

Prova Finale Algoritmi e Strutture Dati

Introduzione agli strumenti

Alessandro Barenghi

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria (DEIB)
Politecnico di Milano

`alessandro -dot- barenghi - at - polimi -dot- it`

Scaletta

Logistica

- Come accedere al verificatore e raggiungere i tutor

Strumenti per lo sviluppo

- Editor e compilatore
- Strumenti di debugging

Strumenti per la valutazione delle prestazioni

- Valgrind
 - callgrind
 - massif

Memorandum scadenze

Per laureandi a luglio

- 30 giugno 2025, ore 23.59 CEST. Segnalate (email al docente) la necessità di valutazione
 - Il verificatore verrà temporaneamente chiuso (la riapertura è prevista nella giornata del 30 giugno) per consentire l'estrazione delle sottoposizioni.

Per tutti gli altri

- 8 settembre 2025, ore 23.59 CEST. Non segnalate la necessità di valutazione.

Per laureandi a gennaio (superato 145 CFU+ iscrizione ad appello di laurea)

- la piattaforma sarà riaperta per 10 giorni nella sessione d'esame invernale

Accesso al verificatore

`https://dum-e.deib.polimi.it`

Utile da sapere

- Specifica, archivio di casi di test e generatore negli allegati del test “Open”
- Annullamento del progetto in caso di plagio, distribuzione dei sorgenti, tentativi manomissione della piattaforma (e.g., override opzioni di compilazione)
- Timeout di 15 secondi tra una sottoposizione e l'altra

Contatti tutor

Scaglioni Cognomi sezioni Milano

- A a Coppelli : Tommaso Felice Banfi tommasofelice.banfi@mail.polimi.it
- Coppola a Liao : Andrea Brugnera andrea.brugnera@mail.polimi.it
- Libera a Putelli : Giorgio Barocco giorgio.barocco@mail.polimi.it
- Putrone a Zuo : Filiberto Canino filiberto.canino@mail.polimi.it

Documentazione integrata nel verificatore

Uso del verificatore

- Documentazione risposte: <https://dum-e.deib.polimi.it/documentation>
- Task “tutorial”: senza punteggio, serve per controllare il corretto funzionamento dell’ambiente di lavoro
- Il verificatore termina il vostro programma **non appena eccede i limiti di tempo/memoria impostati**
 - test “Open” volontariamente lasciato con margini molto più alti per valutare quanto più lento/grande del necessario è un programma

Documentazione libreria standard C

- manpages o <https://dum-e.deib.polimi.it/docs/en/c.html>

Ambiente integrato vs. strumenti separati

Scelta dell'ambiente di sviluppo

- Premessa: la base di codice che svilupperete sarà piccola (≤ 1000 SLoC)
- Per chi avesse già esperienza di programmazione robusta: usate pure l'ambiente che vi è più congeniale

Due alternative

- Applicazioni separate: usare un compilatore, un editor di testo, un debugger
 - Meno integrazione, tutti i passi sono visibili
- Ambiente integrato di sviluppo (IDE)
 - Elevata integrazione, più difficile separare visivamente gli effetti dei vari passi

Ambiente di sviluppo consigliato

Sistema operativo

- OS: una distribuzione Linux a piacere: Debian, Ubuntu, Arch, Gentoo

Ambiente di sviluppo

- Editor di testo: uno con evidenziatore di sintassi; e.g., Kate, Vim, Emacs, **ne**
- Compilatore: **gcc** è quello usato dal verificatore
 - le opzioni di compilazione sono **-Wall -Werror -std=gnu11 -O2 -lm**
 - il verificatore ne ha anche altre per favorire l'isolamento del processo, non servono
 - aggiungere l'opzione **-g3** aggiunge informazioni di debug al binario
- Un emulatore di terminale: quello di default della distribuzione va benissimo

Flusso di sviluppo

Flusso di sviluppo consigliato

- ① Progettate la vostra soluzione su carta (o tablet, per quel che vale)
 - Pensate a quali strutture dati sono necessarie, come usarle, quali soluzioni algoritmiche sono le migliori
- ② Sviluppate lo pseudocodice delle parti più impegnative
 - scritto anche solo in un file di testo, può essere trasformato in commenti nel sorgente
- ③ Implementate la vostra soluzione, effettuando test periodici di correttezza
- ④ Misurate le prestazioni concrete, analizzate colli di bottiglia, migliorate la complessità computazionale “alle costanti”

Compilazione

Opzioni di compilazione

- È conveniente usare opzioni di compilazione che mimano quelle del verificatore
- Mimare il verificatore: `gcc -Wall -Werror -std=gnu11 -O2 -lm test.c -o test`
 - il verificatore ne ha anche altre per favorire l'isolamento del processo, non servono
 - aggiungere l'opzione `-g3` aggiunge (utili) informazioni di debug al binario
- Opzionale: potete “ridurre” il comando di compilazione al minimo creando un file di testo chiamato `Makefile` che contiene i seguenti due righi:

```
CFLAGS += -Wall -Werror -std=gnu11 -O2
```

```
LDFLAGS += -lm
```

e compilare con il comando `make programma` il vostro sorgente `programma.c`

Esecuzione

Meccanizzare input e output

- Il verificatore fornisce i dati in ingresso via `stdin`
- Fornire contenuto del file `file_ingresso` in input al programma `programma`
 - `./programma < file_ingresso`
- Fornire contenuto del file `file_ingresso` in ingresso al programma `programma` e salvarne l'uscita su file
 - `./programma < file_ingresso > file_uscita`
- Confrontare il contenuto di due file di testo
 - `diff ./public_output ./program_output`
 - vengono stampate solo le differenze: se identici non stampa nulla
 - Alternative grafiche: Meld e Kdiff

Debugging - 1 - GDB

Ispezionare lo stato a runtime

- Ispezionare lo stato di un programma durante la sua esecuzione può essere fatto
 - A colpi di `printf`: efficace... fino ad un certo punto
 - Con un debugger: `gdb`, lo GNU Project Debugger

Come usarlo

- Lanciate il programma desiderato con `gdb ./programma`
- Live demo
- Sommario dei comandi comuni:
<http://users.ece.utexas.edu/~adnan/gdb-refcard.pdf>

Debugging - 2 - Address SANitizer (ASAN)

Cos'è?

