di messaggi e shared memory, una named pipe cessa di esistere nel momento in cui termina il processo che l'ha generata. Per aprire una named pipe occorre fare una chiamata alla funzione seguente:

```
int pipe(int fd[2])
```

che reca associati i due seguenti canali:

```
fd[0]
```

in lettura

```
fd[1]
```

in scrittura

E' necessario che ogni processo che debba leggere da `fd[0]` chiuda preventivamente `fd[1]` con una comune `close()`. E' altresì necessario che mentre un processo sta scrivendo su di un descrittore, ve ne sia almeno uno che tiene `fd[0]` aperto, onde non ricevere il messaggio SIGPIPE, ovvero: broken pipe, pipe interrotta.

Esiste inoltre un altro peculiare costrutto per la comunicazione: il FIFO, residente fisicamente nel filesystem, e quindi individuabili mediante un path e con la conseguente accessibilità, del tutto analoga all'accesso su di un comune file. Tuttavia, i dati letti da un FIFO non possono essere letti più volte, in quanto vengono eliminati alla prima lettura (da cui l'etimologia di FIFO, per chi non la conoscesse: First In, First Out).

Un FIFO può essere creato mediante la chiamata di sistema

```
int mkfifo(char *fifo_name, int mode);
```

Un FIFO può essere rimosso come un comune file, mediante la chiamata di sistema `unlink()` o `remove()` o cancellato come un altro file qualsiasi con l'apposito comando di shell.

La chiamata alla funzione

```
mkfifo()
```

è solitamente bloccante; se si vuole evitare questo tipo di comportamento, è sufficiente specificare, al momento di aprire il canale FIFO, il flag `O_NONBLOCK`.

Capitolo 17

Segnali

17.1 Introduzione

Un segnale comunica ad un processo (o ad un gruppo di processi) il verificarsi di un determinato evento. I segnali possono essere generati da processi in esecuzione e per questo motivo vengono considerati come un mezzo di comunicazione interprocessuale molto importante. A dimostrazione di ciò basti considerare l'uso massiccio che ne viene fatto a livello di sistema: quando un processo figlio ha termine un segnale viene generato per comunicare l'avvenuta terminazione al padre, lo stesso quando l'utente preme la combinazione `ctrl+z` per terminare un processo, oppure quando si incorre in errori quali ad esempio la divisione per zero di un numero.

I segnali possono essere *sincroni* o *asincroni*. Si ha un segnale sincrono quando la generazione dello stesso dipende dal programma mentre si ha un segnale asincrono quando la generazione del segnale ha luogo per eventi esterni al programma in questione e pertanto non sotto il suo diretto controllo. Spesso i segnali generati da errori sono sincroni tuttavia, generalmente, ogni segnale può essere generato in maniera sincrona o asincrona da eventi appartenenti ad una delle seguenti categorie:

- Errori
- Eventi esterni
- Richieste esplicite

Quando un segnale viene inviato ad un processo non è necessariamente stabilito che questo debba riceverlo immediatamente. Durante il lasso di tempo che va dalla generazione alla ricezione il segnale generato viene detto *pendente*. Una volta che il processo ha ricevuto tale segnale può comportarsi in una delle seguenti maniere:

- Ignorare il segnale.
- Eseguire l'operazione determinata dal tipo di segnale.
- eseguire un determinato signal handler.

Ogni segnale, appena generato, determina un comportamento di default nel ricevente. Tale comportamento può tuttavia essere modificato attraverso le System Calls `signals()` o `sigaction()` che vedremo in seguito.

17.2 Generazione dei segnali

Prima di passare alla loro gestione è importante, soprattutto a fini pratici, comprendere come i segnali possano essere generati ed inviati ad un processo. Come per tutti i metodi di comunicazione che abbiamo visto, e che vedremo anche nei prossimi capitoli, Linux mette a disposizione un set di chiamate di sistema in grado di rendere molto agevole la programmazione ed in particolare, in questo caso, la generazione e l'invio dei segnali.

17.2.1 La funzione `raise`

Function: `int raise (int SIGNUM)`

può accadere che un determinato processo debba inviare un segnale a sé stesso; Questa funzione ha proprio tale compito, essa invia il segnale passato come parametro¹ al processo che la esegue.

17.2.2 La funzione `kill`

Function: `int kill (pid_t PID, int SIGNUM)`

La chiamata `kill` è utilizzata per inviare il segnale identificato univocamente dal secondo argomento al processo avente il pid passato come primo argomento. Tuttavia alcuni valori del primo argomento permettono l'implementazione di alcuni comportamenti che vale la pena analizzare:

- `PID > 0`

Il segnale è inviato al processo identificato da `PID`.

¹Si faccia riferimento all'Appendice B.

- `PID = 0`

Il segnale è inviato a tutti i processi appartenenti allo stesso gruppo del processo mittente.

- `PID < -1`

Il segnale è inviato ai processi il cui gruppo è identificato da `PID`.

- `PID = -1`

Se il processo è privilegiato allora il segnale viene inviato a tutti i processi di sistema con qualche eccezione, altrimenti viene inviato a tutti i processi che hanno lo stesso **user-ID** del processo mittente.

La funzione ritorna il valore 0 in caso di successo, -1 altrimenti. É bene notare come, qualora il segnale sia inviato ad un gruppo di processi, la chiamata abbia effettivamente successo solo nel caso in cui il segnale sia stato inviato a tutti i processi di suddetto insieme. In caso di fallimento **errno** assume uno dei seguenti valori:

- **EINVAL**

SIGNUM non è un segnale valido, pertanto non è supportato.

- **EPERM**

il processo mittente non ha il permesso di inviare un segnale ad un altro processo o ad un processo appartenente al gruppo a cui lo si invia.

- **ESCRH**

Non esiste un processo con identificativo `PID`.

17.3 Gestione dei segnali

L'utilizzo dei segnali e delle relative funzioni di gestione all'interno di un programma C è naturalmente subordinato all'inclusione, nel sorgente, del file **signal.h** nel quale, tra l'altro, risulta definito il tipo di dato **sighandler_t** e che invitiamo ad analizzare attentamente.

17.3.1 La funzione signal

Function: `sighandler_t signal (int SIGNUM, sighandler_t ACTION)`

Questa funzione stabilisce che alla ricezione del segnale identificato univocamente da **SIGNAL** debba seguire un comportamento definito da **ACTION**.

Argomento: SIGNAL

Come anticipato, il primo argomento passato alla funzione identifica il segnale al quale il programma deve reagire in una qualche maniera.² Ogni segnale è identificato, ricordiamolo, da un codice numerico. Tuttavia utilizzare al posto degli identificatori standard i relativi codici numerici genererebbe codice non portabile in quanto detti codici posso variare a seconda della piattaforma (sistema operativo) su cui si opera.

Argomento: ACTION

Alla ricezione del segnale preso in considerazione il comportamento risultante è determinato da **ACTION** il quale può assumere i seguenti valori:

- **SIG_DFL**
Stabilisce che il comportamento da tenere alla ricezione del segnale è quello di default definito per il segnale stesso.³
- **SIG_IGN** Fa in modo che il segnale venga ignorato. Vale la pena fornire, in questo caso, maggiori indicazioni: in primo luogo facciamo notare come l'utilizzo di questo particolare argomento deve essere ben ponderato, in quanto l'ignorare alcuni segnali potrebbe portare ad una esecuzione rovinosa del programma. Sottolineiamo inoltre che i segnali **SIGKILL** e **SIGSTOP** non possono essere ignorati.
- **SIG_HANDLER** Per poter utilizzare questo argomento occorre avere definito la funzione **SIG_HANDLER** in questo modo:

```
void SIG_HANDLER (int signal_id) { ... }
```

Alla ricezione del segnale in questione verrà quindi eseguito il codice relativo alla funzione sopraindicata.

Occorre far notare che la ricezione del segnale preso in considerazione **comunque** prevede un comportamento che ne derivi, sia esso anche solo il

²Per una descrizione più accurata dei vari segnali disponibili fare riferimento all'Appendice B

³Vedasi appendice B

semplice ignorare il segnale. Alla chiamata di `signal` questo comportamento già definito ⁴ viene sovrascritto ma non viene perduto, esso viene restituito infatti dalla funzione stessa. La sua eventuale memorizzazione dunque richiederà un'istruzione di assegnazione.

17.3.2 La funzione `sigaction`

Function: `int sigaction (int SIGNUM, const struct sigaction *restrict ACTION, struct sigaction *restrict OLD-ACTION)`

Definita anch'essa in `signal.h` questa funzione offre in aggiunta alle capacità della Sys Call `signal()` delle funzionalità aggiuntive e da questo deriva l'aumento di complessità che già si può intuire dal prototipo di funzione. Prima di soffermarci sulle potenzialità di questa funzione riteniamo opportuno far notare il tipo del secondo argomento passato.

La struttura `sigaction`⁵ è utilizzata dalla funzione omonima per memorizzare le informazioni relative alla manipolazione del segnale. Essa è costituita dai seguenti campi:

1. `sighandler_t sa_handler`

Questo campo è l'analogo del secondo argomento passato alla funzione `signal` vista in precedenza e come tale può assumere gli stessi valori.

2. `sigset_t sa_mask`

Questo campo specifica un insieme di segnali che risulteranno bloccati (vedremo in seguito cosa significa bloccare un segnale) quando l'handler del segnale preso in considerazione risulta in esecuzione. Si noti che questo segnale risulta bloccato a sua volta quando il rispettivo handler viene eseguito.

3. `sa_flags` Questo campo ha il compito di impostare alcuni flags per la funzione. Esso può comportare diverse conseguenze a seconda del valore, tra i seguenti, a cui viene settato.

- **SA_NOCLDSTOP** Come sappiamo il sistema invia un segnale `SIGCHLD` al padre di un processo che termina o viene bloccato (Vedasi Appendice B). Questo flag fa in modo che soltanto l'evento di terminazione del processo possa inviare tale segnale. Naturalmente questo flag opera esclusivamente sul segnale `SIGCHLD`

⁴Non necessariamente si tratta del comportamento di default, potrebbe benissimo trattarsi del comportamento definito da precedenti chiamate alla funzione.

⁵Definita in `signal.h`.

- **SA_ONSTACK** Questo flag fa in modo che per il segnale preso in considerazione venga usato il *signal stack*⁶. Qualora il *signal stack*, all'arrivo del segnale con questo flag impostato, non sia ancora stato settato (si tratta fondamentalmente di un'area di memoria) allora il programma viene terminato.
- **SA_RESTART** Questo flag è estremamente utilizzato, esso consente in determinati casi di evitare di controllare l'effettivo successo di alcune chiamate di sistema. Pensate infatti a cosa accadrebbe se durante l'esecuzione di una **read** o di una **write** venisse ricevuto un segnale dal programma con conseguente attivazione del `signal_handler` relativo. L'esecuzione di quest'ultimo potrebbe, ad esempio non consentire, al suo termine la ripresa della chiamata di sistema precedentemente in esecuzione o meglio, una sua continuazione potrebbe compromettere il funzionamento del programma o causare grossi guai. In generale, in questi casi, la chiamata di sistema interrotta dall'arrivo del segnale restituisce il codice di errore **EINTR**. Se il flag in questione è impostato la funzione interrotta viene ripresa se questo risulta possibile⁷.

Analizziamo ora i vari argomenti della funzione:

Argomento: SIGNUM

Vedasi il medesimo campo della funzione **signal** trattata in precedenza.

Argomento: ACTION

Questo argomento è semplicemente una struttura di tipo **sigaction** in grado di definire il comportamento alla ricezione del segnale preso in considerazione. Si tenga presente che se un comportamento era già stato precedentemente impostato esso verrà sovrascritto dal nuovo dopo essere stato memorizzato nella variabile **OLD-ACTION**.

Argomento: OLD-ACTION

Come accennato in precedenza questo puntatore ad una struttura di tipo **sigaction** viene utilizzato esclusivamente per la memorizzazione del comportamento definito per il segnale prima della sua ridefinizione.

⁶vedasi sez. ??

⁷In casi piuttosto particolari e soltanto per determinati segnali.

Facciamo notare che il puntatori ACTION e OLD-ACTION possono essere anche dei puntatori a NULL. Nel caso in cui il primo sia un *null pointer* allora l'azione associata in precedenza, eventualmente quella di default, non viene modificata. Se il secondo è un puntatore a NULL allora viene semplicemente evitata la memorizzazione del comportamento definito in precedenza.

Per quanto entrambe le SysCall trattate in precedenza svolgano più o meno lo stesso compito e possano essere considerate intercambiabili è consigliato non utilizzarle entrambe in uno stesso programma, specialmente per la gestione di uno stesso segnale.

17.4 Un pò di codice

17.4.1 Uso di signal()

```
1 #include <signal.h>
2 #include <stdio.h>
3 #include <unistd.h>
4 #include <stdlib.h>
5 int signal_flag = 1;
6
7 void signal_handler() {
8     signal_flag = 0;
9     printf("Finiamola dai! \n");
10    return;
11 }
12
13 int main(void)
14 {
15     int i;
16     if (fork() == 0) { //child process
17         while(1) {
18             sleep(2);
19             kill(getppid(), SIGUSR1);
20             return EXIT_SUCCESS;
21         }
22     } else { //parent process
23         while (signal_flag) {
24             i=0;
25             signal(SIGUSR1, signal_handler);
```



```
26             printf("Ciao Mondo, aspetto il segnale\n");
27             for (i; i<30000000; i++); /* delay */
28         }
29     }
30     return EXIT_SUCCESS;
31 }
```

In primo luogo facciamo notare l'inclusione del file header necessario all'uso dei segnali (riga 1). Analizziamo la funzione `main`. Come potrete certamente notare la chiamata `fork` crea un processo figlio il quale si comporta in maniera differente dal padre. Quest'ultimo, in particolare, esegue l'istruzione di stampa alla riga 26 e compie il ciclo vuoto della riga 27 fino a quando la variabile `signal_flag` non assume valore 0. Perché questo avvenga, ed il ciclo non sia infinito, il programma attende anche il segnale `SIGUSR1`⁸ alla cui ricezione eseguirà il codice espresso dalla funzione `signal_handler` definita a partire dalla riga 7. Quest'ultima funzione ha principalmente il compito di modificare il valore della variabile `signal_flag`.

Ma chi invia il segnale a questo processo?

Si è scelto di utilizzare il figlio il quale, attraverso la chiamata `kill` invia proprio il segnale atteso dal processo padre che può così terminare. Facciamo notare ancora che il processo figlio è del tutto indipendente dal processo padre e termina solamente perché il codice relativo al suo comportamento fa sì che termini. La morte del processo padre sull'esecuzione del figlio non ha infatti alcuna influenza.

Un comportamento del genere è perfettamente, ed equivalentemente, implementabile attraverso la funzione `sigaction`. Il compito di questa reimplementazione, oltre alla sperimentazione delle maggiori possibilità che essa mette a disposizione, è lasciato alla buona volontà del lettore.

17.5 Bloccare i Segnali

Bloccare un segnale significa sostanzialmente lasciare il segnale pendente ad arbitrio del programmatore. In genere si blocca il segnale quando un programma esegue un gruppo di istruzioni critiche e lo si sblocca immediatamente dopo. Pensate infatti a cosa potrebbe accadere se sia il programma che il signal handler intervenissero, modificandola, su una variabile globale del programma. La libreria GNU C mette a disposizione del programmatore delle funzioni in grado di gestire il bloccaggio e lo sbloccaggio dei segnali.

⁸Vedasi l' Appendice B

Esse utilizzano un particolare tipo di dato al fine di definire quali segnali debbano essere bloccati: `sigset_t`, implementato sia come un intero che come una struttura e definito in `signal.h`. L'inizializzazione di una variabile di questo tipo deve essere fatto in uno dei seguenti modi:

- Lo si definisce come *vuoto* attraverso la funzione `sigemptyset` ed in seguito si aggiungono singolarmente i segnali che devono far parte dell'insieme.
- lo si definisce come *pieno* attraverso la funzione `sigfillset` ed in seguito si tolgono singolarmente quei segnali che non devono far parte dell'insieme.

L'insieme dei segnali correntemente bloccati, durante l'esecuzione di un processo, prende il nome di *signal mask* ed ogni processo ne ha uno. Come sarebbe opportuno aspettarsi ogni processo figlio eredita dal padre la propria *signal mask*. Ogni processo può comunque intervenire su di essa, modificandola, attraverso l'uso della funzione `sigprocmask`, anch'essa definita in `signal.h`.

17.6 Funzioni relative al blocco dei segnali

17.6.1 La funzione `sigemptyset`

Function: `int sigemptyset (sigset_t *SET)`

Non c'è molto da aggiungere a quello che abbiamo anticipato, semplicemente questa funzione imposta il *signal set* come vuoto. Ritorna sempre 0.

17.6.2 La funzione `sigfillset`

Function: `int sigfillset (sigset_t *SET)`

Valgono anche qui le considerazioni precedenti. Mediante questa funzione il *signal set* viene impostato come pieno, includendo quindi tutti i segnali conosciuti. Ritorna sempre 0.

17.6.3 La funzione sigaddset

Function: int sigaddset (sigset_t *SET, int SIGNUM)

Questa funzione è utilizzata per aggiungere il segnale **SIGNUM** al *signal set* puntato da **SET**. Ritorna 0 in caso di successo e -1 in caso di fallimento. Il valore della variabile **errno** può assumere il valore **EINVAL** nel caso si tenti di passare alla funzione un segnale non valido.

17.6.4 La funzione sigdelset

Function: int sigdelset (sigset_t *SET, int SIGNUM)

Questa funzione elimina il segnale **SIGNUM** dal *signal set* puntato da **SET**. Per il resto valgono le stesse caratteristiche della funzione precedentemente trattata.

17.6.5 La funzione sigismember

Function: int sigismember (const sigset_t *SET, int SIGNUM)

Come facilmente intuibile questa è una funzione di test. Viene infatti verificato che il segnale **SIGNUM** appartenga al *signal set* puntato da **SET**. In caso affermativo viene restituito il valore 1 altrimenti, in caso negativo, 0. Qualora si verificasse un'errore il valore restituito è -1. La variabile **errno** può assumere il valore **EINVAL** nel caso si tenti di passare alla funzione un segnale non valido.

17.6.6 La funzione sigprocmask

Function: int sigprocmask (int HOW, const sigset_t *restrict SET, sigset_t *restrict OLDSET)

Questa funzione è utilizzata, come anticipato, per la manipolazione della *signal mask* ossia, ricordiamolo, dell'insieme dei segnali che risultano bloccati nel processo in questione. l'effettivo comportamento di questa chiamata è determinato dalla variabile **HOW** che può assumere i seguenti valori e determinare le relative conseguenze:

- SIG_BLOCK

L'insieme dei segnali definito in SET viene aggiunto all'insieme dei segnali della *signal mask* corrente. L'insieme che deriva da quest'unione è la nuova *signal mask* del processo.

- SIG_UNBLOCK

L'insieme dei segnali definito in SET viene rimosso dalla *signal mask*. L'insieme dei segnali bloccati viene quindi ridotto.

- SIG_SETMASK

L'insieme dei segnali definito in SET viene utilizzato come nuova *signal mask*.

La variabile OLDSET è utilizzata per tenere traccia della *signal mask* precedente alla modifica, qualora si volesse, ad esempio, tornare a riutilizzarla. Qualora non si avesse bisogno di queste informazioni è possibile passare alla funzione NULL come terzo argomento. Se, invece, si vogliono semplicemente acquisire delle informazioni sulla *signal mask* corrente, senza quindi effettuare alcuna modifica, è possibile passare NULL al posto di SET.

In caso di successo la funzione ritorna il valore 0, -1 in caso di fallimento. Se il primo argomento della funzione non risulta valido la variabile `errno` viene settata al valore EINVAL.

Importante: Supponiamo di avere un certo insieme di segnali pendenti, bloccati, e di procedere al loro sblocco “in toto”. In questo caso non è possibile decidere l'ordine in cui questi segnali verranno inviati. Qualora l'effettiva successione dell'invio fosse importante è consigliabile sbloccare un segnale alla volta secondo l'ordine desiderato.

17.6.7 La funzione sigpending

Function: int sigpending (sigset_t *SET)

Questa funzione è utilizzata per conoscere quali segnali sono pendenti in un determinato momento. Le informazioni relative vengono memorizzate in SET. Il valore 0 viene ritornato in caso di successo, -1 in caso di errore.

17.7 Aspetti importanti: accesso atomico ai dati.

L'accesso atomico ai dati, molto importante quando lo si vuole effettuare in maniera sicura, ossia non rischiando che il contesto cambi prima che sia stato completato, può essere ottenuto oltre che sfruttando opportunamente le funzioni presentate, anche attraverso l'uso di un tipo di dato particolare definito proprio a questo scopo ossia `sig_atomic_t`. Una variabile di questo tipo è sempre un intero ma non è possibile dire di quanti byte esso sia composto in quanto ciò varia a seconda dell'architettura utilizzata. Qualora si volesse accedere a dati diversi da un intero in maniera atomica, evitando quindi che l'accesso ai dati sia interrotto da segnali, sarebbe opportuno utilizzare le funzioni di bloccaggio dei segnali precedentemente descritte.

17.8 Attesa di un Segnale

Benché sia possibile, nella maggior parte delle situazioni, far uso della funzione `pause()` di cui vi invitiamo a leggere la breve pagina di manuale, questa non sempre risulta la scelta giusta. I problemi derivano ancora dalla non atomicità dell'esecuzione delle istruzioni del programma. Per questo motivo è messa a disposizione del programmatore la seguente funzione.

17.8.1 La funzione `sigsuspend`

Function: `int sigsuspend(sigset_t *SET)`

Questa funzione rimpiazza la *signal mask* con `SET`, bloccando quindi tutti i segnali in esso definiti. Il processo viene quindi sospeso fino all'arrivo di un segnale che non fa parte di `SET`. In seguito all'avvenuta ricezione di questo segnale viene eseguito l'eventuale signal handler e la funzione ritorna ripristinando la *signal mask* precedente alla sua chiamata.

Capitolo 18

Threads

18.1 Introduzione

I *threads* rappresentano certamente un importante capitolo della programmazione concorrente. A differenza dei processi essi non hanno necessità di uno spazio di indirizzamento privato. In poche parole possiamo dire che un processo può creare differenti threads i quali hanno in comune lo spazio di indirizzamento ed usano proprio questo spazio per effettuare la comunicazione (lo scambio dei dati) (Fig 18.1). Naturalmente una pratica di questo genere (ossia accedere alla memoria comune) deve essere utilizzata con estrema cautela in quanto modifiche alla stessa possono avere conseguenze per tutti i threads in esecuzione. Per agevolare lo sviluppatore sono state create delle apposite strutture e funzioni di libreria. Per poterle utilizzare occorre includere l'header `thread.h` mentre il programma deve essere compilato ricordando di utilizzare, alla fine della riga di comando, l'opzione `-lpthread`.

18.2 Caratteristiche dei threads

Semplificando le cose, forse un pò troppo, è possibile vedere un thread come una funzione eseguita in maniera concorrente all'interno di un processo del quale condivide lo spazio di indirizzamento. Oltre a questo spazio di memoria il thread eredita dal processo che lo genera altre caratteristiche importanti che qui elenchiamo:

- Directory Corrente.
- ID di utente e del Gruppo
- Descrittori di files.

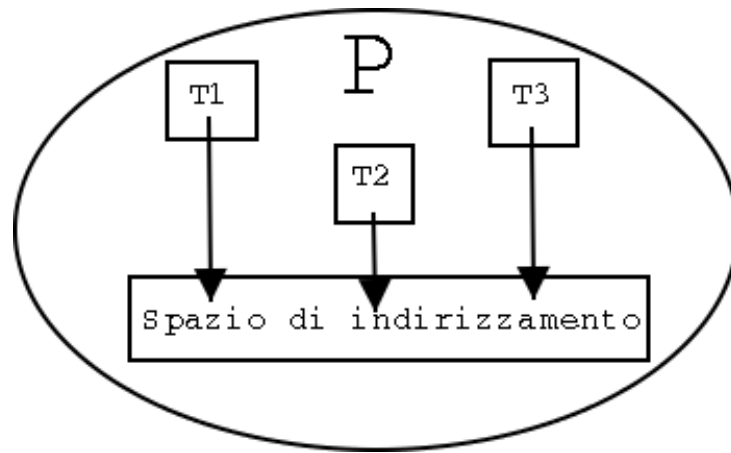


Figura 18.1: Condivisione dello spazio di indirizzamento

- Handlers dei segnali.

Mentre ad ogni thread sono associate delle caratteristiche sue particolari che lo distinguono dagli altri:

- ID del thread.
- Stack.
- Informazioni di contesto come registri, program counter etc.
- Priorità.
- Signal Mask ¹.
- Variabile `errno`.

