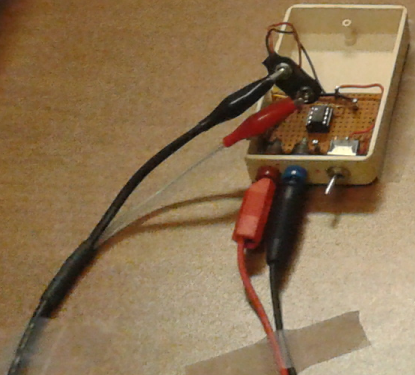


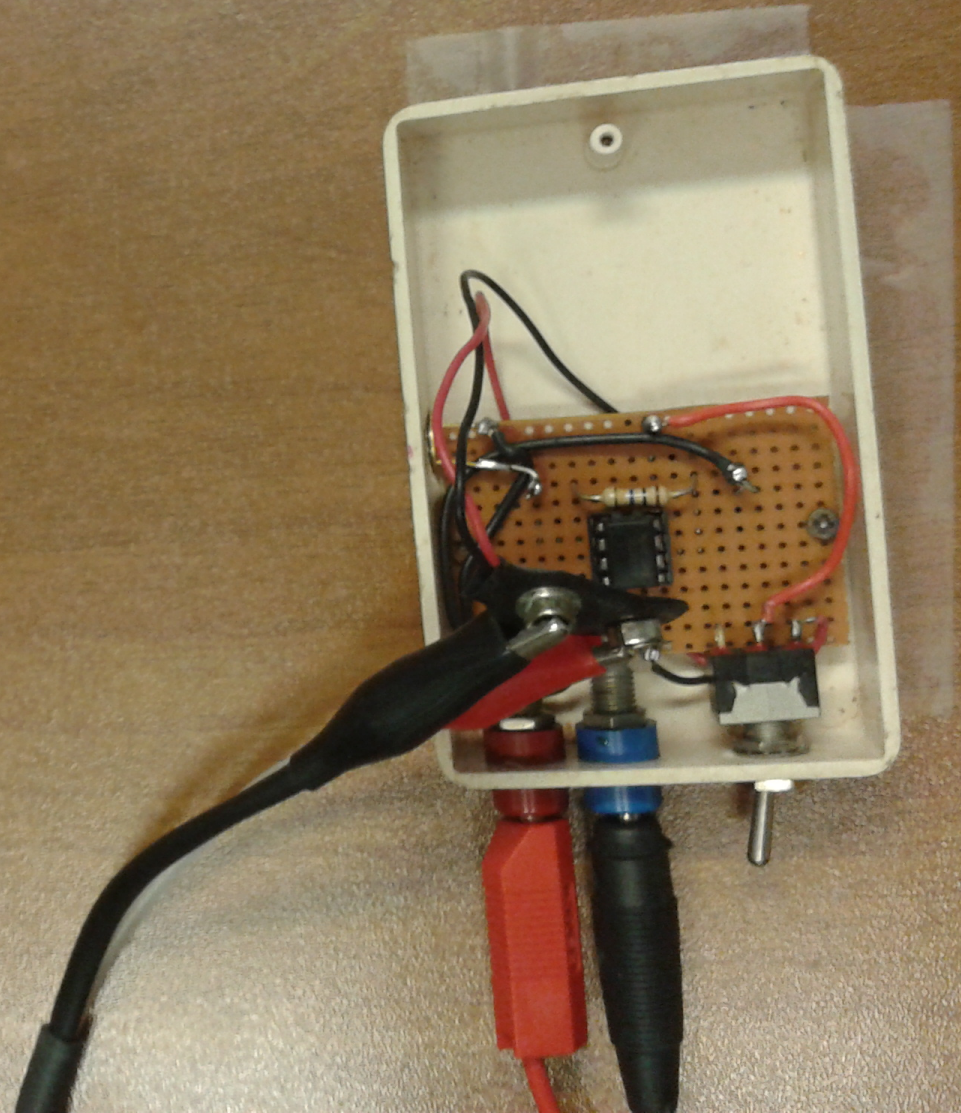
# Analisi dei dati del fotometro

Corso di Metodi di Trattamento dei Segnali

*Edoardo Milotti*

A.A. 2013-2014





## Acquisizione dati con fotodiode nell'ambito del *Corso di Metodi di Trattamento del Segnale*

Durante il periodo festivo è attivo un piccolo sistema di acquisizione dati che rileva la luminosità ambientale. Qui sotto c'è il link diretto che mostra la pagina di LabView del programma di acquisizione. C'è anche un link alla stazione meteo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste e i link a due webcam che puntano verso il golfo di Trieste.