- Combinazione di passi aggiuntivi di `gcc` + libreria runtime
- Individua accessi a variabili fuori dai limiti *con precisione al singolo byte*
- Usa, se disponibili, le informazioni di debug per stampare il rapporto

Come usarlo

- Aggiungete alle opzioni di compilazione `-fsanitize=address`
- Lanciate il programma come sempre: in caso di errore verrà interrotto
- Live demo

Valgrind

Valgrind

- Suite di strumenti per l'ispezione del comportamento di un programma
- Include sia strumenti per il debugging (memcheck), sia strumenti di misura delle prestazioni (cachegrind/callgrind, massif/dhat)
- Funziona istruendo i programmi (= aggiungendo codice al loro interno prima di eseguirli), l'esecuzione viene rallentata (circa $2.5\times$)
 - L'istruimento è incompatibile con ASAN (fanno, in parte, lo stesso mestiere)
- Manuale di riferimento disponibile al <https://valgrind.org>

Debugging - 3 - Memcheck

Cos'è?

- È lo strumento della suite Valgrind che controlla a runtime se avvengono:
 - *Memory leaks* (memoria non usata e non deallocata)
 - *Use-after-free* (accessi in lettura/scrittura a mem deallocata)
 - *Double-free* (doppie invocazioni di `free` sullo stesso ptr)
 - Letture da variabili non inizializzate

Come usarlo

- Rimuovete alle opzioni di compilazione `-fsanitize=address` se c'è
- Lanciate il programma con: `valgrind ./programma`
- Per analisi più approfondita `--leak-check=full --show-leak-kinds=all`
- Per tracciare dove è stata allocata la mem. con errori `--track-origins=yes`

Misurare le prestazioni di un programma

Tempo

- Istrumentazione manuale del codice con `clock_gettime/rtdscp`
 - Fattibile, ma non necessaria in questo progetto
- Istrumentazione automatica con Valgrind: `callgrind` e `cachegrind`

Spazio

- Utilizzo totale: `time` (BSD) dà una visione sintetica
 - per evitare conflitti con l'omonimo builtin di Bash, usare `/usr/bin/time`
- Massif: fornisce una visione dettagliata nel tempo

Callgrind

Cos'è?

- Callgrind istruimenta il codice aggiungendo punti di misura del tempo trascorso
- Produce un resoconto testuale (inteso per lettura meccanizzata)
- Se presenti, utilizza le informazioni di debug

Come usarlo

- Rimuovete alle opzioni di compilazione `-fsanitize=address` se c'è
- Lanciate il programma con: `valgrind --tool=callgrind ./programma`
- Esaminate l'output: `kcachegrind callgrind.out.PID` dove PID è il Process ID
- Live demo

Massif

Cos'è?

- Stessa filosofia di callgrind, ma, ad ogni punto di misura, registra la memoria dinamica occupata
- Produce un resoconto testuale (inteso per lettura meccanizzata)
- Se presenti, utilizza le informazioni di debug

Come usarlo

- Rimuovete alle opzioni di compilazione `-fsanitize=address` se c'è
- Lanciate il programma con: `valgrind --tool=massif ./programma`
- Esaminate l'output: `massif-visualizer massif.out.PID`
- Live demo

Installazione strumenti

- Mono-comando per installare tutti i tool su Debian GNU/Linux:

```
apt install gdb hotspot valgrind build-essential kcachegrind massif-visualizer
```

- Ricordarsi di usare `su -` o `sudo` per acquisire diritti di amministrazione
- Lo stesso mono-comando installa i tool su Ubuntu

Problemi frequenti

Funziona sul mio PC™

- Sintomo: Il programma ha output conformi a quelli dei casi di test, ma il verificatore li considera sempre errati
- Causa probabile: il programma sta utilizzando valori da memoria non inizializzata
 - Windows azzerà (in modo trasparente, in background) le pagine libere
 - Il verificatore non gira in ambiente Windows
- Strumento: ASAN (prima), Memcheck (dopo)

Problemi frequenti

Funziona (a volte)

- Sintomo: Il programma ha output conformi a quelli dei casi di test, ma il verificatore li considera errati **a volte**
- Causa probabile: il programma ha esiti di costrutti di controllo dipendenti da valori non inizializzati / residui in memoria
 - Grandi classici: `if (v[i]==0)` e `i` è \geq lunghezza `v`
- Strumento: ASAN

Problemi frequenti

Prima era solo troppo lento - ora non funziona

- Sintomo: Il programma veniva interrotto dal verificatore a causa dei limiti di risorse, ora l'output è considerato errato
- Causa: il verificatore non controlla la correttezza dell'output se il programma viene interrotto
- Strumento: Test pubblici e generati aggiuntivi