18.3 Threads VS Processi

L'uso dei thread per la programmazione concorrente (programmazione *multithreading*) invece dei processi (*multitasking*) comporta alcuni vantaggi:

- La creazione di un nuovo thread è in genere più veloce della creazione di un nuovo processo in quanto la prima utilizza lo stesso *process address space* del processo creatore.

¹Si faccia riferimento al capitolo inerente i Segnali

- Minore risulta essere anche il tempo di terminazione di un thread piuttosto che di un processo.
- L'utilizzo dello stesso *process address space* da parte di due threads comporta uno *switching* tra gli stessi molto più veloce che non tra due processi.
- Il tempo di comunicazione tra due thread, per quanto detto, risulta certamente essere minore del tempo richiesto per la comunicazione tra due processi.

18.4 Funzioni per la programmazione Multithreading

18.4.1 La funzione pthread_create

Function: `int pthread_create (pthread_t * THREAD, pthread_attr_t * ATTR, void * (*START_ROUTINE)(void *), void * ARG)`

Questa funzione è utilizzata per la creazione di un nuovo thread che verrà eseguito concorrentemente nel sistema. Sia un processo che un threads possono creare nuovi threads. Gli argomenti passati alla funzione sono 4, vediamo di maggiore in dettaglio:

Argomento: THREAD

Come per i files o i socket anche la creazione di un thread associa allo stesso un descrittore memorizzato nella variabile di tipo `pthread_t`. Questo tipo non è altro che un `unsigned long int` ed è definito all'interno del file `/usr/include/bits/pthreadtypes.h`. In poche parole viene creato un riferimento univoco al thread appena generato.

Argomento: ATTR

Questo argomento specifica gli attributi del thread creato². Può assumere valore `NULL`, ed in questo caso il thread creato avrà attributi di default, ed è questo un caso molto comune.

Argomento: (*START_ROUTINE)(void *)

²Per maggiore chiarezza fare riferimento all'Appendice A

Questo argomento rappresenta un puntatore alla funzione contenente il codice che il thread dovrà eseguire e non necessita di ulteriori spiegazioni.

Argomento: ARG)

Alla funzione contenente il codice del thread viene passato **ARG** come primo argomento ciò a cui punta **ARG** può essere posto a **NULL** nel caso in cui tale funzione non necessiti di alcun argomento.

Errori

La funzione **pthread_create** può ritornare, in caso di errore **EAGAIN**. ciò si verifica nel caso in cui non siano disponibili abbastanza risorse per la creazione del thread oppure nel caso in cui sia già stato raggiunto il numero massimo di threads attivi ³

18.4.2 La funzione **pthread_exit**

Function: void **pthread_exit** (void ***RETVAL**)

La funzione **pthread_exit** è utilizzata per terminare l'esecuzione del thread nel quale viene eseguita.

Argomento: RETVAL

Comè facilmente intuibile questo argomento non è che il valore di ritorno del thread che sta per essere terminato. Questo valore può essere acquisito da altri threads con la funzione **pthread_join**.

18.4.3 La funzione **pthread_join**

Function: int **pthread_join** (pthread_t **TH**, void ****thread_RETURN**)

Possiamo definire la funzione **pthread_join** come l'analogo nella programmazione multithreading della **wait** nella programmazione multitasking. Essa, infatti, sospende l'esecuzione del thread in cui è chiamata fino alla terminazione del thread **TH**.

³numero specificato da **PTHREAD_THREADS_MAX**.

Argomento: TH

Tale argomento identifica il thread di cui si attende la terminazione.

Argomento: thread_RETURN

Il valore di ritorno del thread TH viene memorizzato nella variabile puntata da questo argomento.

Errori

In caso di successo `pthread_join` ritorna 0, in caso di errore uno dei seguenti valori:

- EINTR qualora TH fosse già terminato precedentemente oppure un altro thread è in attesa della sua terminazione.
- ESRCH se a TH non corrisponde nessun thread in esecuzione.
- DEADLK qualora l'argomento TH si riferisce al thread chiamante.

18.4.4 La funzione `pthread_cancel`

Function: `int pthread_cancel (pthread_t THREAD)`

Questa funzione invia una richiesta di cancellazione per il thread identificato da THREAD.

18.5 Un pò di codice

Mettiamo in pratica quello che abbiamo visto finora con un semplice programma da compilare ricordando di apporre il flag `-lpthread` alla fine della riga di comando del compilatore.

```
1 #include <pthread.h>
2
3 void *thread_func(void *arg);
4
5 int main (void)
6 {
7     int res;
```

```
8      pthread_t IDthread;
9
10
11
12      res = pthread_create(&IDthread, NULL, thread_func, NULL);
13      if (res != 0) {
14          printf("Creazione thread fallita!!!");
15          return -1;
16      }
17
18      pthread_join(IDthread, NULL);
19      printf("Thread-processo padre eseguito!\n");
20      return (0);
21 }
22
23 void *thread_func(void *arg)
24 {
25     printf("Thread figlio eseguito!\n");
26     pthread_exit(0);
27 }
28
```

Poiché quello che è stato detto in precedenza dovrebbe sicuramente aver chiarito i significati di ogni riga di questo codice abbiamo volutamente evitato di mettere ulteriori commenti esplicativi. Facciamo comunque notare, come è stato fatto per la `fork()` in precedenza, che commentando la riga 18 non si ha la possibilità di prevedere in quale ordine i threads verranno eseguiti. L'ordine di esecuzione dipenderà infatti dallo stato della CPU e del sistema in generale.

18.6 Comunicazione e prime problematiche

Il codice che abbiamo visto poco sopra si occupava fondamentalmente di gestire l'ordine di esecuzione dei 2 threads presenti ⁴ senza tuttavia sfruttare la metodologia di comunicazione tra threads ossia l'utilizzo dello spazio di indirizzamento condiviso. Il programma visto poco sopra è comunque facilmente modificabile per mostrare questo importante aspetto:

⁴Ricordiamo che il processo generato dal programma, che genera il nuovo thread, è un thread a sua volta.

```
1 #include <pthread.h>
2
3 int x = 0; /* Memoria condivisa */
4
5 void *thread_func(void *arg);
6
7 int main (void)
8 {
9     int res;
10    pthread_t IDthread;
11
12
13
14    res = pthread_create(&IDthread, NULL, thread_func, NULL);
15    if (res != 0) {
16        printf("Creazione thread fallita!!!");
17        return -1;
18    }
19
20    pthread_join(IDthread, NULL);
21    printf("Thread-processo padre eseguito!\n");
22    x +=3;
23    printf("valora di x = %d\n", x);
24    return (0);
25 }
26
27 void *thread_func(void *arg)
28 {
29    printf("Thread figlio eseguito!\n");
30    x +=1;
31    printf("valora di x = %d\n", x);
32    pthread_exit(0);
33 }
34
```

Essendo la variabile `x` dichiarata come *variabile globale* quello che si è ottenuto lo si sarebbe molto più facilmente implementato utilizzando una semplice funzione al posto di un thread ⁵. Quello che infatti non si è sfruttato è l'accesso concorrente alle risorse comuni. Qualora questo fosse sta-

⁵Tralasciamo certamente la difficoltà praticamente nulla delle operazioni che non giustificerebbe neanche il programma, figuriamoci l'uso delle funzioni

to sfruttato eliminando la riga 20 allora il valore della *x* alla fine del programma sarebbe stato senza dubbio quello voluto tuttavia l'output del programma sarebbe stato imprevedibile per quanto detto in precedenza. Proprio per questo motivo, per poter accedere alle risorse in maniera concorrenziale pur gestendo un certo ordine nei risultati occorre prendere in considerazione nuove caratteristiche della programmazione multithreading.

18.6.1 Meccanismi di mutua esclusione (Mutex)

I meccanismi di mutua esclusione (MUTEX = MUTual EXclusion) fanno in modo che solo un determinato numero di thread possa accedere ad una determinata zona di memoria nel medesimo istante o, meglio, stiano eseguendo la stessa parte di codice. Un meccanismo di mutua esclusione può avere fondamentalmente solo due stati: **locked** (impostato in questo stato da un solo thread per volta) e **unlocked** (impostato in questo stato dal thread che l'ha definito **locked** in precedenza). Le funzioni atte a generare questo stato operano su istanze della struttura `pthread_mutex_t` definita nel file `pthread.h` e che vi invitiamo caldamente ad analizzare.

18.7 Funzioni per la programmazione Multithreading

Facciamo notare che tutte le funzioni descritte di seguito, ad eccezione della funzione di inizializzazione, se applicate ad un *mutex* non ancora inizializzato restituiscono l'error code `EINVAL` pur non effettuando alcunché.

18.7.1 La funzione `pthread_mutex_init`

Function: `int pthread_mutex_init (pthread_mutex_t *MUTEX, const pthread_mutexattr_t *MUTEXATTR)`

Questa funzione consente l'inizializzazione dell'oggetto di tipo `pthread_mutex_t` puntato dalla variabile `MUTEX` con attributi individuati da `MUTEXATTR`. Analizziamo meglio il secondo argomento:

Argomento: `MUTEXATTR`

Gli attributi del mutex possono essere settati utilizzando per `MUTEXATTR` uno tra i seguenti valori:

- `fast`
- `recursive`
- `error checking`
- `NULL`

In particolare se `MUTEXATTR` viene settato a `NULL` vengono utilizzati gli attributi di default ossia quelli che si avrebbero usando `fast`.

Una struttura di tipo `pthread_mutex_t` può anche essere inizializzata staticamente utilizzando le seguenti costanti:

- `PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER`
- `PTHREAD_RECURSIVE_MUTEX_INITIALIZER_NP`
- `PTHREAD_ADAPTIVE_MUTEX_INITIALIZER_NP`
- `PTHREAD_ERRORCHECK_MUTEX_INITIALIZER_NP`

La funzione `pthread_mutex_init` ritorna sempre 0.

18.7.2 La funzione `int pthread_mutex_lock`

Function: `int pthread_mutex_lock (pthread_mutex_t *mutex)`

Questa funzione imposta lo stato `locked` del *mutex* puntato dall'argomento passato. Se lo stato del *mutex* era `unlocked` allora viene mutato ma non solo, viene anche fatto sì che solo il thread che ne ha settato lo stato come `locked` possa riportarlo in `unlocked`.

Qualora il mutex fosse già stato settato come `locked` da un altro thread la stessa richiesta, da parte di un secondo thread, viene messa in coda in attesa che il mutex torni ad assumere lo stato `unlocked`.

Errori

Qualora il thread avesse già impostato lo stato `locked` del *mutex* e tenti nuovamente di chiamare la funzione `int pthread_mutex_lock` senza prima averne riportato lo stato in `unlocked` allora il comportamento della funzione dipende dal particolare tipo del *mutex*:

- *Mutex* di tipo **fast**
Il thread chiamante viene sospeso per sempre non potendo, altri thread impostare lo stato **unlocked**.
- *Mutex* di tipo **error checking**
La funzione ritorna immediatamente il codice di errore **EDEADLK**.
- *Mutex* di tipo **recursive**
La funzione ha successo, ma viene incrementato un contatore che registra il numero *n* delle volte consecutive che si è impostato lo stato **locked** in modo tale che soltanto *n* chiamate alla funzione `pthread_mutex_unlock`⁶ possano riportare lo stato del *Mutex* in **unlocked**.

18.7.3 La funzione `int pthread_mutex_trylock`

Function: `int pthread_mutex_trylock (pthread_mutex_t *MUTEX)`

Molto simile alla `pthread_mutex_lock` differisce da quest'ultima poiché ritorna immediatamente il codice di errore **EBUSY** in uno dei 2 casi seguenti:

1. Il thread chiamante trova il *mutex* in stato **locked** settato da un altro thread.
2. Il *mutex* è di tipo **fast** ed il thread chiamante tenta di impostare per la seconda volta il suo stato in **locked**.

18.7.4 La funzione `pthread_mutex_timedlock`

Function: `int pthread_mutex_timedlock (pthread_mutex_t *MUTEX, const struct timespec *ABSTIME)`

Utilizzabile solo per *mutex* di tipo **timed** o **error checking** questa funzione, prima di ritornare, attende un tempo definito da **ABSTIME**. Se entro tale lasso di tempo riesce ad impostare lo stato del *mutex* in **locked** allora il valore di ritorno è 0 altrimenti viene restituito l'error code **ETIMEDOUT**.

⁶Trattata in seguito.

18.7.5 La funzione `pthread_mutex_unlock`

Function: `int pthread_mutex_unlock (pthread_mutex_t *MUTEX)`

Se il *mutex* passato come argomento è di tipo **fast** allora il suo stato viene impostato in **unlocked**.

Se il *mutex* risulta invece di tipo **recursive** allora il contatore precedentemente descritto viene decrementato alla chiamata di questa funzione. Quando tale contatore assumerà valore 0 allora lo stato del *mutex* verrà impostato in **unlocked**. Se il *mutex* è di tipo **error checking** allora viene verificato a runtime se il suo stato è stato impostato come **locked** dal thread chiamante⁷. In tal caso viene effettuato lo *switching* dello stato del *mutex*. In caso contrario viene restituito l'error code **EPERM**.

18.7.6 La funzione `pthread_mutex_destroy`

Function: `int pthread_mutex_destroy (pthread_mutex_t *MUTEX)`

Questa funzione è utilizzata per eliminare il *mutex* passato come parametro e rilasciare le risorse allocate per esso. Occorre fare attenzione al fatto che la chiamata ha successo solamente se il *mutex* è in stato **unlocked** ed in questo caso viene restituito 0. In caso contrario la funzione ritorna l'error code **EBUSY**.

18.8 Un pò di codice

Per avvicinarsi un pò di più alla programmazione multithreading prendiamo in considerazione il codice che segue, frutto di qualche piccola modifica al codice scritto in precedenza:

```
1 #include <pthread.h>
2
3 int x = 0; /* Memoria condivisa */
4 //pthread_mutex_t mutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
5
6
7 void *thread_func1(void *arg1);
```

⁷Attenzione! Vengono quindi verificate 2 condizioni: lo stato e l'identità di chi ha impostato tale stato


```
8
9 int main (void)
10 {
11     int res1, res2;
12     pthread_t IDthread1, IDthread2;
13
14
15
16     res1 = pthread_create(&IDthread1, NULL, thread_func1, NULL);
17     if (res1 != 0) {
18         printf("Creazione thread1 fallita!!!\n");
19         return -1;
20     }
21     res2 = pthread_create(&IDthread2, NULL, thread_func1, NULL);
22     if (res2 != 0) {
23         printf("Creazione thread2 fallita!!!\n");
24         return -1;
25     }
26     pthread_join(IDthread1, NULL);
27     pthread_join(IDthread2, NULL);
28
29
30     return (0);
31 }
32
33 void *thread_func1(void *arg1)
34 {
35     int i, j;
36     // pthread_mutex_lock(&mutex);
37     for(i=0; i < 11; i++) {
38         x = i;
39         for (j=0; j < 200000; j++); //attende
40         printf("x = %d\n", i);
41     }
42     // pthread_mutex_unlock(&mutex);
43     pthread_exit(0);
44 }
```

18.8.1 Il problema...

In questo programma, puramente esplicativo, vengono creati due thread che eseguono lo stesso codice ossia stampano i numeri interi da 1 a 10. Ogni numero viene stampato dopo un certo periodo di attesa praticamente uguale al tempo necessario alla terminazione del secondo ciclo for. Se i thread venissero eseguiti sequenzialmente ⁸ la sequenza di numeri verrebbe stampata correttamente 2 volte. Avviando il programma, a causa della concorrenza, otterremo invece un output simile a questo:

```
x = 0
x = 1
x = 0
x = 1
x = 2
x = 3
x = 2
x = 3
x = 4
x = 5
x = 6
x = 4
x = 5
x = 6
x = 7
x = 8
x = 9
x = 10
x = 7
x = 8
x = 9
x = 10
```

E non è esattamente quello che volevamo. Cosa è successo?

Un risultato di questo tipo dipende fondamentalmente dalla riga 39 del codice riportato. Questa riga, infatti, impiega la CPU per un certo periodo di tempo prima di passare alla stampa. Il tempo impiegato per la terminazione di questo ciclo può tuttavia essere maggiore del quanto di tempo assegnato al thread che quindi deve lasciare temporaneamente la CPU per far in modo

⁸... e allora non avrebbero ragione di esistere!

che possa essere eseguito il secondo thread ⁹. La situazione si ripete fino a quando i due threads non termineranno. Facciamo notare che il tempo è la variabile fondamentale: noi abbiamo eseguito tale codice su di un *intel pentium 350 Mhz* ¹⁰, su un computer molto più veloce magari il *context switch* non avrebbe causato problemi poiché il tempo necessario al completamento del ciclo sarebbe rientrato nel quanto di tempo assegnato dalla CPU al thread. Tuttavia è sempre possibile aumentare il numero delle iterazioni.

18.8.2 ... La soluzione

In pratica per ottenere l' output desiderato di tratta semplicemente di decommentare le righe 4, 36 e 42. Ricompilando ed eseguendo otterremo quanto segue:

```
x = 0
x = 1
x = 2
x = 3
x = 4
x = 5
x = 6
x = 7
x = 8
x = 9
x = 10
x = 0
x = 1
x = 2
x = 3
x = 4
x = 5
x = 6
x = 7
x = 8
x = 9
x = 10
```

⁹l'operazione di switching descritta, valida in tutti i rami della programmazione concorrente si chiama *context switch*

¹⁰Pentium è un marchio registrato di Intel

Decommentando la riga 4 infatti creiamo, inizializzandola, una struttura adatta a contenere un meccanismo di mutua esclusione¹¹. Le righe 36 e 2 rispettivamente attivano e disattivano il meccanismo di mutua esclusione secondo le modalità viste precedentemente. Facciamo notare che la porzione di codice da essi delimitata non viene eseguita concorrentemente in virtù del *mutex* in modo tale che la stampa possa effettivamente risultare corretta.

18.9 Condizioni

Finora abbiamo preso in considerazione l'eventualità che un thread abbia necessità di accedere ad una determinata area di memoria in maniera non concorrente (ossia di eseguire una determinata porzione di codice in mutua esclusione). La gestione delle condizioni invece permette al thread di attendere il verificarsi di un determinato evento per procedere nell'esecuzione del codice. Quest'attesa tuttavia non deve essere implementata mediante cicli di verifica continui che utilizzerebbero (spreca-dole) le risorse di sistema. Le *condizioni* sono infatti un mezzo di sincronizzazione che permette ad un thread di sospendere la propria esecuzione fino al verificarsi di un determinato evento o circostanza. Il thread quindi sospenderà la propria esecuzione fino a quando un altro thread non segnalerà il verificarsi della condizione attesa. Converrete certamente con noi nel constatare che i meccanismi di mutua esclusione prima presentati non bastano ad implementare un simile comportamento, per questo motivo lo standard Posix rende disponibile al programmatore un tipo di dato apposito¹²: `pthread_cond_t`. Questo tipo di dato viene manipolato, per adempiere al proprio scopo, attraverso funzioni appositamente create e che andiamo ora a descrivere.

18.9.1 La funzione `pthread_cond_init`

Function: `int pthread_cond_init (pthread_cond_t *COND, pthread_condattr_t *cond_ATTR)`

Molto simile alla funzione di inizializzazione dei *mutex* questa chiamata svolge effettivamente l'analoga funzione sulla condizione passata come parametro.

Argomento: COND

¹¹Caratteristiche e modalità di tali meccanismi sono state trattate in precedenza.

¹²Una struttura per la precisione

Condizione da inizializzare. Non c'è bisogno di ulteriori chiarimenti.

Argomento: `cond_ATTR`

Questo argomento identifica gli attributi della *condizione*. attualmente questo campo non è supportato quindi è consigliato il settarlo a `NULL`.

La struttura di tipo `pthread_cond_t` può tuttavia essere inizializzata staticamente mediante la costante `PTHREAD_COND_INITIALIZER`. La funzione `pthread_cond_init` ritorna sempre 0.

18.9.2 La funzione `pthread_cond_signal`

function: `int pthread_cond_signal (pthread_cond_t *COND)`

Questa funzione ha il compito di far proseguire l'esecuzione di un thread sospeso in attesa della condizione specificata da `COND`. **Attenzione!** se nessun thread è in attesa della condizione specificata la chiamata non comporta assolutamente nulla, **ma se più threads attendono tale condizione soltanto uno di essi continuerà la sua esecuzione, non è possibile specificare quale debba farlo!**

Questa funzione restituisce sempre 0.

18.9.3 La funzione `pthread_cond_broadcast`

Function: `int pthread_cond_broadcast (pthread_cond_t *COND)`

Mediante la chiamate a questa funzione tutti i threads in attesa della condizione passata come parametro riprendono la loro esecuzione. Se non vi sono threads sospesi in attesa della condizione specificata una chiamata alla presente funzione non comporta nessun effetto.

Questa funzione restituisce sempre 0.

18.9.4 La funzione `pthread_cond_wait`

Function: `int pthread_cond_wait (pthread_cond_t *COND, pthread_mutex_t *MUTEX)`

Le operazioni svolte da questa funzione meritano una particolare attenzione. In particolare facciamo notare come venga passato alla funzione un puntatore al semaforo di mutua esclusione oltre alla *condizione*. La situazione che si delinea infatti questa: un thread accede in mutua esclusione ad una risorsa ma sospende la propria esecuzione al fine di attendere una determinata condizione. Poiché tale condizione deve verificarsi per l'accesso di altri threads alla risorsa in questione il semaforo di mutua esclusione deve essere sbloccato. Successivamente, verificatasi la condizione, il semaforo deve ancora assumere lo stato **lock** in modo tale che il thread possa continuare la propria esecuzione in mutua esclusione. La funzione `pthread_cond_wait` fa proprio questo:

1. Sblocca il *mutex* passato come parametro
2. Pone in attesa della condizione il thread senza che questo impegni ancora la CPU.
3. Una volta verificatasi la condizione blocca di nuovo il semaforo

Le prime due operazioni sono eseguite in maniera atomica ed il motivo è molto semplice: pensate a cosa accadrebbe se la condizione venisse a verificarsi tra lo sbloccaggio del semaforo e la sospensione del processo in attesa della condizione stessa. Se tale condizione è studiata per presentarsi una sola volta allora il thread potrebbe non riprendere più l'esecuzione, in quanto quella sola volta essa verrebbe ignorata.

Questa funzione ritorna sempre 0.

18.9.5 La funzione `pthread_cond_timedwait`

Function: `int pthread_cond_timedwait (pthread_cond_t *COND, pthread_mutex_t *MUTEX, const struct timespec *ABSTIME)`

Questa funzione è del tutto analoga alla precedente, differisce da essa per il fatto che la sospensione del thread ha una durata limitata nel tempo e determinata dal terzo parametro passato alla funzione. Se la condizione non si verifica prima dello scadere del tempo stabilito allora il *mutex* assume di nuovo lo stato **lock** e la funzione ritorna il code error **ETIMEDOUT**. Nel caso in cui la sospensione venga interrotta da un segnale allora l'error code di ritorno è **EINTR**.

18.9.6 La funzione `pthread_cond_destroy`

Function: `int pthread_cond_destroy (pthread_cond_t *COND)`

Questa funzione elimina la variabile che esprime la condizione passata come parametro liberando le risorse per essa allocate. Può tuttavia accadere che vi sia ancora qualche thread in attesa che suddetta condizione si verifichi. In questo caso la chiamata a questa funzione non sortisce alcun effetto e viene restituito l'error code **EBUSY**. In caso contrario viene restituito il valore 0. Qualora si intendesse utilizzare di nuovo la variabile **COND** si tenga presente che, per quanto detto in precedenza, essa dovrà essere di nuovo inizializzata.

Poiché l'implementazione dei threads su Linux non comporta l'allocazione di alcuna risorsa per la variabile che esprime la condizione la funzione `int pthread_cond_destroy(pthread_cond_t *COND)` non ha effettivamente alcun effetto.

