Ingegneria degli Algoritmi (A.A. 2012-2013)

Corsi di Laurea in Ingegneria Informatica e Automatica, Ingegneria dei Sistemi Informatici, e Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica

Sapienza Università di Roma

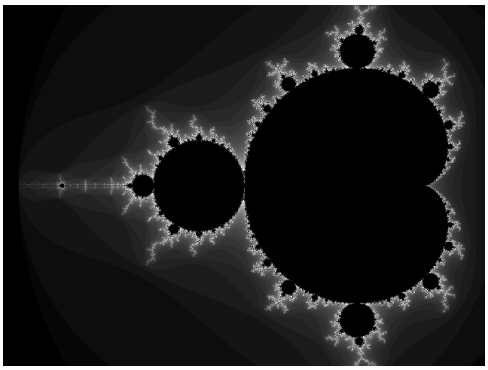
Appello del 17/06/2013 – Prova al calcolatore – Durata 2h 15'

Preliminari (aula 17)

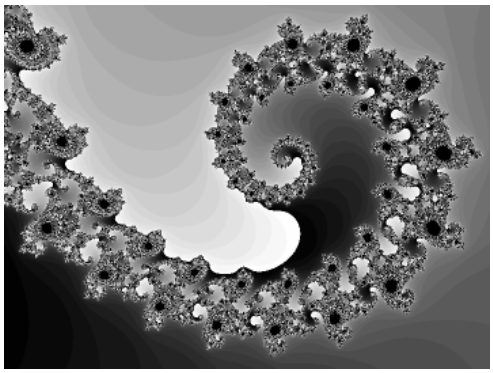
1. Fare login in Linux (Scientific Linux 5.1) con le credenziali fornite in aula
2. La directory `/local/studente/Desktop/esame` contiene:
    a. `mandelbrot`: directory di lavoro per l'esercizio 1
    b. `anagrammi`: directory di lavoro per l'esercizio 2
    c. `esempi`: esempi di programmi OpenCL da cui trarre ispirazione
    d. `docs`: documentazione utile su OpenCL
    e. `studente`: file in cui inserire nome, cognome e matricola

Esercizio 1: visualizzazione dell'insieme di Mandelbrot (12 punti)

L'insieme di Mandelbrot è un'affascinante struttura matematica frattale definita come l'insieme dei punti $p = (x, y)$ nel piano complesso per cui iterando la formula $z \leftarrow z^2 + p$ a partire da $z = (0,0)$, il punto z rimane entro distanza 2 dall'origine.



(a) Insieme di Mandelbrot con centro di coordinate (-0.75, 0) e ingrandimento 1x



(b) Porzione con centro di coordinate (-0.7453, 0.1127) e ingrandimento 1500x

Per sua natura, l'insieme di Mandelbrot può essere visualizzato come un'immagine a due dimensioni in cui ogni pixel viene fatto corrispondere a un punto nel piano complesso, colorato in base al seguente semplice algoritmo (*escape time algorithm*):

1. se dopo un certo numero massimo di iterazioni z rimane entro distanza 2 dall'origine, il pixel corrisponde probabilmente a un punto nell'insieme di Mandelbrot e viene colorato di nero;

2. altrimenti il pixel certamente **non** corrisponde a un punto nell'insieme di Mandelbrot[1] e il suo colore dipende dal numero di iterazioni che sono servite portare z a distanza maggiore di 2.

In questo esercizio, viene fornita una funzione C che crea un'immagine a toni di grigio della porzione dell'insieme di Mandelbrot contenuta in un rettangolo, opportunamente scalato, centrato in un determinato punto c del piano complesso. La funzione, che implementa l'*escape time algorithm*, ha il seguente prototipo:

```
void mandelbrot_host(float rc, float ic, float scale,
                     int w, int h, int max_iter,
                     unsigned char* img, double* t)
```

Dove:

1. (`rc`, `ic`) sono le coordinate nel piano complesso del punto c in cui è centrata l'immagine;
2. `scale` è la distanza orizzontale e verticale fra i punti del piano complesso che corrispondono a pixel adiacenti;
3. `w` e `h` sono rispettivamente la dimensione orizzontale e quella verticale dell'immagine, in pixel;
4. `max_iter` è il massimo numero di iterazioni della formula $z \leftarrow z^2 + p$;
5. `img` è un puntatore a una matrice di dimensione `w` × `h`, disposta in memoria in formato row-major, che rappresenta l'immagine creata dalla funzione;
6. `t` è un puntatore a un oggetto di tipo `double` in cui viene scritto il tempo richiesto dalla funzione, in secondi.

