

# Progetto Ingegneria Informatica

Anno accademico 2021

Studente: Lapo Falcone

Coordinatore: Gianpaolo Cugola

## PRESENTAZIONE

Il progetto di Ingegneria Informatica che mi è stato proposto dal professor Gianpaolo Cugola, riguarda la scrittura di un software per estrarre la funzione di autocorrelazione in tempo reale, da uno stream di dati forniti da una matrice di rivelatori di singolo fotone. Per la scrittura di tale software si è deciso di usare il linguaggio C++/C, e di sfruttare la libreria CUDA di Nvidia<sup>0</sup>.

## PROBLEMA

La spettroscopia di correlazione di fluorescenza (FCS) è una tecnica usata per lo studio delle proprietà molecolari delle sostanze. La nascita di questa tecnica è dovuta alla necessità di studiare il modo in cui la doppia elica del DNA si slegasse, permettendo la sua duplicazione<sup>1</sup>.

Un esperimento che utilizzi la FCS richiede la presenza di 2 componenti fondamentali: una matrice di rivelatori di singolo fotone e un'unità di elaborazione in grado di analizzare in tempo reale i dati grezzi forniti dalla matrice. L'output dell'analisi è una funzione di autocorrelazione<sup>2</sup>.

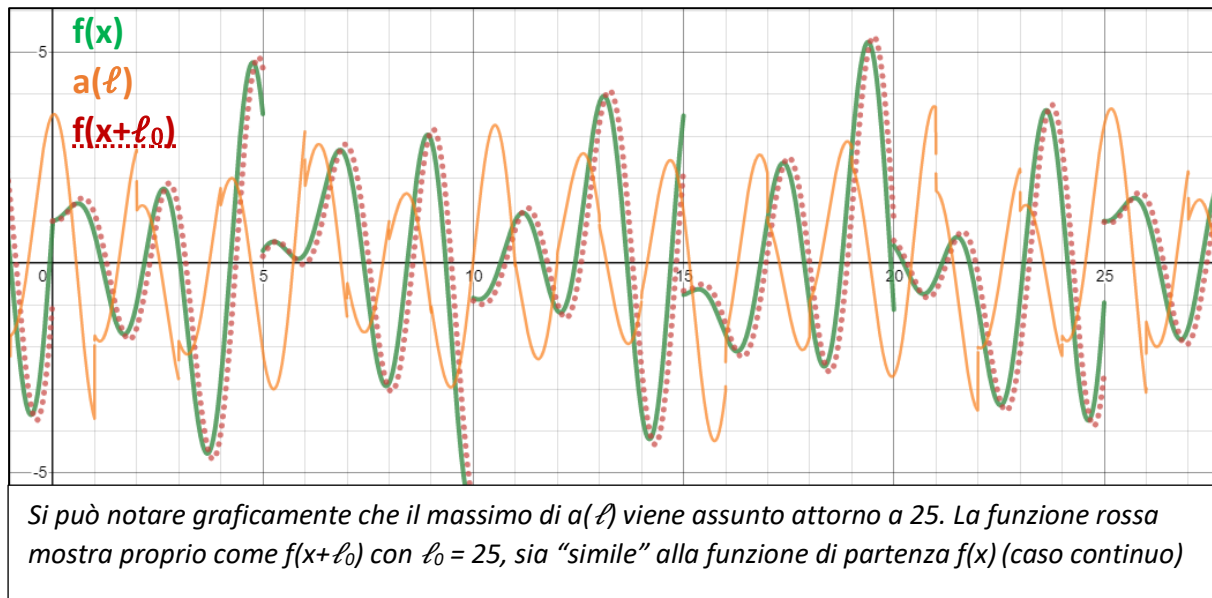
L'autocorrelazione  $a(\ell)$  è una funzione che mette in relazione la funzione  $f(x)$ , che ha in ingresso, con se stessa traslata di un valore  $\ell$  (lag). In questo modo è possibile studiare le proprietà periodiche di  $f(x)$ , ossia osservare se  $f(x)$  presenti delle caratteristiche che si ripetano nel tempo.

Lo stesso approccio può essere usato per calcolare l'autocorrelazione di un segnale discreto nel tempo.

Da un punto di vista matematico, l'autocorrelazione del segnale discreto è definita come:

$$a(\ell) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) * f(x + \ell) \text{ dove } N \text{ è il numero di campioni.}$$

Dunque i punti di massimo di  $a(\ell)$  corrisponderanno al lag del quale si deve traslare  $f(x)$  in modo che  $f(x + \ell)$  sia il più "simile" possibile a  $f(x)$ .



Affinchè la FCS restituisca risultati di valore scientifico, è necessario che la matrice di rivelatori di singolo fotone esegua un numero molto elevato di misurazioni nell'unità di tempo. Dunque la sfida ingegneristica risiede nel riuscire ad analizzare una mole così elevata di dati in tempo reale. Tale sfida è già stata affrontata con grande successo in passato, grazie all'uso di ASIC e FPGA<sup>3</sup>. Tuttavia questo progetto mira ad affrontare il problema da un punto di vista software, sfruttando la capacità di calcolo parallelo delle moderne GPU.

## OBIETTIVI

L'obiettivo del progetto è dunque sfruttare l'architettura fortemente parallela delle GPU grazie alla libreria CUDA, per poter calcolare l'autocorrelazione in tempo reale. Questo approccio garantisce una flessibilità maggiore rispetto all'uso di ASIC ed FPGA, e riduce i costi necessari per svolgere esperimenti di FCS. Inoltre la natura stessa di software permette una diffusione maggiore del prodotto rispetto ad un hardware.

# OBIETTIVI PERSONALI

Il progetto ha catturato la mia attenzione soprattutto per via della tecnologia software proposta, ossia la libreria CUDA. Sono molto interessato alla programmazione concorrente, poichè dalla mia (poca) esperienza penso che in futuro possa diventare la miglior tecnica per garantire scalabilità dei software in base al client su cui vengono eseguiti, oltre che il miglior modo per aumentare le prestazioni. Tuttavia non ho mai affrontato i problemi di parallelismo in ambito GPU, ma solo CPU.

Infine ho deciso di svolgere il progetto di Ingegneria del Software, rispetto ad altri corsi tradizionali, per migliorare le mie capacità di lavorare in autonomia, e per imparare a collaborare con altre persone nella creazione di software. Questo comprende mantenere un contatto costante con il professor Cugola per quanto riguarda gli aggiornamenti, e imparare a discutere le varie idee riguardanti gli approcci possibili alla risoluzione del problema.

---

<sup>0</sup> <https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/index.html>

<sup>1</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3244056/>

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Autocorrelation#Auto-correlation\\_of\\_discrete-time\\_signal](https://en.wikipedia.org/wiki/Autocorrelation#Auto-correlation_of_discrete-time_signal)

<sup>3</sup> <https://drive.google.com/file/d/140wsqFLeQ79M54LgsVII2tl88zjLUsfH/view?usp=sharing>