18.10 Un pò di codice

Esaminiamo il seguente programma:

```
1 #include <pthread.h>
2
3 int b = 0; /* Memoria Condivisa */
4 pthread_mutex_t mutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER ;
5 pthread_cond_t condition = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
6
7 void *thread_func1(void *arg1);
8 void *thread_func2(void *arg2);
9
10 int main(void)
11 {
12     int res1, res2;
13     pthread_t IDthread1, IDthread2;
14
15     res1 = pthread_create(&IDthread1, NULL, thread_func1, NULL);
16     /* Qui collochiamo la solita gestione dell'errore */
17
18     res2 = pthread_create(&IDthread2, NULL, thread_func2, NULL);
19
20     /* Stesse osservazioni fatte precedentemente */
21
22     pthread_join(IDthread1, NULL);
23     pthread_join(IDthread2, NULL);
24     return 0;
25
```

```
26 }
27
28 void *thread_func2(void *arg2)
29 {
30     int j=0;
31     pthread_mutex_lock(&mutex);
32     for (b; b<=40; b++) {
33         if ((b%4)==0) {
34             printf("b = %d\n", b);
35             for (j; j<20000000; j++);
36             if (b == 20) {
37                 pthread_mutex_unlock(&mutex);
38                 pthread_cond_broadcast(&condition);
39             }
40             j = 0;
41         }
42     }
43     pthread_exit(0);
44 }
45
46 void *thread_func1 (void *arg1)
47 {
48     int i=0;
49     pthread_mutex_lock(&mutex);
50     while (b < 20) {
51         pthread_cond_wait(&condition, &mutex);
52     }
53     printf("B è arrivato a 20!!!!\n");
54     for (i; i<2000000; i++);
55     pthread_mutex_unlock(&mutex);
56     pthread_exit(0);
57 }
```

Per quanto detto finora le dichiarazioni iniziali e ed il `main` non dovrebbero suscitare nessuna perplessità, facciamo solo notare che viene prima creato il thread a cui è associata la funzione `void *thread_func1 (void *arg1)`. Ciò tuttavia, data la voluta "lentezza" del secondo thread, non riveste molta importanza. Quello che ora ci interessa è il comportamento dei due threads determinato dalle due funzioni ad essi associate. Quando il thread 1 è messo in esecuzione imposta un meccanismo di mutua esclusione sulla memoria condivisa (riga 49). Immediatamente (poiché `b` non potrà essere maggiore

o uguale a 20) il thread si mette in attesa di una determinata condizione sbloccando il meccanismo di mutua esclusione e permettendo al thread 2 di agire sulla variabile condivisa. Tale condizione è rappresentata dalla riga 36 ed il secondo thread viene eseguito fino a quando essa non è verificata. Quando ciò avviene al semaforo di mutua esclusione impostato dal secondo thread (riga 31) viene rilasciato (riga 37) e viene comunicato al primo thread il verificarsi della condizione (riga 38). A questo punto il thread 1 riacquisisce il semaforo di mutua esclusione e può completare la sua esecuzione e, al termine, permettere il completamento dell'esecuzione del secondo thread. Abbiamo quindi un output di questo tipo:

```
b = 0
b = 4
b = 8
b = 12
b = 16
b = 20
B è arrivato a 20!!!!
b = 24
b = 28
b = 32
b = 36
b = 40
```

18.11 Semafori

Tutto quello che finora abbiamo visto può essere più semplicemente implementato attraverso l'uso dei semafori. Un semaforo è semplicemente un contatore che, attraverso opportune funzioni offerte al programmatore, può essere atomicamente incrementato oppure atomicamente decrementato.

Un semaforo è inizializzato per mezzo della funzione `sem_init`. La funzione `sem_wait` sospende il chiamante secondo le modalità descritte in seguito. Per poter utilizzare le strutture relative ai semafori occorre includere nel programma l'header `semaphores.h`.

Per ora non viene riportato alcun programma esplicativo confidando che il lettore, avendo letto e compreso quanto scritto finora, sia perfettamente in grado di crearsene di suoi come utile esercizio.

18.11.1 La funzione `sem_init`

Function: `int sem_init (sem_t *SEM, int PSHARED, unsigned int VALUE)`

Come detto poco sopra questa funzione ha il compito di inizializzare il semaforo puntato dal primo argomento al valore espresso dalla variabile `VALUE`. Il valore `PSHARED` indica invece se il semaforo è utilizzato nell'ambito dello stesso processo (in questo caso ha valore 0) oppure se utilizzato anche da processi esterni (in questo caso ha valore diverso da 0). Il valore restituito in caso di successo è 0 mentre in caso di errore la variabile `ERRNO` viene settata ad uno dei seguenti valori:

- `EINVAL` quando il contatore ha raggiunto il massimo espresso dalla variabile `SEM_VALUE_MAX`.
- `ENOSYS` quando l'argomento `PSHARED` è diverso da zero. Attualmente infatti Linux non supporta semafori condivisi tra più processi.

18.11.2 La funzione `sem_wait`

Function: `int sem_wait(sem_t *SEM)`

Questa funzione sospende il thread chiamante fintanto che il valore del semaforo puntato dall'argomento è diverso da zero. Viene inoltre decrementato automaticamente, ed atomicamente, il contatore. Questo significa che settando il valore del semaforo ad 1 ed effettuando questa chiamata il processo non si arresterà.

18.11.3 La funzione `int sem_trywait`

Function: `int sem_trywait(sem_t *SEM)`

Questa funzione è una variante **non bloccante** della precedente ed è utilizzata principalmente per la decrementazione del valore del semaforo. Se questo, infatti, non è già uguale a zero una chiamata a questa funzione comporta una diminuzione di un'unità del valore del semaforo.¹³ In caso di successo viene ritornato 0, altrimenti (nel caso il valore del semaforo fosse già 0) viene restituito immediatamente -1 ed il valore della variabile `ERRNO` viene settato a `EAGAIN`.

¹³Ricordiamo che un semaforo è fondamentalmente un contatore.

18.11.4 La funzione `int sem_post`

Function: `int sem_post(sem_t *SEM)`

Al contrario della precedente questa funzione semplicemente incrementa il valore del semaforo passato come parametro. Qualora questo semaforo avesse già raggiunto il massimo numero consentito viene ritornato -1 mentre la variabile `ERRNO` viene settata ad `EINVAL`. In caso di successo, invece, viene restituito 0.

18.11.5 La funzione `int sem_getvalue`

Function: `int sem_getvalue (sem_t * SEM, int * SVAL)`

Semplicemente questa funzione imposta il valore della variabile puntata da `SVAL` al valore corrente del semaforo passato come primo parametro.

18.11.6 La funzione `int sem_destroy`

Function: `int sem_destroy (sem_t * SEM)`

Questa funzione dealloca le risorse allocate per il semaforo puntato da `SEM`. Se la chiamata non ha successo la variabile `ERRNO` viene settata a `EBUSY`. Occorre tuttavia ricordare che le attuali implementazioni dei semafori, in Linux, non allocano alcuna risorsa quindi una chiamata a questa funzione attualmente non sortisce alcun effetto.

Capitolo 19

Socket

19.1 Premessa

Benché l'uso delle socket nella comunicazione tra processi, soprattutto in remoto mediante protocolli TCP o UDP, sia una consuetudine l'implementazione delle stesse, come per tutto ciò che non riguarda lo standard ANSI C, varia a seconda del sistema operativo che si usa. Linux usa le socket di Berkeley. Esse fondamentalmente rappresentano lo standard ma è possibile che effettuando il porting ad un altro sistema operativo possano essere necessarie delle più o meno lievi modifiche. Noi non ne tratteremo il porting.

19.2 introduzione

Socket, chi era costui? Una socket può essere pensata come una sorta di condotto che permette ai processi messi in comunicazione di ricevere ed inviare dati. Ciò che la differenzia dalle *pipe* è che, a differenza di quest'ultime, per le socket non è necessario che i processi che si intende far comunicare risiedano sulla stessa macchina. La loro origine risale al 1983 quando furono implementati nel BSD 4.2.

19.3 Client e Server

Lo scopo fondamentale delle socket, come abbiamo già accennato, è quello di consentire la comunicazione tra i processi utilizzando un modello chiamato **modello Client/Server**. Tale modello può essere schematizzato nella seguente maniera: supponiamo di avere 2 processi $P1$ e $P2$. Il processo $P2$ è strutturato in maniera tale da aver bisogno di $P1$ per svolgere il proprio com-

pito. Il processo *P1* fornisce quindi un servizio a *P2*, egli è quindi il servente, il *Server* appunto. Poiché invece il processo *P2* fa richiesta di un servizio esso risulta essere il cliente, il *Client* dunque.

In questo modo *P2* recapiterà i dati che devo essere elaborati a *P1* e quest'ultimo restituirà al cliente il risultato dell'elaborazione effettuata. Naturalmente il *Client* può risiedere sulla stessa macchina del *Server*, in questo caso si parla di *processo locale*, oppure risiedere su un'altra macchina collegata in rete con la macchina del *Server*, in questo caso parliamo di *processo remoto*. Grazie all'uso delle socket la gestione della comunicazione dei processi tramite i protocolli di comunicazione è molto semplice ed intuitiva in quanto è lo stesso kernel a gestire i protocolli di comunicazione. È inoltre data la possibilità di creare il proprio, personalizzato, protocollo di comunicazione.

19.4 Mica posso fare tutto io...

Se dovessimo veramente cominciare da zero la gestione delle socket sarebbe un'operazione molto complessa e molto dispendiosa. Fortunatamente gli strumenti per la gestione sono già presenti in linux. Per utilizzarli all'interno del nostro codice sarà quindi sufficiente inserire i seguenti `#include` nel sorgente:

```
#include sys/types.h
#include sys/socket.h
#include netinet.h
#include netdb.h
```

Più altri `.h` che in alcuni casi si renderanno necessari e che si vedranno in seguito.

19.5 Chiamate per la programmazione di socket

19.5.1 La chiamata socket

```
int socket(int domain, int type, int protocol)
```

Come possiamo facilmente osservare la chiamata alla funzione `socket` restituisce un'intero che individua la socket¹. Chiameremo tale intero *socket descriptor*. La chiamata di sistema `socket` richiede 3 argomenti:

¹Un pò quello che avviene con la chiamata `fopen()` che restituisce un intero che identifica il file aperto.

Argomento: domain

Al fine di implementare I/O dalla rete il sistema effettua la chiamata di sistema **socket** specificando quale protocollo deve essere utilizzato. Le famiglie di protocolli che vengono messe a disposizione sono le seguenti:

- AF_UNIX: Protocolli interni di Unix.
- AF_INET: Protocolli ARPA di Internet.
- AF_NS: Protocolli di Xerox Network System.
- AF_ISO: Protocolli della International Standard Association.

Il prefisso AF sta per *address family*. Occorre sottolineare che esiste un'altra famiglia di termini con prefisso PF che risultano equivalenti ai precedenti.

Argomento: type

Come accennato in precedenza un socket può essere di diversi tipi, come secondo argomento viene quindi accettato uno dei seguenti valori:

- SOCK_STREAM: fornisce una connessione affidabile, sequenziata, a due vie.(TCP)
- SOCK_DGRAM: Socket di datagramma (connessione non affidabile) (UDP).
- SOCK_RAW: Socket grezzo, per protocolli di rete interna (IP).
- SOCK_SEQPACKET: Socket di pacchetto in sequenza
- SOCK_RDM: socket di messaggio consegnato in maniera affidabile (non ancora implementato).

Argomento: protocol

Quest'intero forza il sistema ad utilizzare un protocollo. In genere viene utilizzato il valore 0 in modo tale che sia il sistema a scegliere il protocollo più adatto.

Detto questo risulta evidente che per creare una socket è sufficiente scrivere qualcosa del genere:

```
int sd;  
sd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
```

19.5.2 La chiamata bind

```
int bind(int sd, struct sockaddr *myaddr, int lung_addr)
```

La funzione `bind` associa alla socket un processo, anch'essa richiede 3 argomenti:

Argomento: sd

Non è altro che il *socket descriptor* restituito da una precedente chiamata `socket`.

Argomento: *myaddr

Quest'argomento è un puntatore all'indirizzo della struttura del protocollo. In genere le informazioni necessarie vengono allocate all'interno di una struttura di tipo `sokaddr_in` e poi, mediante casting, viene passato come argomento una struttura di tipo `sokaddr`.

Argomento: lung_addr

Non è che la dimensione della struttura del protocollo.

19.5.3 La chiamata listen

```
int listen(int sd, int input_queue_size)
```

Una volta creata la socket e associato ad essa un processo dobbiamo metterlo in ascolto di eventuali richieste di servizi da parte dei client. La chiamata `listen` accetta i seguenti argomenti:

Argomento: sd

Socket descriptor di cui si è già detto.

Argomento: input_queue_size

Numero massimo delle connessioni che si intendono accettare.

19.5.4 La chiamata accept

```
int accept(int sd, struct sockaddr *ind_client, int lungh_ind )
```

Dopo che un server orientato alla connessione ha eseguito la chiamata di sistema `listen` deve essere in grado di accettare le eventuali connessioni. La chiamata `accept` quindi accetta la richiesta di connessione restituendo una socket con proprietà uguali a *sd*. Gli argomenti:

Argomento: sd

Socket descriptor

Argomento: ind

Struttura di tipo *sockaddr* atta a contenere l'indirizzo del client appena connesso.

Argomento: lungh_ind

Intero il cui compito è quello di riportare la lunghezza della struttura dell'indirizzo del processo che si è connesso. Inizialmente risulta uguale alla dimensione della struttura ma successivamente prende il valore dell'effettiva lunghezza della struttura dell'indirizzo del client appena connesso.

19.5.5 La chiamata connect

```
int connect(int csd, struct sockaddr *ind_server, int lungh_ind )
```

Come potete facilmente intuire questa chiamata di sistema viene utilizzata dal client per connettersi al server. Almeno per la maggior parte dei protocolli questa chiamata rappresenta l'effettivo stabilirsi della comunicazione. Accetta i seguenti argomenti:

Argomento: csd

Socket descriptor generato da una chiamata `socket` all'interno del client.

Argomento: ind_server Struttura di tipo *sockaddr* contenente l'indirizzo del server al quale il client deve connettersi

Argomento: `lungh_ind`

Quest'intero rappresenta la lunghezza effettiva della struttura che contiene l'indirizzo del server.

19.5.6 La chiamata `send`

```
int send(int sd, const void *msg, int lungh_msg, int flags)
```

La chiamata di sistema `send` è utilizzata sia dal client che dal server per inviare i dati: il primo invia i dati da elaborare ed il secondo restituisce i risultati dell'elaborazione. Argomenti:

Argomento: `sd`

Socket descriptor

Argomento: `msg`

Dati da trasferire;

Argomento:

Questo argomenti specifica la lunghezza in byte dei dati da trasferire.

Argomento: `flags`

Il quarto argomento, in genere, viene posto uguale a 0. Più raramente possono essere utilizzati i seguenti valori:

Valore: `MSG_OOB`

Per identificare dati di processo fuori banda (in caso di messaggi ad elevata priorità)

Valore: `MSG_DONTROUTE`

Indica di non usare l'instradamento.

Valore: MSG_PEEK

preleva un messaggio in arrivo.

La chiamata **send** restituisce un valore intero che definisce la lunghezza dei dati che sono stati ricevuti.

19.5.7 La chiamata **recv**

```
int recv(int s, void *buf, int lungh_buff, int flags)
```

Al contrario della chiamata precedente **recv** viene utilizzata per ricevere i dati sia dal client che dal server. Gli argomenti di questa chiamata sono:

Argomento: sd

Socket descriptor

Argomento: buf

Puntatore ad un area di memoria dove memorizzare i dati ricevuti. Tale area dovrà necessariamente essere di dimensioni sufficienti.

Argomento: lungh_buff

Dimensione in byte dell'area di memoria suddetta.

Argomento: flags

Generalmente posto uguale a 0, il quarto argomento può, più raramente, assumere i seguenti valori:

Valore: MSG_OOB

Dati di processo fuori banda.

Valore: MSG_PEEK

Preleva un messaggio entrante senza leggerlo effettivamente.

Valore: MSG_WAITALL

Attende che il buffer per la ricezione sia completamente pieno.

Altre chiamate inerenti i socket verranno trattate in seguito.

19.6 Bytes ed Indirizzi

Riportiamo nel seguito alcuni prototipi di funzioni molto importanti per la gestione dei Bytes e degli indirizzi nell'implementazione dei socket. Invitiamo comunque, poiché noi ne forniremo una descrizione piuttosto condensata, a leggere le relative pagine man. Naturalmente quest'osservazione vale pressoché per ogni comando o funzione descritto in questo libro.

1. Ordinamento di Bytes

- **unsigned long int htonl(unsigned long int hostlong)**
Coverte da rete a host *hostlong*
- **unsigned short int htons(unsigned short int hostshort)**
Converte da host a rete *hostshort*
- **unsigned long int ntohl(unsigned long int netlong)**
Coverte da rete a host *netlong*
- **unsigned short int ntohs(unsigned short int netshort)**
Converte da rete a host *netshort*

2. Operazioni su stringhe di bytes

- **void bcopy (const void *src, void *dest, size_t n)**
Copia il numero di bytes specificato come terzo argomento dalla stringa sorgente (primo argomento) alla stringa destinazione (secondo argomento)
- **void bzero(void *s, size_t n)**
Setta i primi n bytes della stringa passata come primo argomento come bytes nulli. L'uso della funzione *memset* è tuttavia preferito a questa.
- **int bcmp(const void *s1, const void *s2, size_t n)**
Questa funzione effettua una comparazione delle stringhe *s1* ed *s2* restituendo se queste risultano uguali. In realtà effettua una comparazione sui bytes che compongono tali stringhe.

3. Conversione degli indirizzi

- **in_addr_t inet_addr(const char *cp)**

Questa funzione converte una stringa di caratteri da una notazione con il punto decimale ad un'indirizzo internet di 32 bit. Benché ancora effettivamente impiegata l'uso della funzione *inet_aton* è consigliato, consultare la relativa pagina man.

- **char *inet_ntoa(struct in_addr in);**

Tale funzione svolge il compito inverso della precedente

19.7 Strutture importanti.

Per la costruzione di *client* e *server* utilizzando i socket verranno ad essere necessarie delle strutture dati particolari, alcune di esse verranno passate come argomento ad alcune funzioni (es. *Bind*), magari mediante *casting*, altre serviranno a reperire i dati di cui si ha bisogno. Ripostiamo quindi il codice di queste strutture, sperando che possa essere d'aiuto averlo presente e che comunque prendiate in considerazione l'idea di cercarlo personalmente negli include relativi.

19.7.1 struct in_addr

```
struct in_addr
{
    in_addr_t s_addr;
};
```

Si tratta di una union utilizzata per memorizzare gli indirizzi internet;

19.7.2 sockaddr_in

```
struct sockaddr_in{

    short int sin_family; /* AF_INET */
    unsigned short int sin_port; /* numero di porta */
    struct in_addr sin_addr;
    char sin_zero[8] /* non usato */
}
```

19.7.3 struct sockaddr

```
struct sockaddr
{
    unsigned short int sa_family;
    unsigned char sa_data[14];
};
```

19.8 Un pò di codice

19.8.1 Server iterativo

Il *server iterativo* è in grado di accettare una sola connessione per volta, solo dopo che avrà processato i dati della prima connessione esso tornerà ad essere disponibile. Se avete letto le pagine precedenti non dovrete avere alcuna difficoltà a comprendere il funzionamento del server implementato. Naturalmente quello che segue è soltanto un esempio e non deve essere considerato un modello di programmazione. In generale crediamo sia meglio relegare compiti standard a funzioni appositamente create piuttosto che includere il codice necessario all'interno della funzione *main*

```
/* file server_i.c */
/* Implementazione di server iterativo */

#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <stdlib.h>

#define Max 8000

int main(void) {
    char buff[Max];
    struct sockaddr_in server;
    struct sockaddr_in client;
    int sd, temp_sd;
    int address_size;
    unsigned short port = 9000;
```

```
/* Creiamo il socket e riempiamo i campi della struttura
 * server
 */

    if ( (sd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0)
        printf("Errore nella craazione del server!\n");

    server.sin_family = AF_INET;
    server.sin_port = htons(port);
    server.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;

/* assegnamo al socket un processo tramite la funzione BIND */

    if (bind(sd, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0)
        printf("Errore nella chiamata di sistema BIND!\n");

/* Mettiamolo in ascolto */

listen (sd, 20);

/* il nostro è un socket bloccante, secondo
 * quanto esposto in precedenza, quindi
 * non occorre un gestione troppo oculata
 * delle connessioni infatti....*/

    while(1) {
        if ((temp_sd= accept(sd, (struct sockaddr *)&client, &address_size)) <
0)
            printf("Errore nella chiamata ACCEPT\n");

/*Riceviamo i dati dal client */

        recv(temp_sd, buff, sizeof(buff), 0);
        printf("Dati ricevuti : %s", buff);

/* Spediamo qualcosa */

        strcpy(buff, "Tutto OK!");
        send(temp_sd, buff, strlen(buff), 0);
```

```
close(temp_sd);
    }
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

19.8.2 Client d'esempio

Quello che segue è il client necessario alla prova effettiva del funzionamento del *server iterativo*. Naturalmente, anche se poco usato, questo tipo di server si presta ad interessanti esperimenti riguardanti la comunicazione tra i processi e l'input/output implementato in C. Tali sperimentazioni sono lasciate naturalmente alla buona volontà del lettore.

```
/*file client1.c */
/* implementazione di client per il server iterativo */

#include<stdio.h>
#include<sys/types.h>
#include<sys/socket.h>
#include<netdb.h>
#include<netinet/in.h>
#include <stdlib.h>

#define Max 8000

int main(void) {
    int sd;
    struct sockaddr_in client;
    struct hostent *hp;
    unsigned short port = 9000;
    char buff[Max];

    /* Dobbiamo riempire la struttura client ma prima
     * ci occorrono alcune
     * informazioni che ricaviamo appoggiandoci
     * alla struttura hp
     */

    hp = gethostbyname("127.0.0.1");
```

```
bzero(&client, sizeof(client));
client.sin_family = AF_INET;
client.sin_port = htons(port);
client.sin_addr.s_addr = ((struct in_addr*)(hp->h_addr))->s_addr;

/* Creiamo il socket */

if((sd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0)
    printf("Errore nella creazione del socket!\n");
else
    printf("socket creato!\n");

/* connettiamoci all'host */

if (connect(sd, (struct sockaddr *)&client, sizeof(client)) < 0)
    printf("Errore di connessione!\n");

/* Inviai dei dati */

send(sd, "Dati inviati dal client", strlen("Dati inviati dal client")+1, 0);

/*riceviamo la risposta */

recv(sd, buff, sizeof(buff), 0);
printf("Risposta del server: %s\n", buff);
close(sd);
return EXIT_SUCCESS;
}
```

19.9 Server concorrente

Presentiamo ora la versione concorrente del server precedentemente implementato iterativamente. Naturalmente quest'implementazione è stata portata al termine con l'obiettivo di mettere in evidenza le analogie e le differenze tra le due implementazioni. Il server iterativo precedente infatti portava a termine l'operazione di dialogo col client molto velocemente terminando la connessione. Quindi la possibilità di incorrere nel caso del server occupato era piuttosto remota per un'altro client che avesse tentato una connessione.

Supponiamo di aver implementato ² una elaborazione più dispendiosa in termini di tempo oppure una connessione continuata. In questi casi il server sarebbe risultato molto probabilmente sempre occupato.

19.9.1 il codice

Ecco dunque il server concorrente:

```
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <stdlib.h>

#define Max 8000

int main(void) {
    char buff[Max];
    struct sockaddr_in server;
    struct sockaddr_in client;
    int sd, temp_sd;
    int address_size;
    unsigned short port = 9000;
    pid_t pid; /* variabile utilizzata per identificare il processo */

    /* *****
    * QUESTA PARTE E' UGUALE NEI DUE SERVER*
    * ***** */

    /* Creiamo il socket e riempiamo i campi della struttura
    * server
    */

    if ( (sd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0)
        printf("Errore nella craazione del server!\n");

    server.sin_family = AF_INET;
    server.sin_port = htons(port);
```

²Praticamente non cambierebbe l'implementazione del server ma solo la parte relativa alla gestione dei dati ricevuti

```
server.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;

/* assegnamo al socket un processo tramite la funzione BIND */
if (bind(sd, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) < 0)
    printf("Errore nella chiamata di sistema BIND!\n");

/* Mettiamolo in ascolto */
listen (sd, 20);