Si noti che la funzione `mandelbrot_host()`[2]:

1. realizza l'operazione $z \leftarrow z^2 + p$ come segue:

```
float new_iz = ip + 2.0*rz*iz;
float new_rz = rp + rz*rz - iz*iz;
iz = new_iz;
rz = new_rz;
```

   dove:
   - `rz` e `iz` rappresentano la parte reale e immaginaria di z = (`rz`,`iz`);
   - `rp` e `ip` rappresentano la parte reale e immaginaria di p = (`rp`,`ip`).
2. assegna il colore nero ai punti per cui il numero di iterazioni k ha raggiunto il massimo (`k==max_iter`) e assegna il colore `8*255.0*k/max_iter` ai punti per cui z è arrivato oltre distanza 2 dall'origine (`rz*rz+iz*iz>=4.0`).

Obiettivo.

L'obiettivo di questo esercizio è fornire una versione data-parallel dell'escape time algorithm implementato dalla funzione `mandelbrot_host()`, usando OpenCL.

Si vada nella directory di lavoro `mandelbrot` e:

---

[1] Paradossalmente, i punti colorati che rendono maggiormente suggestive le visualizzazioni del frattale di Mandelbrot sono proprio quelli che **non** appartengono all'insieme.
2 Si veda il file: `mandelbrot/mandelbrot_host.c`

1) si definisca nel file `mandelbrot.cl` un kernel OpenCL C che calcoli il tono di grigio di ogni pixel dell'immagine da produrre, usando l'algoritmo *escape time* fornito dalla funzione `mandelbrot_host`.

2) si definisca nel file `mandelbrot_device.c` la funzione:

```
void mandelbrot_device(float rc, float ic, float scale,
                       int w, int h, int max_iter,
                       unsigned char* img, clut_device* dev,
                       double* t)
```

con gli stessi parametri di `mandelbrot_host()` e l'ulteriore parametro `dev` di tipo `clut_device*` (si veda `clut.h`) che contiene l'ambiente di esecuzione OpenCL corrente. La funzione deve:

- istanziare ed eseguire il kernel definito in `mandelbrot.cl` per calcolare il valore di ogni pixel dell'immagine `img` di dimensione `w` × `h`;
- usare un NDRange bidimensionale con local size maggiore di 1 (es. 8 o 16) in modo da avere un work item per ogni pixel dell'immagine da generare;
- scrivere in `*t` il tempo richiesto dall'esecuzione del kernel usando la funzione `clut_get_duration()`(si veda `clut.h`);
- gestire ogni errore stampando un messaggio e terminando il programma (si usi ad esempio: `clut_check_err(err,"messaggio errore")` dichiarata in `clut.h`);
- deallocare correttamente tutti gli oggetti OpenCL allocati dalla funzione.

La directory `esempi` fornisce esempi di programmi OpenCL da cui trarre ispirazione. Si veda in particolare `convolution`, dato come esercitazione il 28/5/2013.

Compilazione e test.

- *Directory di lavoro*: `~/Desktop/ida2013/esame130617/mandelbrot/`
- *Compilazione programma*: dare il comando `make`, che genera il file eseguibile `mandelbrot`;
- *Compilazione ed esecuzione*: dare il comando `make test`.

Nelle directory `img_device` e `img_host` verranno generate varie immagini che mostrano vari "luoghi suggestivi" dell'insieme di Mandelbrot:

- `img_host`: immagini generate dal codice host (fornito);
- `img_device`: immagini generate dal codice device da scrivere come esercizio (a un'ispezione visuale devono essere uguali a quelle in `img_host`)

Le immagini, salvate in formato PGM (Portable Graymap Format), possono essere visualizzate con il programma Gimp.

Esercizio 2: verifica degli anagrammi (12 punti)

Si richiede di scrivere una funzione C che verifichi se una stringa è anagramma di un'altra, cioè se una può essere ottenuta come permutazione dei caratteri dell'altra.

La funzione deve avere il seguente prototipo:

```
int anagrammi(char* a, char* b)
```

e deve restituire 1 se `a` è un anagramma di `b` e 0 altrimenti. Scrivere la funzione nel file `anagrammi.c`.

Compilazione e test.

- *Directory di lavoro*: `~/Desktop/ida2013/esame130617/anagrammi/`
- *Compilazione programma*: dare il comando `make`, che genera il file eseguibile `anagrammi` e il programma di test delle prestazioni `test_perf`
- *Test correttezza*: eseguire `./anagrammi`.
- *Test prestazioni*: dare il comando `make test`. Un'implementazione efficiente della funzione `anagrammi` dovrebbe richiedere **non più di 2.4 secondi** sui computer del laboratorio per questo specifico test.