/*****
* ORA COMINCIA LA GESTIONE CONCORRENTE*
* *****/
while(1) {
    if ((temp_sd= accept(sd, (struct sockaddr *)&client, &address_size))
    < 0) {
        perror("Errore nella chiamata ACCEPT\n");
        exit(-1);
    }
    if ((pid = fork()) < 0) {
        perror(" fork error\n");
        exit(-1);
    }
    if (pid == 0) { /* sono nel figlio */
        close(sd);
        /*Riceviamo i dati dal client */
        recv(temp_sd, buff, sizeof(buff), 0);
        printf("Dati ricevuti : %s\n", buff);
        /* Spediamo qualcosa */
        strcpy(buff, "Tutto OK!");
        send(temp_sd, buff, strlen(buff), 0);
        close(temp_sd);
        exit(0);
    }
    else { /* sono nel padre */
        close(temp_sd);
    }
}
exit(0);
}
```

Come potete vedere il codice fino alla riga 39 risulta pressoché uguale a quello del server iterativo fatta eccezione per la riga 17 dove viene introdotta una nuova variabile (un intero) necessaria alla identificazione ed alla gestione dei processi generati da *fork()*. Alla riga 54 si implementa il codice necessario far attuare un diverso comportamento al padre ed al figlio, in particolare vengono delegate ai figli le responsabilità di gestire e portare a termine la connessione mentre il padre si rimette in ascolto. Viene quindi chiuso, alla riga 55, il socket descriptor *sd* ricordando che con quest'operazione si ha la chiusura della copia relativa al figlio e non quella relativa al padre che verrà utilizzata ad ogni iterazione del ciclo. Il figlio quindi *taglia i ponti* e si prepara a gestire la connessione indipendentemente. Alla riga 63 si assiste alla terminazione del processo figlio, per questo motivo le chiamate *close* (r. 55 e r. 62) potevano essere omesse. Tuttavia, per una maggiore leggibilità e chiarezza, esse sono state mantenute. Poiché, come abbiamo detto, la gestione della connessione è stata posta interamente a carico del figlio la copia il socket *temp_sd* è assolutamente inutile al padre e per questo viene terminato (r. 66) prima di far tornare il padre in ascolto. Si faccia attenzione all'importanza di questa terminazione: se non fosse stata effettuata, infatti, il programma avrebbe continuato a mantenere i socket aperti fino al blocco.

Capitolo 20

Socket Raw

20.1 Introduzione

Attraverso l'utilizzo dei socket RAW è possibile ottenere un maggior controllo sui pacchetti generati poichè si agisce a basso livello. Benché qualcosa al riguardo diremo sarebbe necessaria, per poter mettere a frutto quanto riportato nel testo, la conoscenza dei basilari concetti di *Networking*. Ora possiamo pure cominciare.

20.2 Internet Protocol(IP)

Internet è praticamente l'estensione a livello planetario del concetto di rete. Praticamente tutti ne usufruiscono e probabilmente anche voi, se state leggendo queste righe, ne avete fatto uso. Internet è gestita dai vari provider a mezzo dell'*internet protocol*. Tale protocollo consente una comunicazione *best-effort* e necessita del fatto che ogni computer in rete possieda un indirizzo IP¹ che lo identifichi univocamente.

20.2.1 Struttura del pacchetto IP

La `struct` che definisce l'header di un pacchetto ip è definita in `/usr/include/netinet/ip.h` ed è questa:

```
struct iphdr
{
```

¹Non ci dilunghiamo sui metodi di assegnazione o sulle tipologie di indirizzo: IPv6 o IPv4

```

#if __BYTE_ORDER == __LITTLE_ENDIAN
u_int8_t ihl:4; /* lunghezza preambolo 4 bit*/
u_int8_t version:4; /* versione 4 bit */
#else __BYTE_ORDER == __BIG_ENDIAN
u_int8_t version:4; /* versione 4 bit */
u_int8_t ihl:4; /* lunghezza preambolo 4 bit */
#endif
u_int8_t tos; /* tipo di servizio 8 bit */
u_int16_t tot_len; /* lunghezza totale 16 bit */
u_int16_t id; /* identificazione 16 bit */
u_int16_t frag_off; /* offset di frammentazione 16 bit*/
u_int8_t ttl; /* tempo di vita del pacchetto 8 bit */
u_int8_t protocol; /* protocollo di livello trasporto 8 bit */
u_int16_t check; /* checksum 16 bit */
u_int32_t saddr; /* indirizzo sorgente 32 bit */
u_int32_t daddr; /* indirizzo destinazione 32 bit */
/* Le opzioni iniziano qui */
};

struct ip_options
{
u_int32_t faddr; /* indirizzo del primo router */
u_int8_t optlen;
u_int8_t srr;
u_int8_t rr;
u_int8_t ts;
u_int8_t is_setbyuser:1;
u_int8_t is_data:1;
u_int8_t is_strictroute:1; /* opzione di source routing */
u_int8_t srr_is_hit:1;
u_int8_t is_changed:1; /* IP checksum non è valido */
u_int8_t rr_needaddr:1; /* record route */
u_int8_t ts_needtime:1; /* ogni router registra un
                        timestamp al pacchetto
                        (debug)*/
u_int8_t ts_needaddr:1; /* record route di timestamp */
u_int8_t router_alert;
u_int8_t __pad1;
u_int8_t __pad2;
#ifdef __GNUC__
u_int8_t __data[0];
#endif
#endif

```

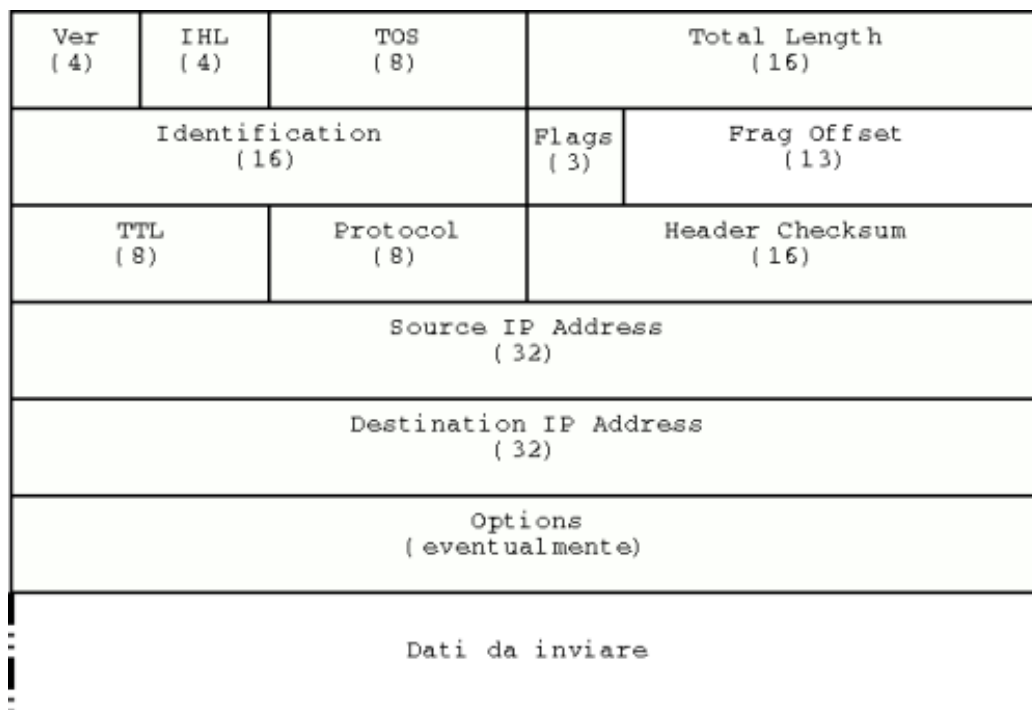


Figura 20.1: Header del pacchetto IP

};

Nota Importante: non dimenticate che i byte possono essere ordinati in maniera dipendente dall'architettura del calcolatore. Un intero di 16 bit può ad esempio essere ordinato secondo la codifica `LITTLE_ENDIAN` (il bit meno significativo è all'indirizzo iniziale della memoria occupata) oppure `BIG_ENDIAN` (il bit più significativo è all'indirizzo finale). La piattaforma SPARC utilizza quest'ultima implementazione mentre la piattaforma `PENTIUM`, per la quale si sta scrivendo, usa la prima. NON dimentichiamo quindi le funzioni di ordinamento `htons` e `htonl` molto utili in queste situazioni.

20.2.2 Vediamolo meglio

Cerchiamo di visualizzare al meglio la struttura dell'header IP mediante l'ausilio della Fig. 20.1.

Andiamone, inoltre, a descriverne brevemente i campi:

- Version

Il campo *version*, di 4 bit, specifica la versione del protocollo utilizzato dal datagram IPv4.

- **IHL(Internet Header Length)**

Come da definizione questo campo contiene la dimensione dell'Header definita in parole da 32 Bit. Ne consegue che la dimensione minima che può assumere è 5 poiché, nel caso non venga utilizzata alcuna opzione la dimensione dell'header è di 20 byte. Il massimo valore raggiungibile da questo campo è 15: 60 byte.

- **TOS (Type Of Service)**

Permette all'host di comunicare alla rete di quale servizio ha bisogno a seconda dei parametri: ritardo, capacità di trasmissione ed affidabilità.

1. Minimize delay.
2. Maximize throughput.
3. Maximize reliability
4. Minimize monetary cost

[TD] inserire descrizione

- **Total Length**

Questo campo specifica semplicemente la lunghezza dell'header sommata a quella dei dati da inviare. La lunghezza massima è di 65.538 byte.

- **Identification**

Il contenuto di questo campo è utilizzato dall'host di destinazione per identificare i pacchetti ricevuti. Ogni pacchetto appartenente ad un determinato datagramma contiene infatti lo stesso numero di identificazione.

- **Flags**

Questo campo è utilizzato dalla frammentazione, può assumere 4 valori:

1. No Flags (0x00).
2. More fragment (0x01).
3. Don't fragment(0x02).
4. More and Don't frag (0x03).

- **Fragment Offset**

Il valore di questo campo ha la funzione di indicare in quale posizione del datagramma si trova il pacchetto ad esso relativo. Tutti i frammenti, ad eccezione dell'ultimo, devono essere multipli di 8 byte. Il primo frammento avrà ovviamente offset 0. Essendo questo campo di 13 bit sarà possibile identificare al massimo 8192 frammenti e poiché questo campo della struttura è calcolato in 64 bit (8 byte), potrò avere al massimo un pacchetto (non un frammento di pacchetto) grande 65.536 byte.

- **TTL (time To Live)**

Non si tratta che di un contatore utilizzato per limitare il tempo di vita dei pacchetti ed evitare quindi che vaghino per troppo tempo. In rete il suo valore è 256. Ad ogni segmento di rete attraversato viene decrementato, se raggiunge lo 0 prima di essere giunto a destinazione allora viene mandato un messaggio di avviso all'host mittente (TIME EXCEED). ed il pacchetto viene eliminato.

- **Protocol**

Questo campo identifica il protocollo che viene utilizzato a livello di trasporto. Tra i valori possibili:

1. IPPROTO_TCP (0x06).
2. IPPROTO_UDP (0x011).
3. IPPROTO_ICMP (0x01).

Per maggiori informazioni rimandiamo alla RFC 1700.

- **Header Checksum**

Questo campo è necessario alla verifica dell'integrità del datagramma. Qualora un pacchetto risultasse corrotto (per un eventuale errore di un router) allora esso verrebbe scartato con conseguente invio di messaggio all'host mittente.

- **Source IP Address e Destination IP Address**

Beh, non c'è molto da chiarire, sono rispettivamente l'IP del mittente e quello dell'host di destinazione. i

A questo punto incontriamo il campo destinato alle opzioni tra cui descriviamo brevemente le più usate:

- **Security**
Definisce il grado di segretezza dei dati. Tecnicamente è possibile evitare che i pacchetti non attraversino determinate zone della rete, in ambito militare questo si traduce nel non attraversamento di strutture poste in determinati paesi.
- **Loose Source Routing**
Viene specificata una lista di router attraverso i quali il pacchetto deve passare (ma non è detto che non ne attraversi altri se servono ad arrivare a destinazione).
- **Strict source routing**

Viene fornito un percorso completo che il pacchetto deve seguire.

- **record Route**

Forza i router attraversati dal pacchetto ad aggiungere il proprio IP al campo opzione.

- **Timestamp**
Quest'opzione è utilizzata quasi esclusivamente per fini diagnostici. È molto simile alla precedente ma si differenzia da questa per il fatto che i router aggiungono oltre all'indirizzo un timestamp.

20.3 Trasfer Control Protocol (TCP)

Se il protocollo Ip si colloca al terzo livello del livello ISO/OSI il TCP si trova al di sopra di esso ed utilizza IP.

20.3.1 Struttura del TCP

In analogia con quanto fatto per l'header del protocollo IP riportiamo la `struct` che definisce il TCP e che risulta definita nel file `/usr/include/netinet/tcp.h`.

```
struct tcphdr
{
    u_int16_t source; // porta sorgente 16 bit
    u_int16_t dest; // porta destinazione 16 bit
    u_int32_t seq; // numero di sequenza 32 bit
    u_int32_t ack_seq; // numero di ack 32 bit
```

Figura 20.2: Header del pacchetto TCP

```
#if __BYTE_ORDER == __LITTLE_ENDIAN
u_int16_t res1:4; //
u_int16_t doff:4;
u_int16_t fin:1; // flag FIN
u_int16_t syn:1; // flag SYN
u_int16_t rst:1; // flag RST
u_int16_t psh:1; // flag PSH
u_int16_t ack:1; // flag ACK
u_int16_t urg:1; // flag URG
u_int16_t res2:2;
#elif __BYTE_ORDER == __BIG_ENDIAN
u_int16_t doff:4;
u_int16_t res1:4;
u_int16_t res2:2;
u_int16_t urg:1;
u_int16_t ack:1;
u_int16_t psh:1;
u_int16_t rst:1;
u_int16_t syn:1;
u_int16_t fin:1;
#else
#error "Adjust your defines"
#endif
u_int16_t window;
u_int16_t check;
u_int16_t urg_ptr;
};
```

20.3.2 Vediamolo meglio

Come abbiamo fatto per l'header del protocollo IP possiamo dare un'immagine visiva e maggiormente chiarificatrice con la fig. 20.2 analogamente forniamo una breve descrizione dei campi:

- Source Port e Destination Port

Si tratta, rispettivamente, della porta sorgente e della porta di destinazione che identificano localmente gli estremi della connessione.

- Sequence Number

I numeri di sequenza sono utilizzati da sender e receiver TCP al fine di implementare un servizio affidabile di connessione. Il TCP tratta i bit come una sequenza ordinata, non strutturata, di bit. L'utilizzo dei numeri di sequenza riflette questo comportamento.

- Acknowledgement

Da verificare

- Data Offset

Specifica la lunghezza dell'intestazione del TCP in parole da 32 bit. Tipicamente il campo dell'intestazione è vuoto quindi l'intestazione ha una dimensione di 20 byte, sicché il campo sarà impostato a 5.

- Reserved

Questo campo di 6 bit non è usato, è stato riservato per eventuali futuri usi.

- Flags

Questo campo ha una dimensione di 6 bit così identificabili:

1. Bit URG. Usato per indicare che in questo segmento sono allocati dati che lo strato superiore ha identificato come urgenti.
2. Bit ACK. utilizzato per indicare che il valore del campo acknowledgement è valido.
3. Bit PSH. Evita che i dati del segmento siano salvati su un buffer di attesa, essi vengono passati allo strato superiore.
4. Bit RST. Viene utilizzato per reinizializzare la connessione qualora questa sia diventata instabile. Viene anche usato per rifiutare l'apertura di una connessione e per questo può essere sfruttato nei portscanning.
5. Bit SYN. Utilizzato per creare una connessione.
6. Bit FYN. Utilizzato per terminare, chiudendola, la connessione. Informa che il mittente non ha più dati da inviare.

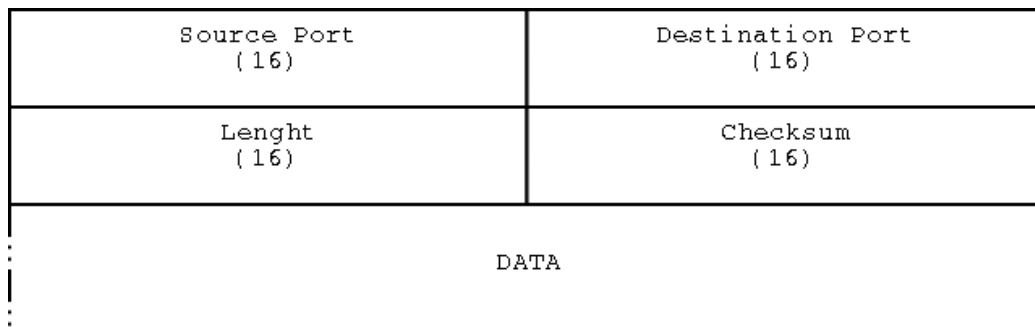


Figura 20.3: Header del pacchetto UDP

- **Window**
Specifica quanti byte possono essere spediti a partire dal byte confermato. Se il segmento eccede tale valore allora deve essere frammentato.
- **Checksum**
Come facilmente intuibile questo campo verifica l'integrità dei dati

20.4 User Datagram Protocol (UDP)

Il protocollo UDP è certamente, almeno nella sua struttura, molto meno complesso dei precedenti. Qualcuno l'ha chiamato il “protocollo del piccione viaggiatore” in quanto potrebbe essere implementato proprio usando questo stratagemma. Il protocollo UDP, infatti, non prevede che il mittente abbia notizie riguardanti la fine del pacchetto indicato, sia esso arrivato a destinazione o meno. La mancanza di controlli contribuisce quindi a far sì che il pacchetto inviato, a parità di dati, abbia dimensioni minori rispetto ad altri protocolli. Tutto ciò comporta una notevole velocità, e per questo un grande impiego in alcune applicazioni, del protocollo UDP. La sua struttura è questa:

```
struct udphdr {  
    u_int16_t    source;  
    u_int16_t    dest;  
    u_int16_t    len;  
    u_int16_t    check;  
};
```

Essa può essere più facilmente visualizzata come in fig. [20.3](#)

Capitolo 21

Risorse di sistema

21.1 Introduzione

Per risorsa di sistema si intende fondamentalmente una particolare funzione messa a disposizione dall'hardware di cui si dispone, ad esempio la funzionalità di stampa identifica la risorsa “stampante”. L'utilizzo delle risorse e la sua ottimizzazione è un fattore fondamentale nella progettazione di un sistema operativo ma anche nella realizzazione di programmi che impegnano notevoli e variegata risorse. Per averne un semplice esempio basti pensare allo scheduling dei processi nella CPU¹ e a tutto il discorso sui segnali affrontato in precedenza. Proprio per questo motivo Linux mette a disposizione delle funzioni che permettono di ottenere informazioni riguardanti le risorse in uso e funzioni in grado di limitare l'accesso alle risorse da parte di alcuni processi. Per poter utilizzare tali accorgimenti occorre includere nel sorgente il file `sys/resource.h`. All'interno di tale file è definito il tipo di struttura `rusage` che verrà utilizzato per le operazioni sulle risorse impegnate da un processo e che esamineremo nella prossima sezione

21.2 La struttura `rusage`

La struttura `rusage` è molto ampia in modo da poter memorizzare quanti più dati di una certa importanza relativi ai processi. É formata dai seguenti campi:

¹Anche la CPU è una risorsa, altre risorse sono la memoria centrale, la memoria secondaria, le periferiche, la memoria video.

- **struct timeval ru_utime**
Tempo di esecuzione del processo, ossia il tempo in cui tale processo ha occupato la CPU.
- **struct timeval ru_stime**
Tempo impiegato dal sistema operativo per l'esecuzione del processo.
- **long int ru_maxrss**
Massima porzione di memoria allocata per l'esecuzione del processo, espressa in kb.
- **long int ru_ixrss**
Memoria utilizzata dal processo ma condivisa con altri processi, espressa in Kb.
- **long int ru_idrss**
Memoria non condivisa utilizzata per i dati.
- **long int ru_isrss**
Memoria non condivisa utilizzata per lo stack.
- **long int ru_minflt**
Da verificare.
- **long int ru_majflt**
Da verificare.
- **long int ru_nswap**
Numero delle volte in cui il processo è stato completamente soggetto a swapping dalla memoria principale
- **long int ru_inblock**
Numero delle volte in cui si è letto sull'hard disk durante l'esecuzione del processo.
- **long int ru_oublock**
Analogo al precedente per la scrittura.
- **long int ru_msgsnd**
Numero dei messaggi IPC (InterProcessCommunication) inviati.
- **long int ru_msgrcv**
Numero dei messaggi IPC ricevuti.

- `long int ru_nsignals`
Numero dei segnali ricevuti.
- `long int ru_nvcsw`
Numero delle volte in cui il processo, per attendere ad esempio l'emissione di un dato, ha invocato il context switch.
- `long int ru_nivcsw`
Numero delle volte in cui il context switch è stato effettuato involontariamente (ad esempio alla scadenza del quanto di tempo destinato al processo)

21.3 Reperire le informazioni

21.3.1 La funzione `getrusage`

Function: `int getrusage (int PROCESSES, struct rusage *RUSAGE)`

Come intuibile questa funzione viene utilizzata per l'acquisizione delle informazioni riguardante il processo che la chiama ed eventualmente, come vedremo a breve, anche dei processi figli in esecuzione. Queste informazioni vengono quindi memorizzate nell'apposita struttura puntata dal secondo argomento.

`PROCESSES` può assumere i seguenti due valori:

- `RUSAGE_SELF`
In questo caso vengono acquisite informazioni riguardanti esclusivamente il processo chiamante.
- `RUSAGE_CHILDREN`
In questo caso vengono acquisite **anche** le informazioni sui processi figli del processo chiamante che non sono ancora terminati.
- `ID`
É possibile richiedere l'acquisizione delle informazioni di un processo in esecuzione diverso da quello chiamante attraverso l'utilizzo del `PID` del processo che, quindi, deve essere sostituito ad `ID`

La funzione ritorna 0 in caso di successo e -1 in caso di fallimento. La variabile `errno` può assumere il valore `EINVAL` nel caso in cui venga passato un primo parametro non valido.

ATTENZIONE: esiste un'altra funzione simile alla presente (`vtimes()`)

e della quale non parleremo, essendo vivamente consigliato l'uso di `getrusege()`.

21.4 Limitare l'accesso

21.4.1 Limiti

Occorre innanzitutto precisare che esistono due tipi di limiti aventi ognuno le proprie caratteristiche, vediamone una breve descrizione:

- **current limit**

Questo limite, chiamato anche **soft limit**, presente per ogni risorsa rappresenta il limite di utilizzo della stessa oltre il quale il processo non può andare. È Tuttavia necessario notare come questo limite sia modificabile dal processo stesso.

- **maximum limit**

Questo è il massimo valore a cui il **current limit** può essere settato dal processo. Prende il nome di **hard limit**. Solo un processo che abbia i privilegi di **superuser** può, eventualmente, modificarlo.

21.4.2 Strutture importanti

Definite anch'esse nel file `sys/resource.h` queste sono i tipi di strutture che verranno utilizzate nelle funzioni che vedremo a breve:

- **struct rlimit**

Essa è formata dai seguenti campi:

1. `rlim_t rlim_cur`
Current limit.
2. `rlim_t rlim_max`
Maximum limit.

- **struct rlimit64** Analoga alla precedente, presenta campi di dimensioni maggiori:

1. `rlim64_t rlim_cur`
Current limit.
2. `rlim64_t rlim_max`
Maximum limit.

21.5 Funzioni per la gestione delle risorse

21.5.1 La funzione `getrlimit`

Function: `int getrlimit (int RESOURCE, struct rlimit *RLP)`

Come certamente avrete intuito questa funzione acquisisce l'hard limit ed il soft limit memorizzandoli nella struttura puntata dal secondo parametro. È importante notare che se occorrono campi di dimensioni maggiori viene automaticamente utilizzata la funzione `getrlimit64()`. In caso di successo il valore di ritorno è 0 mentre si ha -1 in caso di fallimento. La variabile `errno` può assumere il valore `EFAULT`.

21.5.2 La funzione `setrlimit`

Function: `int setrlimit (int RESOURCE, const struct rlimit *RLP)`

Questa funzione imposta l'hard limit ed il soft limit ai valori definiti nella struttura puntata dal secondo parametro. In caso di successo ritorna 0 altrimenti -1. La variabile `errno` assume il valore `EPERM` in uno dei seguenti casi:

- Il processo tenta di settare il current limit oltre il maximum limit.
- Il processo non ha i permessi per cambiare il maximum limit.

Nel caso in cui la struttura puntata sia del tipo `rlim64` allora viene automaticamente utilizzata la funzione `setrlimit64()`.

21.6 Elenco risorse

Segue l'elenco corredato da descrizione delle risorse più importanti i cui limiti sono modificabili:

- `RLIMIT_CPU`
Tempo massimo di utilizzo della CPU per un processo. Espresso in secondi. In caso il processo in questione ecceda questo limite viene inviato un segnale `SIGXCPU`²

²Vedasi appendice B.

- **RLIMIT_DATA**
Massima dimensione della memoria destinata ai dati del processo. Espressa in byte. eventuali chiamate per allocazione dinamica che facciano oltrepassare questo limite falliscono.
- **RLIMIT_STACK**
Massima dimensione dello stack (in byte). Nel caso si tenti di superare questo limite viene inviato il segnale **SIGSEGV**
- **RLIMIT_CORE**
Massima dimensione (in byte) dei core files creabili da un processo. Nel caso si tenda a crearne di dimensioni maggiori la creazione non verrà portata a termine.)
- **RLIMIT_RSS**
Massima memoria (in byte) che il sistema può allocare per il processo.
- **RLIMIT_MEMLOCK**
Dimensione massima della memoria che risiederà permanentemente nella memoria centrale. Espressa in byte
- **RLIMIT_NPROC**
Massimo numero di processi che può essere creato con lo stesso UID.
- **RLIMIT_NOFILE** **RLIMIT_OFILE**
Massimo numero di file che il processo può aprire, nel caso si tentasse di superare questo limite l'apertura fallirebbe e la variabile *errno* il valore **EMFILE**.
- **RLIMIT_AS**
Massima memoria che il processo può allocare, allocazioni che fanno varcare questo limite falliscono.

21.7 CPU

Al fine di poter attuare una buona politica di scheduling dei processi ³ occorre ricavare alcune informazioni riguardanti la CPU come, ad esempio, il numero di queste unità presenti fisicamente sul sistema. Le funzioni dichiarate in `sys/sysinfo.h` assolvono egregiamente questo scopo:

³Vedi sezione relativa in seguito

21.7.1 La funzione `get_nprocs_conf`

Function: `int get_nprocs_conf (void)`

Questa funzione restituisce il numero dei effettivamente configurati.

21.7.2 La funzione `get_nprocs`

Function: `int get_nprocs(void)`

Questa funzione restituisce il numero dei processori disponibili del sistema poiché alcuni di essi possono essere fisicamente presenti ma disabilitati.

21.7.3 La funzione `getloadavg`

Function: `int getloadavg (double LOADAVG[], int NELEM)`

Il carico a cui è sottoposto il sistema (i processori) è estremamente importante qualora si intendesse migliorare le prestazioni del proprio sistema distribuendo i carichi in maniera ottimale. Il carico medio del sistema è calcolato in periodi di 1, 5 e 15 minuti, il risultato è quindi posto in nel primo parametro passato. L'array in questione può contenere **NELEM** elementi ma mai più di 3. La funzione restituisce il numero di elementi scritti nell'array o -1 in caso di errore.

21.8 Scheduling

In un ambiente multiprogrammato come Linux più processi vengono eseguiti in parallelo ⁴ ossia viene loro assegnato un *time slice* (un quanto di tempo) entro il quale o riescono a terminare oppure vengono rimossi dalla CPU per lasciar posto ad un altro processo, in attesa di riprendere la propria esecuzione. Ogni processo può infatti assumere uno dei seguenti stati:

- **New**

Il processo è stato appena creato.

⁴Non contemporaneamente. Ogni singola CPU può consentire l'esecuzione di un solo processo per volta, mentre un sistema biprocessore può portare avanti due processi contemporaneamente. Noi tratteremo solo di sistemi con un singolo processore anche se ciò che diremo è estendibile facilmente ad ambienti multiprocessore.

- **Running**
Il processo è in esecuzione ed impegna la CPU.
- **Waiting**
Il processo è in attesa di un evento.
- **Ready**
Il processo è pronto per essere immesso nella CPU ed essere eseguito.
- **Terminated**
Il processo ha terminato la sua esecuzione.

I processi nello stato di **Waiting** devono in primis passare allo stato di **Ready** prima di poter essere selezionati per l'esecuzione. Di questo si occupa lo *scheduler a lungo termine*, mentre i processi già in stato di **Ready** possono essere selezionati per essere eseguiti, uno alla volta, dallo *scheduler di CPU*. Noi ci occuperemo di come influenzare tramite appositi meccanismi quest'ultimo scheduler.

21.8.1 Priorità di un processo

Ogni processo eredita dal proprio padre una certa priorità assoluta che è espressa in interi tra 1 e 99 estremi compresi. Maggiore è il numero che identifica la priorità e maggiore è la priorità del processo stesso. Poter modificare la proprietà di un processo, come potete facilmente intuire, influenza notevolmente le scelte dello scheduler. Proprio per questo motivo i processi che debbano essere eseguiti con tempi di risposta estremamente brevi (al fine di ottenere il *real time*) devono necessariamente essere eseguiti con priorità molto alte. Si faccia attenzione al fatto che non necessariamente un processo) *real time* occuperà costantemente pur essendo il processo con la massima priorità. Interrupt generati da richieste di I/O causeranno certamente un context switch con un processo di priorità minore. Tuttavia, al completamento dell'operazione di I/O, processo verrà in tempi brevissimi posto nello stato **Ready** e, data la sua alta priorità, quasi immediatamente posto in esecuzione, switchando (consentitemi il termine) con il processo di priorità inferiore in esecuzione ⁵ consentendo quindi una risposta estremamente rapida del sistema ad eventi esterni. Soltanto un processo privilegiato può mutare la sua priorità o quella di un altro processo.

⁵Lo scheduling è quindi *preemptive*

21.9 Policy di scheduling

21.9.1 Real time

Quando due processi in stato **Ready** hanno diverse priorità, come abbiamo già fatto notare, verrà posto in esecuzione prima quello con priorità maggiore. Ma cosa succede se due processi hanno la stessa priorità? Quale di essi verrà per primo posto in esecuzione? Esistono fondamentalmente due politiche differenti:

1. Round Robin
2. Primo arrivato Prima servito

Nel primo caso i processi vengono inseriti in una coda circolare e vengono eseguiti ognuno per un quanto di tempo.

Nel secondo caso, quello più interessante, il primo processo posto in esecuzione è il primo che assume lo stato di **Ready**, esso occupa la CPU fino a quando non decide, tramite interrupts, di lasciarla oppure fino a quando non interviene un processo con priorità maggiore. Questo tipo di policy deve essere, per quanto detto, utilizzata con molta accuratezza ma può, in determinati casi, comportare un notevole incremento delle prestazioni e dell'utilità del sistema.

21.9.2 Scheduling tradizionale

Quando abbiamo detto che i valori di priorità per Linux avevano valori da 1 a 99 ci riferivamo in realtà al caso particolare di scheduling real time. Tuttavia questa particolare situazione è propria di particolari sistemi o applicativi identificati appunto dall'attributo "real time" ma non tutti i sistemi supportano questo tipo di scheduling e per la maggior parte i processi che creeremo sfrutteranno lo scheduling tradizionale della CPU. In questo tipo di scheduling la priorità del processo è 0 ed è chiamata *priorità statica*, ad essa è associata un'altro tipo di priorità chiamata *priorità dinamica*. Quest'ultima, come potete immaginare è quella che determina quale processo debba essere in esecuzione nella CPU. In generale possiamo dire che a valori alti di *priorità dinamica* corrisponde un maggiore time slice per il processo all'interno della CPU. Naturalmente questo non significa che necessariamente un processo debba utilizzare tutta la sua time slice. Infatti in caso di interrupts dovuti, ad esempio, ad richieste di I/O il processo verrà tolto dalla CPU. La sua alta *priorità dinamica* tuttavia favorirà in seguito il suo ritorno in esecuzione. Lo scheduler tradizionale usa fondamentalmente il metodo di

scheduling Round Robin. È inoltre importante notare il fatto che ogni volta che la *priorità dinamica* di un processo è ignorata dallo scheduler (perché troppo bassa) essa viene aumentata automaticamente. Per quanto riguarda i valori numerici della *priorità dinamica* occorre sottolineare come essi siano diversi, e per questo determinino una diversa interpretazione, dalla *priorità statica*. I valori infatti variano da -20 a 20 essendo -20 il limite massimo della priorità e 20 il limite minimo. Un processo può alzare la priorità dinamica di ogni processo avente lo stesso UID ma non può abbassarla. Invece i privilegi sono invece concessi ai processi, appunto, privilegiati.

21.10 Funzioni per lo scheduling Real Time

Al fine di poter utilizzare le seguenti funzioni è necessario includere nel file sorgente il file header `sched.h` nel quale risulta incluso il file `bits/sched.h` in cui è definita la struttura `sched_param` utilizzata per la definizione delle priorità e formata da un solo campo: un intero rappresentante la priorità.

21.10.1 La funzione `sched_setscheduler`

Function: `int sched_setscheduler (pid_t PID, int POLICY, const struct sched_param *PARAM)`

Questa funzione setta la priorità statica definita nella struttura puntata da `PARAM` per il processo identificato da `PID`. Viene inoltre definita la policy di scheduling. L'argomento `POLICY` può infatti assumere uno dei seguenti valori:

- `SCHED_OTHER`
In questo caso avremo scheduling tradizionale.
- `SCHED_FIFO`
In questo caso avremo scheduling “primo arrivato prima servito”.
- `SCHED_RR`
In questo caso avremo scheduling Round Robin”.

In caso di successo ritorna il valore 0, -1 altrimenti. La variabile `errno` può assumere uno dei seguenti argomenti:

- `EPERM`
In caso di permessi mancanti o errati valori di priorità in base alla policy scelta.

- **ESRCH**
Non esiste il processo identificato da PID
- **EINVAL**
Non esiste la policy specificata oppure il valore di priorità è fuori dal range prestabilito o, ancora, il PID è negativo.

21.10.2 La funzione sched_getscheduler

Function: int sched_getscheduler (pid_t PID)

Questa funzione restituisce la policy di scheduling relativa al processo identificato da PID in accordo con le macro, relative alle policy, definite nella funzione precedente. In caso di errore il valore di ritorno è -1. La variabile *errno* può assumere uno dei seguenti valori:

- **ESRCH**
Non esiste un processo identificato da PID.
- **EINVAL**
Il PID passato è negativo.

21.10.3 La funzione sched_setparam

Function: int sched_setparam (pid_t PID, const struct sched_param *PARAM)

Questa funzione setta semplicemente la priorità statica del processo PID

21.10.4 La funzione sched_getparam

Function: int sched_getparam (pid_t PID, const struct sched_param *PARAM)

Questa funzione memorizza la priorità statica del processo PID nella struttura puntata da PARAM. In caso di errore ritorna -1 e la variabile *errno* può assumere gli stessi valori, e gli stessi significati, che può assumere nella funzione sched_getscheduler.

21.10.5 La funzione `int sched_rr_get_interval`

Function: `int sched_rr_get_interval (pid_t PID, struct timespec *INTERVAL)`

In caso di Round Robin questa funzione memorizza il time slice per il processo identificato da PID.

21.10.6 La funzione `sched_yield`

Function: `int sched_yield (void)`

Questa funzione fa in modo che il processo chiamante assuma lo stato di READY.

21.11 Funzioni per lo scheduling tradizionale

prima di passare ad elencare le funzioni relative a questa sezione occorre far notare come un'insieme di processi possa essere identificato per mezzo di due parametri. Essi, nelle funzioni che prenderemo in esame, sono `CLASS` e `ID`. Questi due parametri assumono un diverso valore ed un diverso significato a seconda dell'insieme di processi che si intende circoscrivere. In particolare `ID` cambia significato a seconda di quale valore, tra i seguenti `CLASS` assuma:

- `PRIO_PROCESS`
In questo caso ci si riferisce ad un solo processo e `ID` assume il significato di `PID`, identificando quindi il processo in questione
- `PRIO_PGRP`
In questo caso ci si riferisce ad un insieme di processi appartenenti ad uno stesso gruppo identificato da `ID` che assume quindi il significato di `PGID`
- `PRIO_USER`
In questo caso ci si riferisce ad un insieme di processi aventi lo stesso user e `ID` assume il significato di `UID`

Detto questo procediamo con l'esame delle funzioni.

21.11.1 La funzione `getpriority`

Function: `int getpriority (int CLASS, int ID)`

Ritorna la priorità dell'insieme di processi specificato. Nel caso tali processi non abbiano tutti la medesima priorità dinamica allora ritorna il valore minore. Occorre tuttavia specificare che qualora la funzione ritornasse -1 questo valore potrebbe identificare sia la priorità dinamica del processo sia il fallimento della chiamata. Per evitare disguidi di questo tipo la scelta migliore sarebbe quella di inizializzare la variabile `errno` a 0 e successivamente controllare se, dopo la chiamata, il suo valore è mutato. In caso affermativo si è certamente verificato un errore. La variabile `errno` può dunque assumere uno dei seguenti valori:

- **ESRCH**
Non è stato trovato il processo o l'insieme di processi specificati
- **EINVAL**
Il valore assegnato a `CLASS` non è valido.

21.11.2 La funzione `setpriority`

Function: `int setpriority (int CLASS, int ID, int NICEVAL)`

Setta la priorità dell'insieme specificato al valore `NICEVAL`. Il valore di ritorno è 0 in caso di successo e -1 in caso di fallimento della chiamata. La variabile `errno` può assumere uno dei seguenti valori:

- **ESRCH**
Non è stato trovato il processo o l'insieme di processi specificati
- **EINVAL**
Il valore assegnato a `CLASS` non è valido.
- **EPERM**
Il processo è di proprietà di un altro utente quindi non è possibile cambiarne la priorità dinamica.
- **EACCES** Non si hanno comunque i permessi di cambiare la priorità dinamica del processo.

Capitolo 22

Memoria

22.1 Introduzione

Come abbiamo già avuto modo di far notare anche la memoria ¹è una risorsa di sistema. Abbiamo tuttavia ritenuto opportuno procedere alla sua trattazione in un capitolo separato. I motivi di questa scelta sono piuttosto intuitibili: è la memoria la prima risorsa di sistema con cui il programmatore viene a contatto durante la programmazione (e questo è ancora più valido se si è agli inizi).

La memoria occorre per memorizzare variabili staticamente e dinamicamente, la memoria interviene assiduamente nello scambio dei dati, la memoria allocata può essere modificata per fini anche maliziosi. Insomma essa è la prima risorsa sulle cui limitazioni il programmatore comincia a riflettere nel tentativo di ottimizzare e/o rendere più sicuro il codice.

Alcune funzioni sono già state proposte in precedenza, in questo capitolo le rivedremo in maniera più approfondita secondo gli schemi che, da qualche capitolo, dovrebbero ormai essere acquisiti.

22.2 Memoria virtuale

Durante un'intera sessione di lavoro la RAM svolge un ruolo estremamente dinamico, essa cambia configurazione in maniera rapida e continua. Ogni processo, per poter essere eseguito, deve occupare una propria porzione di RAM.

¹Il termine memoria è assai generale, in fondo la cache, la memoria secondaria (hard disk), terziaria sono altre forme di memoria. In questo capitolo tuttavia ci riferiremo col termine “memoria” principalmente alla memoria primaria, ossia alla RAM(random access memory)

Ciò è dovuto al fatto che le istruzioni di cui il processo è composto necessitano di memoria per poter essere eseguite ma anche le variabili utilizzate dal processo stesso devono risiedere in memoria per poter essere utilizzate. Col proseguire della sessione di lavoro, più processi vengono avviati, terminati e sospesi creando una situazione estremamente caotica nella memoria cosicché risulta praticamente impossibile, per un processo che va in esecuzione, allocare la memoria necessaria in un segmento fisico continuo. Per questo motivo la RAM vitale per il processo sarà allocata su più segmenti **non contigui** di memoria. Una situazione altrettanto comune è quella per cui la RAM è sufficientemente estesa per poter contenere tutti i processi in esecuzione. Per risolvere questi problemi è stata introdotta la tecnica della *virtual memory*.

La memoria virtuale può essere pensata come un array estremamente grande e dinamico di indirizzi, a questi indirizzi (chiamati *indirizzi logici*) corrispondono, ma non solo, gli indirizzi della memoria fisica (chiamati appunto *indirizzi fisici*). Le differenze fondamentali sono queste:

- Mentre un processo viene allocato in memoria fisica con ranges di indirizzi non continui, nella memoria virtuale gli indirizzi fisici corrispondono ad un range continuo di indirizzi logici. Questo comporta una più facile gestione della memoria anche da parte del programmatore. Il blocco di indirizzi logici riservato ad un processo viene chiamato *virtual Address Space* relativo al processo stesso.
- Nella virtual memory possono essere presi mappati ² anche indirizzi che non appartengono alla memoria principale (ad esempio indirizzi di memoria secondaria) quindi parte della memoria di un processo, quella che viene utilizzata con minore frequenza, può risiedere direttamente sull'hard disk senza danneggiare le prestazioni in maniera significativa e, soprattutto, ignorando la barriera rappresentata dall'estensione della memoria principale.

In Linux la memoria virtuale è divisa in “porzioni” di 4 Kb l'una chiamate *Pagine*. Ci si può riferire quindi a “pagine di memoria virtuale”. Come abbiamo già avuto modo di far notare ad ogni pagina di memoria virtuale corrisponde una parte di memoria fisica chiamata *Frame*.

Naturalmente, forse lo avrete intuito, se tra pagine di memoria virtuale e frames di memoria fisica ci fosse una corrispondenza 1 a 1 la cosa sarebbe tremendamente inefficiente. Pensate infatti alle funzioni della libreria GNU C usate da ogni processo: nel caso di corrispondenza 1 a 1 ogni pagina di

²S'intende per *mapping* l'operazione necessaria a far corrispondere ad indirizzi logici della memoria virtuale degli indirizzi fisici della memoria fisica (non necessariamente principale)

Figura 22.1: Mapping della memoria virtuale.

memoria virtuale che si riferisce a tali funzioni dovrebbe avere un proprio corrispondente fisico anche se, come poi è, le funzioni non variano da processo a processo. Per questo motivo alcune pagine di memoria virtuale possono essere mappate sullo stesso frame. In questo modo, ad esempio, le librerie GNU C verranno allocate in frames a cui, uniformamente, si riferiranno tutte le pagine di memoria virtuali che ne fanno uso (Fig 22.1).

In precedenza si è detto che indirizzi logici potevano riferirsi ad indirizzi fisici che identificavano porzioni di memoria secondaria (o comunque non principale) nei quali erano memorizzati dati ad accesso non frequente. L'operazione avente come scopo il mappare frames di memoria secondaria su pagine di memoria virtuale (in poche parole l'operazione di "allocare memoria sul dispositivo di storage secondario) ha un nome ben preciso: si chiama *paging*. tuttavia, come sappiamo, per potere essere eseguite le istruzioni devono risiedere su memoria primaria. Qualora il programma tentasse di accedere a pagine di memoria che, in virtù del *paging*, si riferiscono a frames sull'hard disk (quest'operazione prende il nome di *page fault*), allora il processo verrà immediatamente sospeso, il frame in questione verrà spostato nella memoria principale e in seguito il processo potrà riprendere. lo spostamento da memoria secondaria a memoria centrale prende il nome di *paging in*.

22.3 Allocazione della memoria

Quando un processo viene avviato (tramite una funzione della famiglia *exec*) viene allocata memoria atta a contenere le istruzioni del programma, le costanti e qualche variabile. Naturalmente la memoria allocata in questo modo non può essere sufficiente³. Per questo una volta che il programma inizia ad essere eseguito viene allocata altra memoria. Per quanto abbiamo detto precedentemente ad un processo è associato un insieme continuo di indirizzi logici (segmento di memoria virtuale), tale segmento viene usualmente diviso in 3 parti distinte:

1. **text segment**

Contiene le istruzioni e le costanti del programma.

2. **data segment**

Contiene variabili del programma e può essere modificato in estensione.

³Basti pensare che non viene allocata memoria per tutte le variabili.

3. **stack**

Stack del programma. Dati necessari all'esecuzione.

Anche la memoria relativa alle variabili del programma può essere allocata secondo tre diverse modalità:

1. **Statica**

Questa modalità di allocazione è riservata alle variabili dichiarate come **static** ed alle variabili globali. La memoria, allocata al cominciare dell'esecuzione, ha dimensioni fisse e non viene mai rilasciata se non alla fine del programma.

2. **Automatica**

Utilizzata per variabili dichiarate come **automatic**, e per variabili locali. La memoria viene liberata al termine dell'esecuzione inerente il blocco di codice relativo alle variabili.

3. **Dinamica**

Utilizzata per allocare memoria durante l'esecuzione del processo.

22.4 Allocazione dinamica

Nello scrivere un programma non sempre il programmatore ha la possibilità di conoscere di quanta memoria avranno bisogno i dati se questi non dipendono dalla sua volontà. Se il programma richiede l'inserimento di dati da parte di un utente esterno, ad esempio, questa situazione è tutt'altro che infrequente. Una soluzione consisterebbe nell'allocare abbastanza memoria per far fronte al caso peggiore. Quest'approccio tuttavia presenta due limitazioni di estrema importanza:

1. Non sempre è possibile individuare il caso peggiore.
2. Allocando memoria per la situazione peggiore, nel caso molto frequente che questa non si verifichi, si andrebbe incontro ad uno spreco anche molto elevato di risorsa.

Per ovviare a questo problema è stata introdotta l'allocazione dinamica della memoria che può essere implementata tramite le liste, come abbiamo già visto nel capitolo 9 oppure attraverso funzioni che andiamo ad analizzare.

22.5 Funzioni per l'allocazione dinamica

22.5.1 La funzione malloc

Function: void * malloc (size_t SIZE)

Questa funzione è utilizzata per allocare un blocco di memoria delle dimensioni di SIZE bytes. Viene restituito un puntatore all'inizio di tale area di memoria. Quello che occorre notare è che il puntatore restituito è un puntatore a void questo comporta che per essere utilizzata ci sarà necessità di un casting esplicito. Supponiamo per esempio che si voglia allocare memoria atta a contenere n interi, si potrebbe scrivere qualcosa del genere:

```
1 int array[]; /* Dichiarazione */  
2 array = (int *)malloc(n * sizeof(int));
```

In questo modo verrà allocata memoria atta a contenere n interi e poi, mediante il casting, effettivamente gestibile come un array di n elementi. Qualora volesse utilizzare lo stesso metodo per allocare una stringa abbiate cura di aggiungere sempre un byte in più per il carattere di terminazione linea.

Nel caso non ci sia abbastanza memoria da allocare allora viene restituito un puntatore nullo. Occorre sempre verificare l'effettiva riuscita della chiamata per evitare errori a dir poco disastrosi.

22.5.2 La funzione calloc

Function: void * calloc (size_t COUNT, size_t SIZE)

Alloca una quantità di memoria nello heap⁴ pari a COUNT * size bytes. I Bytes allocati vengono inizializzati a 0. In caso di fallimento della chiamata viene restituito un puntatore nullo. Occorre sempre verificare l'esito della chiamata per motivi piuttosto evidenti.

22.5.3 La funzione realloc

Function: void * realloc (void *PTR, size_t NEWSIZE)

⁴Parte della memoria destinata all'allocazione dinamica

Può accadere, durante l'esecuzione di un programma, che un blocco di memoria allocato dinamicamente abbia dimensioni troppo piccole per poter essere riutilizzato. È possibile ridefinire le dimensioni di tale blocco attraverso questa funzione. La porzione di memoria puntata da PTR viene ad assumere dopo la chiamata le dimensioni di NEWSIZE bytes. Viene quindi restituito un puntatore all'inizio dell'area di memoria modificata. In caso di errore il blocco non viene modificato ma viene restituito un puntatore nullo.

22.5.4 La funzione free

Function: void free (void *PTR)

La memoria allocata dinamicamente non viene deallocata al termine del programma per questo motivo, se molti processi utilizzassero in sequenza l'allocazione dinamica ad un certo punto questa fallirebbe. Per far in modo che la memoria allocata in maniera dinamica possa essere deallocata, al termine del suo effettivo utilizzo, è stata appositamente questa funzione. Essa semplicemente dealloca il blocco di memoria puntato da PTR.

22.6 Locking della memoria

Se il *paging in* della memoria era lo spostamento di frames dalla memoria secondaria alla memoria primaria, l'operazione inversa prende il nome di *paging out*. Entrambe gli spostamenti richiedono tempo e, per questo rallentano l'esecuzione del programma. È tuttavia possibile evitare l'operazione di *paging out* effettuando il locking delle pagine di memoria. Nel caso in cui la pagina di memoria si riferiva ad un frame su memoria secondaria allora viene immediatamente effettuato il *paging in* inibendo, per la stessa pagina il *paging out*. Sono 2 i fondamentali motivi per cui, alcune volte, può essere auspicabile il locking della memoria:

1. **Incremento delle prestazioni**

Come detto precedentemente, essendo inibita l'operazione di *paging out* per una determinata area di memoria si evita anche la situazione di *page fault* evitando quindi sospensioni del processo ed operazioni di *paging in* che richiedono tempo.

2. **Sicurezza**

Dati critici, come password, possono, per il *paging out* essere trasferiti

sull'hard disk. essendo quest'ultimo un supporto di memoria permanente e soggetto a modifiche non molto di frequente risulterebbe più semplice, per individui con scopi maliziosi, individuare e leggere tali dati. Al contrario la struttura di allocazione della RAM è soggetta a continui cambiamenti e per questo risulta certamente più sicura.

22.7 Funzioni per il Locking della memoria.

Per poter utilizzare le seguenti funzioni occorre includere nel sorgente del programma il file header `sys/mman.h`.

22.7.1 La funzione `mlock`

Function: `int mlock (const void *ADDR, size_t LEN)`

Questa funzione effettua il locking su una porzione di memoria del processo chiamante. tale porzione è individuata dai due parametri passati come argomenti: comincia dall'indirizzo `ADDR` e ha una lunghezza di `LEN` bytes. In caso di successo viene ritornato 0, altrimenti -1.

La variabile `errno` può assumere uno dei seguenti valori:

- **ENOMEM**
Nel caso in cui il range di indirizzi non sia completamente contenuto nel *virtual address space* del processo. Oppure se si supera il limite effettivo delle pagine per cui è possibile effettuare il locking.
- **EPERM**
Nel caso in cui il processo chiamante non è privilegiato.
- **EINVAL**
Nel caso si sia specificata una lunghezza negativa.
- **ENOSYS**
Nel caso in cui il kernel del sistema che si usa non implementi l'operazione di locking.

22.7.2 La funzione `mlockall`

Function: `int mlockall (int FLAGS)`

Questa funzione opera il locking di tutte le pagine di memoria del processo chiamante. Il parmentri **FLAGS** con rispettivi significati sono:

- **MCL_CURRENT** Viene effettuato il locking delle pagine correntemente appartenenti al processo.
- **MCL_FUTURE** Viene effettuato il locking delle pagine che, nell'evoluzione del processo, verranno aggiunte al *virtual address space*.

La chiamata di questa funzione può richiedere tempo nel caso in cui debbano essere effettuate delle operazioni di paging in. Il valore di ritorno in caso di successo è 0, altrimenti -1.

La variabile *errno* può assumere uno dei seguenti valori:

- **ENOMEM**
Nel caso in cui il range di indirizzi non sia completamente contenuto nel *virtual address space* del processo. Oppure se si supera il limite effettivo delle pagine per cui è possibile effettuare il locking.
- **EPERM**
Nel caso in cui il processo chiamante non è privilegiato.
- **EINVAL**
Nel in cui bits non definiti di **FLAGS** non siano uguali a zero.
- **ENOSYS**
Nel caso in cui il kernel ddel sistema che si usa non implementi l'operazione di locking.

22.7.3 La funzione munlock

Function: int munlock (const void *ADDR, size_t LEN)

Effettua l'operazione inversa della funzione mlock().

22.7.4 La funzione munlockall

Function: int munlockall (void

Effettua l'operazione inversa di mlockall

Capitolo 23

Ncurses

23.1 Introduzione

Le librerie *ncurses* sono una valida via da percorrere nel caso si voglia dotare il proprio programma di una semplice interfaccia grafica. Tale interfaccia tuttavia non potrà essere utilizzata in ambiente X se non tramite una console virtuale. Le *ncurses*, infatti, lavorano esclusivamente in ambiente a riga di comando. Ciò non deve essere considerato come una limitazione per i seguenti motivi:

1. Qualora si volessero creare interfacce grafiche in accordo col proprio gestore di finestre sarebbe buona regola utilizzare le librerie, e gli strumenti di sviluppo, che questo mette a disposizione.
2. L'ambiente console, se pur molto spartano, consente una maggiore leggerezza e quindi una maggiore velocità di esecuzione del programma. Senza contare che se l'interfaccia grafica è ben creata, tramite le *ncurses*, essa può risultare comunque gradevole ed esplicativa.

La maggior limitazione che ci si può trovare a fronteggiare nella creazione di un'interfacciagrica che venga correttamente visualizzata su console è la dimensione di quest'ultima. Essa infatti è piuttosto ridotta e per questo motivo fa sì che l'interfacce create, quando si debbano mostrare parecchie informazioni, siano molto modulari. Ciò comporta innanzitutto un primo approccio piuttosto analitico da parte del programmatore: poiché a video potrà essere presentata una limitata quantità di informazione egli dovrà partizionarla nel miglior modo possibile oltre a cercare le modalità maggiormente esplicative di mostrare le varie parti. Su di una console virtuale queste limitazioni vengono in parte a cadere, essendo questa di dimensioni arbitrarie,

tuttavia un programma che sfrutti gli spazi di una console virtuale potrebbe, a meno di artifici vari, non essere portabile in modalità non grafica. Questo comporterebbe quindi il venir meno del principale motivo di utilizzo delle *ncurses*.

Per poter compilare un programma che utilizza le librerie *ncurses* occorre rendere nota la cosa al compilatore utilizzando l'opzione `-lncurses` in questo modo:

`gcc -o programma programma.c -lncurses` e naturalmente, all'interno del nostro programma dovrà essere presente l'inclusione dell'header specifico

```
#include <ncurses.h>
```

23.2 Cominciare

Si prenda in considerazione il breve programma sottostante:

```
#include <ncurses.h>
```

```
int main(void)
{
    initscr();
    printw("Ciao, sono il tuo primo programma con ncurses, premi un tasto per
          uscire")
    refresh();
    getch();
    endwin();
    return 0;
}
```

La prima funzione che incontriamo è `initscr()`. Essa ha lo scopo di inizializzare il terminale al fine di poter utilizzare le librerie *ncurses*, pulendo lo schermo e allocando memoria per la window principale: `stdscr` ed alcune altre strutture necessarie. La successiva `printw` stampa un breve messaggio a video e non necessita di ulteriori spiegazioni, almeno per ora. La funzione `refresh()` ridisegna `stdscr` aggiornandolo con le eventuali modifiche apportate mentre `endwin` libera la memoria allocata dalle strutture sopracitate. Sorvoliamo per il momento la `getch()`.

Capitolo 24

GTK minimalia

Il nome GTK sta per Gimp Tool Kit, ed é un insieme di librerie grafiche portabili che sono state sviluppate appositamente per realizzare il programma Gimp, oltre ad essere state utilizzate per il Window manager GNOME. Queste librerie possiedono un'interfaccia per molti linguaggi diversi e, ovviamente, non poteva certo mancare il C, essendo per di piú il linguaggio con cui sono nate. L'utilitá di queste consiste appunto nella possibilitá di realizzare interfacce grafiche per X, finestre con pulsanti, barre di scorrimento... etc.

Il programma minimo con il quale si consiglia di cominciare, anche per verificare che la compilazione vada a buo fine é il seguente:

```
1  #include<stdio.h>
2  #include<gtk/gtk.h>
3
4  int main(int argc, char *argv[])
5  {
6
7      GtkWidget *window;
8
9      gtk_init(&argc, &argv);
10     window = gtk_window_new(GTK_WINDOW_TOPLEVEL);
11     gtk_widget_show(window);
12
13     gtk_main();
14     return(0);
15
16 }
```

Dove va rimarcata la presenza delle funzioni:

```
gtk_init(&argc, &argv);
```

che ha il fine di svolgere tutte le operazioni necessarie all'inizializzazione della libreria, e a presentare al programmatore un'interfaccia che non dipenda dalle particolari risorse di sistema, quale la particolare mappa di colori disponibili... etc. Questa chiamata sarà presente in tutti i programmi che fanno uso della libreria GTK, insieme alla direttiva

```
#include<gtk/gtk.h>
```

Si nota inoltre l'istruzione

```
gtk_main();
```

presente altresí in tutti i programmi, e che determina l'attesa, da parte del programma, di eventi di particolari eventi di X.

Per compilare, occorrerà passare dei particolari parametri dalla riga di comando, che assumerà l'aspetto seguente:

```
cc 'gtk-config --libs' 'gtk-config --cflags' -o primo primo.c
```

Si badi bene che

```
'gtk-config --libs'
```

e

```
'gtk-config --cflags'
```

vanno racchiusi tra apici inversi, ovvero, il segno tipografico che si ottiene digitando **ALTgr + '** L'effetto dei due comandi riportati tra apici inversi, e che quindi vengono passati come parametri al compilatore, ' quello di specificare le corrette opzioni di linking con la posizione esatta nel sistema delle librerie; il tutto, si badi, con l'effetto di rendere così portabile il codice.

il programma sopra può quindi essere compilato più agevolmente realizzando e facendo eseguire il seguente makefile:

```
CC=gcc
```

```
all: primo.c
```

```
$(CC) 'gtk-config --libs' 'gtk-config --cflags' -o primo primo.c
```

o un makefile che abbia un aspetto analogo, cambiando debitamente il nome del sorgente che si sta editando e dell'eseguibile.

Giacché può rivelarsi indubbiamente noioso, per ogni sorgente che si realizza, creare più o meno il medesimo makefile, si potrebbe decidere di automatizzarne la creazione, appena ci si accinge a scrivere un nuovo programma, con uno script come quello che segue, e che consigliamo:

```
#!/usr/bin/perl

if ( $#ARGV == -1 )
{
    print "\e[1;31m \tInserisci il nome del file da creare \e[00m\n\t";
    $nomefile = <STDIN>;
    chop($nomefile);
}
else
{
    $nomefile = $ARGV[0];
}

# < Definizione variabili >

$C="c";

($preambolo)=<<EOT;
/*
  by NOME COGNOME
*/

#include<stdio.h>
#include<gtk/gtk.h>

int main(int argc, char *argv[])
{

    GtkWidget *window;

    gtk_init(&argc, &argv);
    window = gtk_window_new(GTK_WINDOW_TOPLEVEL);
    gtk_widget_show(window);

    gtk_main();
    return(0);

}
EOT
```



```
#$nome_file_con_est = $nomefile.c;
open( MIO_GTK, ">$nomefile.c");
print MIO_GTK "$preambolo";
close( MIO_GTK );

print "Il file $nomefile.$C é stato creato nella dir. corrente.\n\n";

($makefile)=<<EOT;

all: $nomefile.$C
        cc 'gtk-config --cflags --libs' $nomefile.$C -o $nomefile
EOT

open(MIO_MAKEFILE, ">Makefile");
print MIO_MAKEFILE "$makefile";
close(MIO_MAKEFILE);
```

Lo script sopra si preoccupa inoltre di creare un nuovo sorgente ¹ contenente la funzione `main()` minimale che, altrimenti, si dovrebbe riscrivere tutte le volte daccapo.

¹NB: se ne esiste uno con lo stesso nome lo sovrascrive !

Parte IV

Appendici

Appendice A

Attributi dei Threads

Come certamente ricorderete la creazione di un thread attraverso la funzione `pthread_create` necessitava anche di un argomento di tipo `pthread_attr_t`. Esso identificava quelli che vengono definiti come gli *attributi* del thread. Eventualmente questo argomento poteva essere uguale a `NULL`, in questo caso il thread avrebbe avuto gli attributi di default.

Per poter assegnare dei particolari attributi ad un thread è necessario creare una variabile di tipo `pthread_attr_t` al fine di passarla alla funzione per la creazione del thread stesso. Per intervenire sugli attributi devono essere utilizzate le funzioni che vedremo in seguito **prima** che il thread venga creato. Dopo la sua creazione, infatti, modifiche alla variabile degli attributi non comporteranno alcun effetto. Si noti bene che Gli stessi attributi possono essere utilizzati per la creazione di più thread sempre sottostando alle limitazioni di modificabilità di cui sopra.

A.1 Gestione degli attributi

A.1.1 La funzione `pthread_attr_init`

Function: `int pthread_attr_init (pthread_attr_t *ATTR)`

Mediante questa funzione l'oggetto puntato da `ATTR` viene inizializzato con gli attributi di default.¹ Per una lista completa degli attributi, con una loro breve descrizione vedasi la sezione relativa in seguito.

¹P

A.1.2 La funzione `pthread_attr_destroy`

Function: `int pthread_attr_destroy (pthread_attr_t *ATTR)`

Semplicemente rilascia le risorse allocate per l'oggetto puntato da `ATTR`

A.1.3 La funzione `pthread_attr_setATTR`

Function: `int pthread_attr_setATTR (pthread_attr_t *OBJ, int VALUE)`

Si tratta in realtà di una serie di funzioni. `ATTR`, parte del nome della funzione, indica l'attributo che si intende settare nell'apposita variabile puntata da `OBJ` al valore indicato da `VALUE`.

A.1.4 La funzione `pthread_attr_getATTR`

Function: `int pthread_attr_getATTR (pthread_attr_t *OBJ, int VALUE)`

Questa funzione memorizza il valore dell'attributo `ATTR` contenuto in nell'oggetto puntato da `OBJ` nella variabile `VALUE`.

A.2 Attributi più importanti

`detachstate`

Tale attributo assume di default il valore `PTHREAD_CREATE_JOINABLE` ossia alla terminazione del thread il segnale di terminazione può essere ricevuto dal thread che utilizza una `thread_join`. Il valore di questo attributo può essere settato come `PTHREAD_CREATE_DETACHED` ed in questo caso le risorse allocate per il thread vengono immediatamente deallocate. In quest'ultimo caso tuttavia la funzione `thread_join`, utile per la sincronizzazione dei threads, non può essere utilizzata.

`schedpolicy`

Come facilmente intuibile questo attributo setta la politica di scheduling del thread. Il valore di default è `SCHED_OTHER` (regolare, non realtime) ma può essere settato a `SCHED_RR` (realtime, round-robin) o `SCHED_FIFO` (realtime, FIFO). La politica di scheduling può tuttavia essere modificata dopo la creazione del thread tramite la funzione `pthread_setschedparam`

`schedparam`

Questo parametro ha significato solo se la politica di scheduling è realtime. In Di default è settato a 0. Anche la priorità può essere cambiata dopo la creazione del thread tramite la funzione `pthread_setschedparam`.

`inheritsched`

Nel caso in cui questo attributo sia settato a `PTHREAD_EXPLICIT_SCHED` i parametri relativi allo scheduling del thread vengono determinati dagli attributi dello stesso. Qualora, invece, l'attributo abbia valore `PTHREAD_INHERIT_SCHED` allora le modalità di scheduling vengono ereditate dal thread generante.

`scope`

Anche questo attributo ha conseguenze sullo scheduling. esso può assumere il valore `PTHREAD_SCOPE_SYSTEM` ed allora la priorità del thread, e quindi la relativa schedulazione, vengono calcolati in rapporto alla priorità di tutti gli altri processi in esecuzione sul sistema (default). Nel caso in cui il valore sia `PTHREAD_SCOPE_PROCESS` lo scheduling è funzione delle priorità degli altri threads generati dallo stesso processo. Quest'ultima funzione non è contemplata nell'implementazione dei threads su linux e comunque, su altri sistemi, deve essere utilizzata con molta cautela.

Appendice B

Tipi di Segnale

Questa sezione riporta i segnali standard più importanti definiti nel sistema. Ricordiamo che ad ogni segnale corrisponde un preciso codice numerico. Vedasi il file `signal.h` per maggiori dettagli

B.1 Segnali di errore

La seguente tabella riporta i segnali di errore generati da un processo. In genere questo tipo di segnali vengono generati in caso di errori piuttosto gravi che potrebbero quantomeno compromettere la corretta esecuzione del programma stesso. L'azione di default di tutti i segnali di questo tipo è quella di terminare il programma che invia il segnale.

SEGNALE	Breve descrizione
SIGFPE	Un segnale di questo tipo, il cui nome significa <i>floating-point exception</i> è utilizzato per identificare qualsiasi errore aritmetico come, ad esempio la divisione per zero.
SIGILL	<i>Illegal Instruction</i> : il programma cerca di eseguire files non eseguibili o files corrotti o ancora files per la cui esecuzione non ha i privilegi. Un segnale di questo tipo può essere generato anche in caso di stack overflows.
SIGSEGV	Questo segnale è generato quando il programma tenta di leggere in segmenti di memoria che non gli appartengono o di scrivere su memoria in sola lettura. Il suo nome deriva da <i>segment violation</i> .
SIGBUS	Generato in caso di invalida assegnazione di un puntatore.
SIGABRT	Generato in caso di chiamata abort da parte del programma stesso.
SIGIOT	Nella maggior parte delle macchine si tratta di un'altra forma del segnale precedente.
SIGTRAP	Generalmente utilizzato dai debugger questo segnale è inviato quando vengono eseguite istruzioni di breakpoint.
SIGSYS	Segnale generato quando si chiama in modo erroneo (con un codice errato) una SysCall.

B.2 Segnali di terminazione

I seguenti segnali vengono utilizzati per la terminazione dei processi.

SEGNALE	Breve descrizione
SIGTERM	Segnale generato, ad esempio, dal comando shell kill esso termina il processo, può essere bloccato, ignorato, manipolato.
SIGINT	Segnale inviato alla pressione di Ctrl+c.
SIGQUIT	Segnale simile al precedente, causa la creazione di files core.
SIGHUP	Generato dall'interruzione di connessioni.

B.3 Segnali di allarme

Di default causano la terminazione del programma.

SEGNALE	Breve descrizione
SIGALARM	Generalmente generato da un timer che misura il tempo reale o da quello che misura il tempo di clock.
SIGVTALRM	Generato da un timer che misura il tempo di esecuzione in CPU di un processo.
SIGPROF	Generato da un timer che misura sia il tempo di esecuzione in CPU di un processo sia il tempo di esecuzione di tutti i processi di sistema.

B.4 Segnali asincroni

SEGNALE	Breve descrizione
SIGIO	Generato quando un file descriptor è pronto per operazioni di I/O.
SIGURG	Inviato quando dati Urgenti arrivano ad un socket.
SIGPOLL	Simile al primo.

B.5 Segnali per il controllo dei processi

SEGNALE	Breve descrizione
SIGCHLD	Questo segnale è inviato al padre di un processo quando il figlio viene bloccato o termina.
SIGCONT	Segnale inviato per far continuare un processo bloccato.
SIGSTOP	Questo segnale genera il bloccaggio del processo a cui è inviato. Non può essere manipolato, bloccato o ignorato.
SIGTSTP	Simile al precedente, questo segnale può tuttavia essere ignorato o manipolato.
SIGTTIN	Generato quando un processo in background richiede un'esecuzione interattiva. Questo segnale termina il processo.
SIGTTOU	Simile al precedente, questo segnale è generato quando un processo in background tenta di scrivere su terminale.

B.6 Errori generati da operazioni

SEGNALE	Breve descrizione
SIGPIPE	Generato in caso di pipe interrotta.
SIGLOST	Generato quando un programma server termina inaspettatamente.
SIGXCPU	Generato quando un processo occupa la CPU per un tempo superiore al dovuto.
SIGXFSZ	Generato quando le dimensioni del file superano un certo limite dipendente dalle risorse disponibili.

B.7 Vari

SEGNALE	Breve descrizione
SIGUSR1 e SIGUSR2	Molto utilizzati. Non hanno una funzione definita quindi sono molto utili in caso di handling definito dal programmatore.
SIGWINCH	Segnale generato quando una window cambia di dimensione.

Appendice C

Stile di programmazione

C.1 Introduzione

La stesura di codice è qualcosa che segue delle regole sintattiche dettate dal linguaggio e necessarie al fine di ottenere un programma effettivamente eseguibile (non necessariamente corretto). Il modo di scrivere codice invece non è soggetto a nessuna regola, per intenderci qualcosa del genere:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(void)
{
    int i;
    for (i=0, i<10, i++) {
        printf("i =%s\n");
    }
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

è, a livello di compilazione, perfettamente equivalente a:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(void){int i; for (i=0, i<10, i++) {
printf("i =%s\n");}return EXIT_SUCCESS;}
```

Capite certamente la differenza, se non a livello di compilazione, nella leggibilità del codice che, per quanto semplice, nel secondo caso diventa piuttosto difficoltosa. Proprio per questo motivo sarebbe opportuno seguire

delle indicazioni che è possibile trovare all'interno dei codici del kernel di linux in un file chiamato *CodingStyle* e che qui riportiamo nelle sue parti più generalmente applicabili. ¹.

C.2 Linux kernel coding style

This is a short document describing the preferred coding style for the linux kernel. Coding style is very personal, and I won't *_force_* my views on anybody, but this is what goes for anything that I have to be able to maintain, and I'd prefer it for most other things too. Please at least consider the points made here. First off, I'd suggest printing out a copy of the GNU coding standards, and NOT read it. Burn them, it's a great symbolic gesture. Anyway, here goes.

C.3 Indentation

Tabs are 8 characters, and thus indentations are also 8 characters. There are heretic movements that try to make indentations 4 (or even 2!) characters deep, and that is akin to trying to define the value of PI to be 3.

Rationale: The whole idea behind indentation is to clearly define where a block of control starts and ends. Especially when you've been looking at your screen for 20 straight hours, you'll find it a lot easier to see how the indentation works if you have large indentations.

Now, some people will claim that having 8-character indentations makes the code move too far to the right, and makes it hard to read on a 80-character terminal screen. The answer to that is that if you need more than 3 levels of indentation, you're screwed anyway, and should fix your program.

In short, 8-char indents make things easier to read, and have the added benefit of warning you when you're nesting your functions too deep. Heed that warning.

¹Queste indicazioni sono espressamente raccomandate per la stesura di codice per il kernel di Linux ma possono essere applicate proficuamente anche per codice che col kernel non avrà nulla a che vedere

C.4 Placing Brace

The other issue that always comes up in C styling is the placement of braces. Unlike the indent size, there are few technical reasons to choose one placement strategy over the other, but the preferred way, as shown to us by the prophets *Kernighan and Ritchie*, is to put the opening brace last on the line, and put the closing brace first, thusly:

```
if (x is true) {  
we do y  
}
```

However, there is one special case, namely functions: they have the opening brace at the beginning of the next line, thus:

```
int function(int x)  
{  
body of function  
}
```

Heretic people all over the world have claimed that this inconsistency is ... well ... inconsistent, but all right-thinking people know that (a) K&R are *_right_* and (b) K&R are right. Besides, functions are special anyway (you can't nest them in C).

Note that the closing brace is empty on a line of its own, *_except_* in the cases where it is followed by a continuation of the same statement, ie a while in a do-statement or an else in an if-statement, like this:

```
do {  
body of do-loop  
} while (condition);
```

and

```
if (x == y) {  
..  
} else if (x > y) {  
...  
} else {  
....  
}
```


Rationale: K&R.

Also, note that this brace-placement also minimizes the number of empty (or almost empty) lines, without any loss of readability. Thus, as the supply of new-lines on your screen is not a renewable resource (think 25-line terminal screens here), you have more empty lines to put comments on.

C.5 Naming

C is a Spartan language, and so should your naming be. Unlike Modula-2 and Pascal programmers, C programmers do not use cute names like `ThisVariableIsATemporaryCounter`. A C programmer would call that variable `tmp`, which is much easier to write, and not the least more difficult to understand.

HOWEVER, while mixed-case names are frowned upon, descriptive names for global variables are a must. To call a global function `foo` is a shooting offense.

GLOBAL variables (to be used only if you *really* need them) need to have descriptive names, as do global functions. If you have a function that counts the number of active users, you should call that `count_active_users()` or similar, you should *not* call it `cntusr()`.

Encoding the type of a function into the name (so-called Hungarian notation) is brain damaged - the compiler knows the types anyway and can check those, and it only confuses the programmer. No wonder MicroSoft makes buggy programs.

LOCAL variable names should be short, and to the point. If you have some random integer loop counter, it should probably be called `i`. Calling it `loop_counter` is non-productive, if there is no chance of it being mis-understood. Similarly, `tmp` can be just about any type of variable that is used to hold a temporary value.

If you are afraid to mix up your local variable names, you have another problem, which is called the function-growth-hormone-imbalance syndrome. See next chapter.

C.6 Functions

Functions should be short and sweet, and do just one thing. They should fit on one or two screenfuls of text (the ISO/ANSI screen size is 80x24, as we all know), and do one thing and do that well.

The maximum length of a function is inversely proportional to the complexity and indentation level of that function. So, if you have a conceptually simple function that is just one long (but simple) case-statement, where you have to do lots of small things for a lot of different cases, it's OK to have a longer function.

However, if you have a complex function, and you suspect that a less-than-gifted first-year high-school student might not even understand what the function is all about, you should adhere to the maximum limits all the more closely. Use helper functions with descriptive names (you can ask the compiler to in-line them if you think it's performance-critical, and it will probably do a better job of it that you would have done).

Another measure of the function is the number of local variables. They shouldn't exceed 5-10, or you're doing something wrong. Re-think the function, and split it into smaller pieces. A human brain can generally easily keep track of about 7 different things, anything more and it gets confused. You know you're brilliant, but maybe you'd like to understand what you did 2 weeks from now.

C.7 Commenting

Comments are good, but there is also a danger of over-commenting. NEVER try to explain HOW your code works in a comment: it's much better to write the code so that the `_working_` is obvious, and it's a waste of time to explain badly written code.

Generally, you want your comments to tell WHAT your code does, not HOW. Also, try to avoid putting comments inside a function body: if the function is so complex that you need to separately comment parts of it, you should probably go back to chapter 4 for a while. You can make small comments to note or warn about something particularly clever (or ugly), but try to avoid excess. Instead, put the comments at the head of the function, telling people what it does, and possibly WHY it does it.

C.8 Data Structures

Data structures that have visibility outside the single-threaded environment they are created and destroyed in should always have reference counts. In the kernel, garbage collection doesn't exist (and outside the kernel garbage collection is slow and inefficient), which means that you absolutely *have* to reference count all your uses.

Reference counting means that you can avoid locking, and allows multiple users to have access to the data structure in parallel - and not having to worry about the structure suddenly going away from under them just because they slept or did something else for a while.

Note that locking is *not* a replacement for reference counting. Locking is used to keep data structures coherent, while reference counting is a memory management technique. Usually both are needed, and they are not to be confused with each other.

Many data structures can indeed have two levels of reference counting, when there are users of different classes. The subclass count counts the number of subclass users, and decrements the global count just once when the subclass count goes to zero.

Examples of this kind of multi-reference-counting can be found in memory management (struct `mm_struct`: `mm_users` and `mm_count`), and in filesystem code (struct `super_block`: `s_count` and `s_active`).

Remember: if another thread can find your data structure, and you don't have a reference count on it, you almost certainly have a bug.

Appendice D

Tipi da Linux

Alcune volte, nella dichiarazione dei tipi delle variabili lo standard C sembra dilungarsi troppo, a favore di una maggiore semplicità ma certamente a scapito di una maggiore rapidità e scioltezza nel coding. Sarete certamente d'accordo con noi nel convenire che una dichiarazione del tipo:

```
unsigned long long int luuuungo;
```

per dichiarare un intero senza segno di 64 bit sia estremamente *lenta* da scrivere.

Questa limitazione è stata prontamente affrontata e sono approntate le opportune definizioni necessarie ad offrire una via molto più breve. Naturalmente il metodo classico, quello poco sopra descritto, **non è venuto certo a mancare** solamente è stata offerta un'alternativa.

D.1 types.h

In directory come `/usr/include/linux/`, `/usr/include/sys/`, `/usr/include/asm/` sono presenti dei files header chiamati appunto `types.h` in cui vengono ridefinite molte tipologie di dato. Ad esempio una dichiarazione di variabile come la precedente, facendo uso dei *typedef* presenti in `/usr/include/asm/types.h` si sarebbe potuta abbreviare in questa maniera:

```
\_\_u64 luuuungo;
```

Cetamente molto più breve ma...

D.2 Il rovescio della medaglia

... molto meno intuitiva. Anche ciò è di notevole importanza se ralizzato al fatto che il codice potrebbe essere letto da altri. Certamente sarebbe meglio non utilizzare queste accortezza in due casi fondamentali:

1. Il codice è già di per se breve o semplice, in questo caso è inutile complicare la leggibilità senza ottenere un effettivo guadagno.
2. Il codice deve essere portabile. Questo è il motivo preponderante. Per quanto il vostro codice possa essere perfettamente standard includendo tali definizioni inivetiabilmente esso potrà essere utillizzato solo su di una piattaforma che quantomeno possiede quei .h (al posto giusto).

Se tuttavia avete intenzione di scrivere codice per linux allora potrebbe essere veramente utile compattare il proprio codice con questi piccoli accorgimenti.

Appendice E

Divertirsi con il codice: gli algoritmi storici della crittografia

E.1 L'algoritmo di Cesare

L'algoritmo di Cesare si basa sul concetto di sostituzione monoalfabetica; ovvero, ad ogni lettera se ne fa corrispondere un'altra, secondo un determinato criterio. Cesare Augusto era solito far corrispondere, nei suoi messaggi, ad ogni carattere quello che lo succede di tre cifre nel rispettivo ordine lessicografico. Ovvero: invece di 'a', 'd', e 'c' in luogo di 'z'. In parole povere, si realizza la corrispondenza tra i due alfabeti assumendo un numero cardinale per ogni carattere, e giustapponendo i due alfabeti. Quindi, li si trasla della quantità voluta:

```
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz  
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
```

e facendo corrispondere i caratteri rimasti fuori nella maniera che segue:

```
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz  
vwxyzabcdefghijklmnopqrstuvwxyz
```

Tale operazione può essere schematizzata con la formula matematica

$$y = |x + 3|_{24}$$

La quale si legge:

$$y = (x + 3) \text{ modulo } 24$$

Dove x è il numero d'ordine del carattere in chiaro (da 1 a 24 nel nostro esempio), 3 la quantità di cui si trasla, e la congruenza modulo 24 non è niente altro che il resto della divisione del risultato per 24. Questa operazione ha il significato di riassegnare, posto che si disponga di ventiquattro segni tipografici, le prime posizioni, rimaste scoperte, ai caratteri che invece eccedono, nella traslazione, il massimo valore assunto di 24. Per chiarezza, nel nostro sistema semplificato di 24 caratteri da 1 a 24:

$$x = \text{char}(z) = 24$$

$$x + 3 = 27$$

Ma... per il nostro alfabeto 27 non significa nulla! Quindi si divide 27 per ventiquattro, ottenendo come resto 3. Si assegna quindi il carattere 'c', corrispondente al terzo carattere dell'alfabeto convenzionale, che comparirà in luogo di 'z' nel testo cifrato.

Operando con i computer, risulta assai comodo, per simili operazioni, basarsi sul codice ASCII, composto di 256 caratteri o segni tipografici. Per completezza, riporto la tabella dei codici ASCII, ove fosse necessaria...

0 NUL	16 DLE	32	48 0	64 @	80 P	96 ‘	112 p
1 SOH	17 DC1	33 !	49 1	65 A	81 Q	97 a	113 q
2 STX	18 DC2	34 "	50 2	66 B	82 R	98 b	114 r
3 ETX	19 DC3	35 #	51 3	67 C	83 S	99 c	115 s
4 EOT	20 DC4	36 \$	52 4	68 D	84 T	100 d	116 t
5 ENQ	21 NAK	37 %	53 5	69 E	85 U	101 e	117 u
6 ACK	22 SYN	38 &	54 6	70 F	86 V	102 f	118 v
7 BEL	23 ETB	39 ’	55 7	71 G	87 W	103 g	119 w
8 BS	24 CAN	40 (56 8	72 H	88 X	104 h	120 x
9 HT	25 EM	41)	57 9	73 I	89 Y	105 i	121 y
10 LF	26 SUB	42 *	58 :	74 J	90 Z	106 j	122 z
11 VT	27 ESC	43 +	59 ;	75 K	91 [107 k	123 {
12 FF	28 FS	44 ,	60 <	76 L	92 \	108 l	124
13 CR	29 GS	45 -	61 =	77 M	93]	109 m	125 }
14 SO	30 RS	46 .	62 >	78 N	94 ^	110 n	126 ~
15 SI	31 US	47 /	63 ?	79 O	95 _	111 o	127 DEL

Di conseguenza, si dovrà operare in modulo 256, anzichè in modulo ventiquattro, sfruttando inoltre la possibilità di codificare tutti i caratteri che compaiono nel codice summenzionato.

Il sorgente che segue implementa quanto descritto sopra, dando la possibilità all'utente di scegliere il valore dello scostamento tra i due alfabeti.

```
1  #include<stdio.h>
2  #include<string.h>
3  #include<math.h>
4
5  char nome_crittato[256];
6  char nome_chiaro[256];
7  int appoggio; /* N.B.: è un int per leggere l' EOF */
8  int delta;
9  FILE *crittato, *chiaro;
10
11 int main(int argc, char *argv[])
12 {
13     if( argc == 1 ){
14         /*
15             Modalità interattiva
16             ( Niente parametri da riga di comando )
17
18         */
19
20         printf("\tInserire nome del file da crittare\n");
21         fgets( nome_chiaro, 256, stdin );
22         fputs( nome_chiaro, stdout );
23
24
25         printf("\tInserire nome del file su cui scrivere\n");
26         fgets( nome_crittato, 256, stdin );
27         fputs( nome_crittato, stdout );
28
29
30     }
31     else if( argc != 3){
32         printf("\tUtilizzo:
33             \ncesare <file in chiaro><file di output crittato>");
34
35         exit(0);
36     }
37
38     else {
39         strcpy(nome_chiaro, argv[1]);
40         strcpy(nome_crittato, argv[2]);
41         printf("\tInserire la quantità di cui
```



```

42             traslare gli alfabeti\n");
43     scanf("%d", &delta);
44     if ( crittato = fopen( nome_crittato, "wt" ) ) {
45
46         if ( chiaro = fopen( nome_chiaro, "rt" ) ) {
47
48             /*    Inizio Crittazione            */
49
50             while((appoggio = getc(chiaro)) != EOF )
51             {
52                 /*  y = x+3 mod 256 */
53                 appoggio = fmod( (appoggio+delta), 256);
54
55                 putc(appoggio, crittato);
56             }
57             /*    Fine crittazione            */
58         }
59     }
60 }
61 }
62

```

Questo algoritmo può essere inoltre generalizzato impiegando per crittare, anzichè l'espressione:

$$y = |x + b|_{256}$$

l'espressione:

$$y = |ax + b|_{256}$$

nella quale compare un fattore intero 'a' che amplifica lo scostamento. Tuttavia, l'uso di un algoritmo di questo genere rende necessarie particolari attenzioni per la scelta di 'a' e di 'b', in quanto si devono evitare collisioni; vale a dire: non tutte le scelte di 'a' e di 'b' fanno sì che, ad un dato 'x' corrisponda uno ed un solo 'y'.

Una tale complicazione non è tuttavia giustificata dalla qualità dei risultati. Infatti, per astruse che possano essere le trasformazioni effettuate, ogni cifrario monoalfabetico del tipo summenzionato, risulta comunque facilmente attaccabile, come si vedrà in seguito. In dettaglio, il fatto che a cifra uguale corrisponda carattere uguale rende possibile un attacco di tipo statistico. Ad

esempio, sapendo che, nella lingua italiana la 'E' ricorre con una frequenza del 12% porterà a supporre che, per orripilante che possa apparire a schermo un qualsiasi simbolo, se ha una frequenza pari al 12% e si è adoperato un cifrario del tipo a sostituzione monoalfabetica, molto probabilmente, questo sarà proprio la 'E' che si tentava di nascondere... e così via.

Comunque, venendo a noi... Il sorgente sopra compila con la seguente riga di comando

```
$ cc cesare.c -lm -o cesare
```

Quindi, volendo crittare il testo di un autore sconosciuto contenuto nel file `testo.txt` basterà fare:

```
$ cesare testo.txt testo.critt
```

E quindi, quando il prompt reciterà:

```
Inserire la quantità di cui traslare gli alfabeti
```

Potremmo inserire, ad esempio: 12 ed otterremmo nel file `testo.critt` un qualcosa di indubbiamente orribile...

Per decrittare, basterà (visto che lo scostamento era +12) richiamare lo stesso programma come segue

```
$ cesare testo.critt testo.in.chiaro
```

E fornire uno scostamento di -12, il che produrrà, come risultato, la decrittazione del file.

E.2 L'algoritmo di Vigenère

L'algoritmo crittografico di Vigenere fa parte dei cosiddetti cifrari polialfabetici. Ovvero, a carattere uguale nel messaggio cifrato corrispondono, in generale, caratteri diversi nel *ciphertext*. Quando mostreremo come è possibile rompere un cifrario (giacchè indubbiamente è possibile, specialmente per algoritmi semplici come quelli che stiamo prendendo al momento in considerazione...) apparirà evidente il vantaggio che comporta questa differenza; ma... non anticipiamo i tempi.

L'algoritmo di Vigenere si basa sull'impiego di una parola-chiave scelta dall'utente, e di una tabella, in base alla quale si può stabilire una corrispondenza tra coppie di caratteri; la tabella è costituita da una sequenza di alfabeti traslati nella maniera seguente:

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
bcdefghilmnopqrtsuvwxyz
cdefghilmnopqrtsuvwxyzab
defghilmnopqrtsuvwxyzabc
efghilmnopqrtsuvwxyzabcd
fghilmnopqrtsuvwxyzabcde
ghilmnopqrtsuvwxyzabcdeg
hilmnopqrtsuvwxyzabcdefg
ilmnopqrtsuvwxyzabcdefgh
lmnopqrtsuvwxyzabcdefghi
mnopqrtsuvwxyzabcdefghil
nopqrtsuvwxyzabcdefghilm
opqrtsuvwxyzabcdefghilmn
pqrtsuvwxyzabcdefghilmno
qrtsuvwxyzabcdefghilmnop
rtsuvwxyzabcdefghilmnopq
tsuvwxyzabcdefghilmnopqr
suvwxyzabcdefghilmnopqrt
uvwxyzabcdefghilmnopqrts
vwxyzabcdefghilmnopqrtsu
wxyzabcdefghilmnopqrtsuv
xyzabcdefghilmnopqrtsuvw
yzabcdefghilmnopqrtsuvwx
zabcdefghilmnopqrtsuvwxy

L'operazione di cifratura avviene scegliendo una parola chiave (password) di lunghezza arbitraria; quindi, questa viene ripetuta al di sotto della stringa di testo da crittare, come segue:

```
lamiastringadacrittare  
chiavechiavechiavechia
```

Di qui, si trascrive nel *ciphertext* un carattere alla volta, ottenuto leggendo le coppie di caratteri contigui stringa-chiave e sostituendole con il valore che si legge in corrispondenza, come in una tavola pitagorica, nella riga corrispondente al carattere della stringa in chiaro e alla colonna della chiave. (O viceversa, si ottiene il medesimo risultato).

Così, crittando la stringa sopra, si ottiene il *ciphertext*:

```
lamiastringadacrittare  
chiavechiavechiavechia
```

nhuivxuyetc

Come di consueto, mostro di seguito il codice utile per realizzare una trasformazione analoga operando, anzichè sui caratteri dell' alfabeto sopra, sull'intero codice ASCII. Quindi, continueremo ad operare congruenze modulo 256 su files di testo. All'utente verrà richiesta una password arbitraria. E' importante sottolineare come la lunghezza della password non sia a priori nota, il che costituisce una ulteriore difficoltà per il potenziale decrittatore. Da questa necessità deriva gran parte della complessità del codice che riporto, in quanto, per ottimizzare le prestazioni del programma e l'impiego della memoria, ogni carattere che costituisce la password viene memorizzato in una lista puntata, di dimensioni non superiori a quelle di cui si ha bisogno, grazie all'allocazione dinamica della memoria. Il tutto avrebbe potuto essere realizzato, grazie al più recente standard C99, con un array di dimensioni variabili; ma... è per ostentare il controllo sulla macchina che redigo queste note... non per rendermi troppo facile la vita :-) Appare tuttavia ovvio, ferme le considerazioni di cui sopra, che, tanto più lunga è la password, tanto migliore sarà la tenuta del messaggio che si vuole occultare. Una volta provveduto a memorizzare in una lista i caratteri che compongono la chiave, per ogni coppia (x,k) costituita dal carattere in chiaro e dal carattere corrispondente nella chiave, il programma salva su disco quanto restituito dalla funzione seguente:

```
int vigen( int x, int k)
{
    return ( (x + k) % 256);
}
```

Segue infine, per il gaudio del lettore, il listato completo per crittare un arbitrario file con l'algoritmo di Vigenère:

```
1
2  #include<stdio.h>
3  #include<string.h>
4  #include<stdlib.h>
5
6  char nome_crittato[256];
7  char nome_chiario[256];
8  int appoggio, crittochar; /* N.B.: è un int per leggere l' EOF */
```

```

9  int kapp;
10 FILE *crittato, *chiaro;
11
12 struct chiave
13 {
14     int data;
15     struct chiave *next;
16 };
17
18
19 int vigen( int x, int k)
20 {
21     return ( (x + k) % 256);
22 }
23
24
25
26 int main(int argc, char *argv[])
27 {
28
29     struct chiave *key, *key_start;
30
31     if( argc == 1 ){
32         /*
33             Modalità interattiva
34             ( Niente parametri da riga di comando )
35
36         */
37
38         printf("\tInserire nome del file da crittare\n");
39         fgets( nome_chiaro, 256, stdin );
40         fputs( nome_chiaro, stdout );
41
42
43         printf("\tInserire nome del file su cui scrivere\n");
44         fgets( nome_crittato, 256, stdin );
45         fputs( nome_crittato, stdout );
46
47
48     }
49     else if( argc != 3){
```

```
50     printf("\tUtilizzo:
51           \nvigenere <file in chiaro><file di output crittato>\n");
52
53     exit(0);
54 }
55
56 else {
57     strcpy(nome_chiaro, argv[1]);
58     strcpy(nome_crittato, argv[2]);
59
60     if ( crittato = fopen( nome_crittato, "w" ) ) {
61
62         if ( chiaro = fopen( nome_chiaro, "r" ) ) {
63
64
65             /* Inizializzo la struttura      */
66
67             key_start = malloc (sizeof(struct chiave));
68             key_start -> data = 0;
69             key_start -> next = NULL;
70             key = key_start;
71             /*
72
73
74             printf("Inserire la chiave per crittare
75                   \nterminando la sequenza con ^D (Control+D)\n");
76
77             do {
78                 kapp = getc(stdin);
79                 key -> data = kapp;
80                 key -> next = ( malloc( sizeof(struct chiave) ) );
81                 key = key -> next;
82
83             } while (kapp != EOF);
84
85             /*      Fine generazione lista      */
86             /*      Inizio Crittazione           */
87
88
89             key = key_start;
90
```

```

91         while(( appoggio = getc(chiaro)) != EOF ) {
92
93             if( key->next /*!= NULL*/) {
94                 crittochar = vigen(appoggio, key->data);
95
96             }
97
98             else {
99                 crittochar = vigen(appoggio, key_start->data);
100                 key = key->next;
101
102             }
103
104
105             fputc(crittochar , crittato);
106         }/*      while      */
107         /*      Fine crittazione      */
108     }
109 }
110
111     /*      Elimino la lista dalla memoria      */
112
113     key = key_start;
114     do{
115         key_start = key -> next;
116         free( key );
117         key = key_start;
118
119     } while (key != NULL);
120     fclose(crittato);
121     fclose(chiaro);
122 }
123 }
124

```

Va notato che, laddove l'algoritmo di Cesare, iterato sul medesimo file faceva ritornare il messaggio di partenza, nell'algoritmo di Vigenère le funzioni per crittare e decrittare sono due diverse.

La funzione usata per crittare era:

```
int vigen( int x, int k)
```

```
{  
    return ( (x + k) % 256);  
}
```

n suo luogo, l' inversa sarà nient' altro che:

```
int dec_vigen( int x, int k)  
{  
    return ( (x - k) % 256);  
    /* Compare il meno al posto della somma che si aveva per crittare */  
}
```

Si riporta di seguito, per comodità del lettore, l'intero sorgente, che si ottiene semplicemente sostituendo alla funzione

vigen()

la

dec_vigen()

al fine di riottenere, fornendo la medesima password impiegata per crittare, il testo di partenza.

```
1  
2  #include<stdio.h>  
3  #include<string.h>  
4  #include<stdlib.h>  
5  
6  char nome_crittato[256];  
7  char nome_chiaro[256];  
8  int appoggio, crittochar; /* N.B.: è un int per leggere l' EOF */  
9  int kapp;  
10 FILE *crittato, *chiaro;  
11  
12 struct chiave  
13 {  
14     int data;  
15     struct chiave *next;  
16 };  
17
```



```
18
19 int dec_vigen( int x, int k)
20 {
21     return ( (x - k) % 256);
22
23 }
24
25
26 int main(int argc, char *argv[])
27 {
28
29     struct chiave *key, *key_start;
30
31     if( argc == 1 ){
32         /*
33             Modalità interattiva
34             ( Niente parametri da riga di comando )
35
36         */
37
38         printf("\tInserire nome del file da decrittare\n");
39         fgets( nome_chiaro, 256, stdin );
40         fputs( nome_chiaro, stdout );
41
42
43         printf("\tInserire nome del file su cui scrivere\n");
44         fgets( nome_crittato, 256, stdin );
45         fputs( nome_crittato, stdout );
46
47
48     }
49     else if( argc != 3){
50         printf("\tUtilizzo:
51             \ndvigenere <file crittato><file di output in chiaro>\n
52
53         exit(0);
54     }
55
56     else{
57         strcpy(nome_chiaro, argv[1]);
58         strcpy(nome_crittato, argv[2]);
```

```
59
60     if ( crittato = fopen( nome_crittato, "w" ) ){
61
62         if ( chiaro = fopen( nome_chiaro, "r" ) ){
63
64
65             /* Inizializzo la struttura      */
66
67             key_start = malloc (sizeof(struct chiave));
68             key_start -> data = 0;
69             key_start -> next = NULL;
70             key = key_start;
71             /*
72
73
74             printf("Inserire la chiave per decrittare
75                 \nterminando la sequenza con ^D (Control+D)\n");
76
77             do {
78                 kapp = getc(stdin);
79                 key -> data = kapp;
80                 key -> next = ( malloc( sizeof(struct chiave) ) );
81                 key = key -> next;
82
83             } while (kapp  != EOF);
84
85             /*      Fine generazione lista      */
86             /*      Inizio Crittazione          */
87
88
89             key = key_start;
90
91             while(( appoggio = getc(chiaro)) != EOF ){
92
93                 if( key->next /*!= NULL*/){
94                     crittochar = dec_vigen(appoggio, key->data);
95
96                 }
97
98                 else{
99                     crittochar = dec_vigen(appoggio, key_start->data);
```

```

100             key = key->next;
101
102         }
103
104
105         fputc(crittochar , crittato);
106     }/*      while      */
107     /*    Fine crittazione          */
108 }
109 }
110
111 /*      Elimino la lista dalla memoria      */
112
113 key = key_start;
114 do{
115     key_start = key -> next;
116     free( key );
117     key = key_start;
118 } while (key != NULL);
119
120
121 fclose(crittato);
122 fclose(chiaro);
123 }
124 }
125

```

E.3 Il grosso guaio delle sostituzioni monoalfabetiche

Abbiamo visto come il cifrario di Cesare adotta la tecnica di sostituire ogni carattere con un altro in maniera sistematica. Nel caso sopra menzionato, il tipo di sostituzione appariva inoltre assai semplice. Tuttavia non ha importanza quanto la trasformazione sia semplice, in quanto, per quanto complicata possa essere la legge di sostituzione scelta, i cifrari monoalfabetici sono attaccabili dal punto di vista statistico; nella fattispecie, ogni lingua ha delle frequenze caratteristiche, ci sono delle lettere che si ripetono con frequenza maggiore di altre, che non si incontrano quasi mai.

Si fa, come di consueto, un esempio pratico; si supponga di disporre di alcuni

versi del consueto autore sovversivo:

Mescolando nella memoria
le divinità con i miti d'infanzia

Risorgo adulto
più vicino
PIU' VICINO

Catadiottri inespressivo
rilucenti tenebra significativo
malato a morte
della malattia del tempo

Mimetico silenzio lirico
dolce sorriso ebete
terribile destino confortante
e amaro riso amaro
su di un destino
AMARO

Si critta tale testo con l'algoritmo di Cesare, inserendo come traslazione tra l'alfabeto cifrante e quello in chiaro, il valore 77.

Andiamo ad analizzare il risultato ottenuto con un comodo strumento che ci costruiamo di seguito:

```

1
2  #include<stdio.h>
3  #include<string.h>
4  #include<math.h>
5
6  char nome_statistiche[256];
7  char nome_out[256];
8  int conteggio[256];
9  int appoggio, i, j, valore, totale;
10 float percentuale;
11 FILE  *statistiche, *out;
12
13 int main(int argc, char *argv[])
14 {
15     if( argc == 1 ){
16         /*
17             Modalità interattiva
18             ( Niente parametri da riga di comando )
19
20         */
21
22         printf("\tInserire nome del file da analizzare\n");
23         fgets( nome_statistiche, 256, stdin );
24
25
26         printf("\tInserire nome del file da utilizzare per l'output\n");
27         fgets( nome_out, 256, stdin );
28
29
30     }
31     else if( argc != 3){
32         printf("\tUtilizzo:
33             \nstatistiche <file input><file di output>");
34
35         exit(0);
36     }

```

```
37
38     else{
39         strcpy(nome_statistiche, argv[1]);
40         strcpy(nome_out, argv[2]);
41
42
43         if(
44             ( out = fopen( nome_out, "w" ) ) &&
45             (statistiche = fopen( nome_statistiche, "r"))
46             )    {
47
48             for( i=0;i<=256; i++){
49                 conteggio[i]=0;
50
51                 /*          inizializza a zero i contatori          */
52             }
53
54             totale = 0;
55             while ( (appoggio = getc(statistiche)) != EOF ){
56                 conteggio[appoggio]++;
57                 totale++;
58             }
59
60             /*          Scrive i risultati su file          */
61             for( j=0; j<=256; j++){
62
63                 fprintf(out, "\til codice %d compare %d volte\n", j, conteggio[j]);
64
65             }
66
67
68         }
69     }
70 }
71
```

Compilando ed eseguendo il programma sopra, si ottiene in input qualcosa come:

```
il codice 0 compare 0 volte  
il codice 1 compare 1 volte
```

[...]

```
il codice 255 compare 0 volte  
il codice 256 compare 0 volte
```

Si coglie come il valore preponderante si abbia in corrispondenza alla riga:

```
il codice 40 compare 30 volte
```

Sapendo, ad esempio, che il sorgente originale conteneva della formattazione, è verosimile supporre che il codice più frequente nell'originale fosse il carattere di spaziature, con codice ASCII 32.

Quindi si ha:

$$40 - 32 = 8$$

da cui si è ottenuto il valore di cui l'algoritmo di Cesare ha sfasato i due alfabeti.

Per riottenere il file originario in chiaro, sarà sufficiente operare sul file crittato l'algoritmo di cesare con sfasamento -8.

E.3.1 Osservazioni di carattere generale

E' da notare che il modo di procedere assunto finora nella pratica, ci permette di codificare e trattare virtualmente qualsiasi tipo di file. Ovvero: se si fossero operate delle trasformazioni su un insieme di caratteri limitato a quelli stampabili, si sarebbe riusciti a crittare unicamente messaggi di testo. Invece, agendo sull'intero insieme del codice ASCII, risulta possibile trasformare (e riportare, mediante anti-trasformazione, alla forma originaria, naturalmente..) anche file eseguibili. ...provare per credere. N.B.: si noti che quando si critta un file eseguibile, e poi lo si riporta nella forma originaria, è necessario, in ambiente Unix, riassegnargli con il comando `chmod + x` il permesso di esecuzione.

Parte V

Copyright

Appendice F

GNU Free Documentation License

Version 1.1, March 2000

*Copyright (C) 2000 Free Software Foundation, Inc.
59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA
Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies
of this license document, but changing it is not allowed.*

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other written document free in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of copyleft, which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published

as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. The Document, below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as you.

A Modified Version of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A Secondary Section is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (For example, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The Invariant Sections are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License.

The Cover Texts are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License.

A Transparent copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, whose contents can be viewed and edited directly and straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup has been designed to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. A copy that is not Transparent is called Opaque.

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML designed for human modification. Opaque formats include PostScript, PDF,

proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML produced by some word processors for output purposes only.

The Title Page means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, Title Page means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies of the Document numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a publicly-accessible computer-network location containing a complete Transparent copy of the Document, free of added material, which the general network-using public has access to download anonymously at no charge using public-standard network protocols. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission. B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has less than five). C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher. D. Preserve all the copyright notices of the Document. E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices. F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below. G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice. H. Include an unaltered copy of this License. I. Preserve the section entitled History, and its

title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section entitled History in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence. J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the History section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission. K. In any section entitled Acknowledgements or Dedications, preserve the section's title, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein. L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles. M. Delete any section entitled Endorsements. Such a section may not be included in the Modified Version. N. Do not retitle any existing section as Endorsements or to conflict in title with any Invariant Section.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section entitled Endorsements, provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections entitled History in the various original documents, forming one section entitled History; likewise combine any sections entitled Acknowledgements, and any sections entitled Dedications. You must delete all sections entitled Endorsements.

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, does not as a whole count as a Modified Version of the Document, provided no compilation copyright is claimed for the compilation. Such a compilation is called an aggregate, and this License does not apply to the other self-contained works thus compiled with the Document, on account

of their being thus compiled, if they are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one quarter of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that surround only the Document within the aggregate. Otherwise they must appear on covers around the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License provided that you also include the original English version of this License. In case of a disagreement between the translation and the original English version of this License, the original English version will prevail.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License or any later version applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the

Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST. A copy of the license is included in the section entitled GNU Free Documentation License. If you have no Invariant Sections, write with no Invariant Sections instead of saying which ones are invariant. If you have no Front-Cover Texts, write no Front-Cover Texts instead of Front-Cover Texts being LIST; likewise for Back-Cover Texts.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.

Questo documento è la traduzione non ufficiale (e quindi senza alcun valore legale) della GNU FDL. E' stata inserita al solo scopo di aiutare il lettore italiano nella comprensione del contenuto. Eventuali controversie legali saranno risolte esclusivamente in base alla versione originale di questo documento.

Versione 1.1, Marzo 2000

Copyright (C) 2000 Free Software Foundation, Inc. 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA Chiunque può copiare e distribuire copie letterali di questo documento di licenza, ma non ne è permessa la modifica.

0. PREAMBOLO

Lo scopo di questa licenza è di rendere un manuale, un testo o altri documenti scritti liberi nel senso di assicurare a tutti la libertà effettiva di copiarli e redistribuirli, con o senza modifiche, a fini di lucro o no. In secondo luogo questa licenza prevede per autori ed editori il modo per ottenere il giusto riconoscimento del proprio lavoro, preservandoli dall'essere considerati responsabili per modifiche apportate da altri. Questa licenza è un copyleft: ciò vuol dire che i lavori che derivano dal documento originale devono essere ugualmente liberi. È il complemento alla GNU General Public License, che è una licenza di tipo copyleft pensata per il software libero. Abbiamo progettato questa licenza al fine di applicarla alla documentazione del software libero, perché il software libero ha bisogno di documentazione libera: un programma libero dovrebbe accompagnarsi a manuali che forniscano la stessa libertà del software. Ma questa licenza non è limitata alla documentazione del software; può essere utilizzata per ogni testo che tratti un qualsiasi argomento e al di là dell'avvenuta pubblicazione cartacea. Raccomandiamo principalmente questa licenza per opere che abbiano fini didattici o per manuali di consultazione.

1. APPLICABILITÀ E DEFINIZIONI

Questa licenza si applica a qualsiasi manuale o altra opera che contenga una nota messa dal detentore del copyright che dica che si può distribuire nei termini di questa licenza. Con Documento, in seguito ci si riferisce a qualsiasi manuale o opera. Ogni fruitore è un destinatario della licenza e viene indicato con voi. Una versione modificata di un documento è ogni opera contenente il documento stesso o parte di esso, sia riprodotto alla lettera che con modifiche, oppure traduzioni in un'altra lingua. Una sezione secondaria è un'appendice

cui si fa riferimento o una premessa del documento e riguarda esclusivamente il rapporto dell'editore o dell'autore del documento con l'argomento generale del documento stesso (o argomenti affini) e non contiene nulla che possa essere compreso nell'argomento principale. (Per esempio, se il documento è in parte un manuale di matematica, una sezione secondaria non può contenere spiegazioni di matematica). Il rapporto con l'argomento può essere un tema collegato storicamente con il soggetto principale o con soggetti affini, o essere costituito da argomentazioni legali, commerciali, filosofiche, etiche o politiche pertinenti. Le sezioni non modificabili sono alcune sezioni secondarie i cui titoli sono esplicitamente dichiarati essere sezioni non modificabili, nella nota che indica che il documento è realizzato sotto questa licenza. I testi copertina sono dei brevi brani di testo che sono elencati nella nota che indica che il documento è realizzato sotto questa licenza. Una copia trasparente del documento indica una copia leggibile da un calcolatore, codificata in un formato le cui specifiche sono disponibili pubblicamente, i cui contenuti possono essere visti e modificati direttamente, ora e in futuro, con generici editor di testi o (per immagini composte da pixel) con generici editor di immagini o (per i disegni) con qualche editor di disegni ampiamente diffuso, e la copia deve essere adatta al trattamento per la formattazione o per la conversione in una varietà di formati atti alla successiva formattazione. Una copia fatta in un altro formato di file trasparente il cui markup è stato progettato per intralciare o scoraggiare modifiche future da parte dei lettori non è trasparente. Una copia che non è trasparente è opaca. Esempi di formati adatti per copie trasparenti sono l'ASCII puro senza markup, il formato di input per Texinfo, il formato di input per LaTeX, SGML o XML accoppiati ad una DTD pubblica e disponibile, e semplice HTML conforme agli standard e progettato per essere modificato manualmente. Formati opachi sono PostScript, PDF, formati proprietari che possono essere letti e modificati solo con word processor proprietari, SGML o XML per cui non è in genere disponibile la DTD o gli strumenti per il trattamento, e HTML generato automaticamente da qualche word processor per il solo output. La pagina del titolo di un libro stampato indica la pagina del titolo stessa, più qualche pagina seguente per quanto necessario a contenere in modo leggibile, il materiale che la licenza prevede che compaia nella pagina del titolo. Per opere in formati in cui non sia contemplata esplicitamente la pagina del titolo, con pagina del titolo si intende il testo prossimo al titolo dell'opera, precedente l'inizio del corpo del testo.

2. COPIE ALLA LETTERA

Si può copiare e distribuire il documento con l'ausilio di qualsiasi mezzo, per fini di lucro e non, fornendo per tutte le copie questa licenza, le note sul

copyright e l'avviso che questa licenza si applica al documento, e che non si aggiungono altre condizioni al di fuori di quelle della licenza stessa. Non si possono usare misure tecniche per impedire o controllare la lettura o la produzione di copie successive alle copie che si producono o distribuiscono. Però si possono ricavare compensi per le copie fornite. Se si distribuiscono un numero sufficiente di copie si devono seguire anche le condizioni della sezione 3. Si possono anche prestare copie e con le stesse condizioni sopra menzionate possono essere utilizzate in pubblico.

3. COPIARE IN NOTEVOLI QUANTITÀ

Se si pubblicano a mezzo stampa più di 100 copie del documento, e la nota della licenza indica che esistono uno o più testi copertina, si devono includere nelle copie, in modo chiaro e leggibile, tutti i testi copertina indicati: il testo della prima di copertina in prima di copertina e il testo di quarta di copertina in quarta di copertina. Ambedue devono identificare l'editore che pubblica il documento. La prima di copertina deve presentare il titolo completo con tutte le parole che lo compongono egualmente visibili ed evidenti. Si può aggiungere altro materiale alle copertine. Il copiare con modifiche limitate alle sole copertine, purché si preservino il titolo e le altre condizioni viste in precedenza, è considerato alla stregua di copiare alla lettera. Se il testo richiesto per le copertine è troppo voluminoso per essere riprodotto in modo leggibile, se ne può mettere una prima parte per quanto ragionevolmente può stare in copertina, e continuare nelle pagine immediatamente seguenti. Se si pubblicano o distribuiscono copie opache del documento in numero superiore a 100, si deve anche includere una copia trasparente leggibile da un calcolatore per ogni copia o menzionare per ogni copia opaca un indirizzo di una rete di calcolatori pubblicamente accessibile in cui vi sia una copia trasparente completa del documento, spogliato di materiale aggiuntivo, e a cui si possa accedere anonimamente e gratuitamente per scaricare il documento usando i protocolli standard e pubblici generalmente usati. Se si adotta l'ultima opzione, si deve prestare la giusta attenzione, nel momento in cui si inizia la distribuzione in quantità elevata di copie opache, ad assicurarsi che la copia trasparente rimanga accessibile all'indirizzo stabilito fino ad almeno un anno di distanza dall'ultima distribuzione (direttamente o attraverso rivenditori) di quell'edizione al pubblico. È caldamente consigliato, benché non obbligatorio, contattare l'autore del documento prima di distribuirne un numero considerevole di copie, per metterlo in grado di fornire una versione aggiornata del documento.

4. MODIFICHE

Si possono copiare e distribuire versioni modificate del documento rispettando le condizioni delle precedenti sezioni 2 e 3, purché la versione modificata sia realizzata seguendo scrupolosamente questa stessa licenza, con la versione modificata che svolga il ruolo del documento, così da estendere la licenza sulla distribuzione e la modifica a chiunque ne possieda una copia. Inoltre nelle versioni modificate si deve:

A. Usare nella pagina del titolo (e nelle copertine se ce ne sono) un titolo diverso da quello del documento, e da quelli di versioni precedenti (che devono essere elencati nella sezione storia del documento ove presenti). Si può usare lo stesso titolo di una versione precedente se l'editore di quella versione originale ne ha dato il permesso. B. Elencare nella pagina del titolo, come autori, una o più persone o gruppi responsabili in qualità di autori delle modifiche nella versione modificata, insieme ad almeno cinque fra i principali autori del documento (tutti gli autori principali se sono meno di cinque). C. Dichiarare nella pagina del titolo il nome dell'editore della versione modificata in qualità di editore. D. Conservare tutte le note sul copyright del documento originale. E. Aggiungere un'appropriata licenza per le modifiche di seguito alle altre licenze sui copyright. F. Includere immediatamente dopo la nota di copyright, un avviso di licenza che dia pubblicamente il permesso di usare la versione modificata nei termini di questa licenza, nella forma mostrata nell'addendum alla fine di questo testo. G. Preservare in questo avviso di licenza l'intera lista di sezioni non modificabili e testi copertina richieste come previsto dalla licenza del documento. H. Includere una copia non modificata di questa licenza. I. Conservare la sezione intitolata Storia, e il suo titolo, e aggiungere a questa un elemento che riporti al minimo il titolo, l'anno, i nuovi autori, e gli editori della versione modificata come figurano nella pagina del titolo. Se non ci sono sezioni intitolate Storia nel documento, createne una che riporti il titolo, gli autori, gli editori del documento come figurano nella pagina del titolo, quindi aggiungete un elemento che descriva la versione modificata come detto in precedenza. J. Conservare l'indirizzo in rete riportato nel documento, se c'è, al fine del pubblico accesso ad una copia trasparente, e possibilmente l'indirizzo in rete per le precedenti versioni su cui ci si è basati. Questi possono essere collocati nella sezione Storia. Si può omettere un indirizzo di rete per un'opera pubblicata almeno quattro anni prima del documento stesso, o se l'originario editore della versione cui ci si riferisce ne dà il permesso. K. In ogni sezione di Ringraziamenti o Dediche, si conservino il titolo, il senso, il tono della sezione stessa. L. Si conservino inalterate le sezioni non modificabili del documento, nei propri testi e nei propri titoli. I numeri della sezione o equivalenti non sono considerati parte del titolo della sezione. M. Si cancelli ogni sezione intitolata Riconoscimenti. Solo questa sezione può non essere inclusa nella versione modificata. N. Non

si modifichi il titolo di sezioni esistenti come miglìoria o per creare confusione con i titoli di sezioni non modificabili.

Se la versione modificata comprende nuove sezioni di primaria importanza o appendici che ricadono in sezioni secondarie, e non contengono materiale copiato dal documento, si ha facoltà di rendere non modificabili quante sezioni si voglia. Per fare ciò si aggiunga il loro titolo alla lista delle sezioni immutabili nella nota di copyright della versione modificata. Questi titoli devono essere diversi dai titoli di ogni altra sezione. Si può aggiungere una sezione intitolata Riconoscimenti, a patto che non contenga altro che le approvazioni alla versione modificata prodotte da vari soggetti—per esempio, affermazioni di revisione o che il testo è stato approvato da una organizzazione come la definizione normativa di uno standard. Si può aggiungere un brano fino a cinque parole come Testo Copertina, e un brano fino a 25 parole come Testo di Retro Copertina, alla fine dell'elenco dei Testi Copertina nella versione modificata. Solamente un brano del Testo Copertina e uno del Testo di Retro Copertina possono essere aggiunti (anche con adattamenti) da ciascuna persona o organizzazione. Se il documento include già un testo copertina per la stessa copertina, precedentemente aggiunto o adattato da voi o dalla stessa organizzazione nel nome della quale si agisce, non se ne può aggiungere un altro, ma si può rimpiazzare il vecchio ottenendo l'esplicita autorizzazione dall'editore precedente che aveva aggiunto il testo copertina. L'autore/i e l'editore/i del documento non ottengono da questa licenza il permesso di usare i propri nomi per pubblicizzare la versione modificata o rivendicare l'approvazione di ogni versione modificata.

5. UNIONE DI DOCUMENTI

Si può unire il documento con altri realizzati sotto questa licenza, seguendo i termini definiti nella precedente sezione 4 per le versioni modificate, a patto che si includa l'insieme di tutte le Sezioni Invarianti di tutti i documenti originali, senza modifiche, e si elenchino tutte come Sezioni Invarianti della sintesi di documenti nella licenza della stessa. Nella sintesi è necessaria una sola copia di questa licenza, e multiple sezioni invarianti possono essere rimpiazzate da una singola copia se identiche. Se ci sono multiple Sezioni Invarianti con lo stesso nome ma contenuti differenti, si renda unico il titolo di ciascuna sezione aggiungendovi alla fine e fra parentesi, il nome dell'autore o editore della sezione, se noti, o altrimenti un numero distintivo. Si facciano gli stessi aggiustamenti ai titoli delle sezioni nell'elenco delle Sezioni Invarianti nella nota di copyright della sintesi. Nella sintesi si devono unire le varie sezioni intitolate storia nei vari documenti originali di partenza per formare una unica sezione intitolata storia; allo stesso modo si unisca ogni sezione intitolata Ringraziamenti, e ogni sezione intitolata Dediche. Si devono

eliminare tutte le sezioni intitolate Riconoscimenti.

6. RACCOLTE DI DOCUMENTI

Si può produrre una raccolta che consista del documento e di altri realizzati sotto questa licenza; e rimpiazzare le singole copie di questa licenza nei vari documenti con una sola inclusa nella raccolta, solamente se si seguono le regole fissate da questa licenza per le copie alla lettera come se si applicassero a ciascun documento. Si può estrarre un singolo documento da una raccolta e distribuirlo individualmente sotto questa licenza, solo se si inserisce una copia di questa licenza nel documento estratto e se si seguono tutte le altre regole fissate da questa licenza per le copie alla lettera del documento.

7. RACCOGLIERE INSIEME A LAVORI INDIPENDENTI

Una raccolta del documento o sue derivazioni con altri documenti o lavori separati o indipendenti, all'interno di o a formare un archivio o un supporto per la distribuzione, non è una versione modificata del documento nella sua interezza, se non ci sono copyright per l'intera raccolta. Ciascuna raccolta si chiama allora aggregato e questa licenza non si applica agli altri lavori contenuti in essa che ne sono parte, per il solo fatto di essere raccolti insieme, qualora non siano però loro stessi lavori derivati dal documento. Se le esigenze del Testo Copertina della sezione 3 sono applicabili a queste copie del documento allora, se il documento è inferiore ad un quarto dell'intero aggregato i Testi Copertina del documento possono essere piazzati in copertine che delimitano solo il documento all'interno dell'aggregato. Altrimenti devono apparire nella copertina dell'intero aggregato.

8. TRADUZIONI

La traduzione è considerata un tipo di modifica, e di conseguenza si possono distribuire traduzioni del documento seguendo i termini della sezione 4. Rimpiazzare sezioni non modificabili con traduzioni richiede un particolare permesso da parte dei detentori del diritto d'autore, ma si possono includere traduzioni di una o più sezioni non modificabili in aggiunta alle versioni originali di queste sezioni immutabili. Si può fornire una traduzione della presente licenza a patto che si includa anche l'originale versione inglese di questa licenza. In caso di discordanza fra la traduzione e l'originale inglese di questa licenza la versione originale inglese prevale sempre. **9. TERMINI** Non si può applicare un'altra licenza al documento, copiarlo, modificarlo, o distribuirlo al di fuori dei termini espressamente previsti da questa licenza. Ogni altro tentativo di applicare un'altra licenza al documento, copiarlo, modificarlo, o distribuirlo è deprecato e pone fine automaticamente ai diritti previsti da questa licenza. Comunque, per quanti abbiano ricevuto copie o

abbiano diritti coperti da questa licenza, essi non ne cessano se si rimane perfettamente coerenti con quanto previsto dalla stessa.

10. REVISIONI FUTURE DI QUESTA LICENZA

La Free Software Foundation può pubblicare nuove, rivedute versioni della Gnu Free Documentation License volta per volta. Qualche nuova versione potrebbe essere simile nello spirito alla versione attuale ma differire in dettagli per affrontare nuovi problemi e concetti. Si veda <http://www.gnu.org/copyleft>. Ad ogni versione della licenza viene dato un numero che distingue la versione stessa. Se il documento specifica che si riferisce ad una versione particolare della licenza contraddistinta dal numero o ogni versione successiva, si ha la possibilità di seguire termini e condizioni sia della versione specificata che di ogni versione successiva pubblicata (non come bozza) dalla Free Software Foundation. Se il documento non specifica un numero di versione particolare di questa licenza, si può scegliere ogni versione pubblicata (non come bozza) dalla Free Software Foundation. Come usare questa licenza per i vostri documenti Per applicare questa licenza ad un documento che si è scritto, si includa una copia della licenza nel documento e si inserisca il seguente avviso di copyright appena dopo la pagina del titolo: Copyright (c) ANNO VOSTRO NOME. È garantito il permesso di copiare, distribuire e/o modificare questo documento seguendo i termini della GNU Free Documentation License, Versione 1.1 o ogni versione successiva pubblicata dalla Free Software Foundation; con le Sezioni Non Modificabili ELENCARNE I TITOLI, con i Testi Copertina ELENCO, e con i Testi di Retro Copertina ELENCO. Una copia della licenza è acclusa nella sezione intitolata GNU Free Documentation License. Se non ci sono Sezioni non Modificabili, si scriva senza Sezioni non Modificabili invece di dire quali sono non modificabili. Se non c'è Testo Copertina, si scriva nessun Testo Copertina invece di il testo Copertina è ELENCO; e allo stesso modo si operi per il Testo di Retro Copertina. Se il vostro documento contiene esempi non banali di programma in codice sorgente si raccomanda di realizzare gli esempi contemporaneamente applicandovi anche una licenza di software libero di vostra scelta, come ad esempio la GNU General Public License, al fine di permetterne l'uso come software libero.

La copia letterale e la distribuzione di questo articolo nella sua integrità sono permesse con qualsiasi mezzo, a condizione che questa nota sia riprodotta. Aggiornato: 20 Settembre 2000 Andrea Ferro, Leandro Noferini e Franco Vite.

Appendice G

History

Le seguenti tabelle identificano per ogni capitolo del libro inerente la programmazione il rispettivo autore. Tali tabelle, con le informazioni che racchiudono, deve essere utilizzata qualora aveste qualcosa da comunicare agli autori relativamente ad un loro capitolo, in modo da ottenere risposta in tempi ragionevolmente brevi.

- Versione 1.0 del 15/06/2002

PARTE I

Capitolo	Marco Latini	Paolo Lulli
Cap I		*
Cap II		*

PARTE II

Capitolo	Marco Latini	Paolo Lulli
Cap III		*
Cap IV		*
Cap V		*
Cap VI		*
Cap VII		*
Cap VIII		*
Cap IX		*
Cap X	*	

PARTE III

Capitolo	Marco Latini	Paolo Lulli
Cap XI	*	
Cap XII	*	
Cap XIII		*
Cap XIV		*
Cap XV	*	
Cap XVI	*	*
Cap XVII	*	
Cap XVIII	*	
Cap XIX	*	
Cap XX	*	
Cap XXI	*	
Cap XXII	*	
Cap XXIII	*	

APPENDICI

Appendice	Marco Latini	Paolo Lulli
Appendice A	*	
Appendice B	*	
Appendice D	*	
Appendice E		*

Appendice H

Ringraziamenti

Certamente, proseguendo con le revisioni ed aggiungendo nuovi argomenti questa lista è destinata ad allungarsi, anche in previsione dei contributi che vorrete inviarci. Per ora quindi rivolgiamo la nostra gratitudine verso le seguenti persone:

- Marco Pietrobono.

Per gli innumerevoli consigli e chiarimenti che ha voluto elargire e che hanno contribuito in maniera decisa allo sviluppo del progetto. Sperando che intenda proseguire sulla stessa strada anche per le future revisioni.

Appendice I

TODO

L'elenco che segue riporta sostanzialmente quello che ancora vorremo che il nostro libro trattasse ma che ancora, per mancanza di tempo, non è stato scritto o è ancora in fase di scrittura o revisione. Col passare del tempo alcune sezioni verranno inserite nel libro e altre idee potrebbero essere inserite nell'elenco delle cose da fare.

- Terminare capitolo su Socket Raw
- Inserire più codice
- Terminare capitolo su librerie ncurses
- librerie GTK
- Impiego di CVS per lo sviluppo
- librerie Mesa