[Pagina web dell'acquisizione dati](#)

[Stazione meteo - Dipartimento di Fisica](#)

[Stazione meteo CISAR \(Monte Grisa\)](#)

*Stato del tempo a Trieste: webcams*



(Panorama dalla torre dell'ISMAR-CNR)



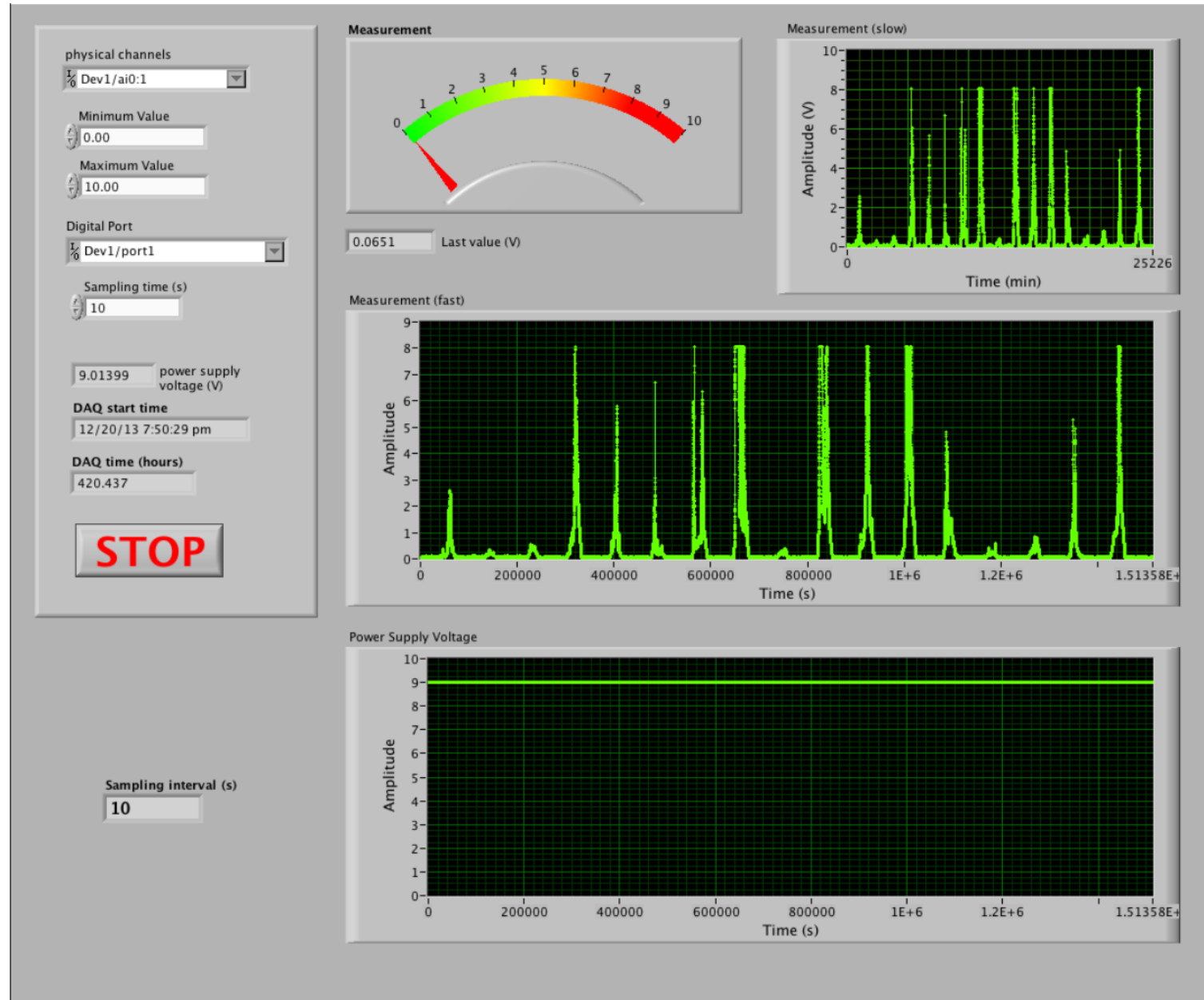
Forum  
Trieste

[www.ForumTrieste.it](http://www.ForumTrieste.it)



# DAQ - Fotodiodo

vi per la lettura del fotometro



L'apparato si trova al secondo piano del dipartimento di fisica. L'alimentazione del fotometro e' fornita da un alimentatore esterno e viene mostrata in un indicatore.

# Domanda ... che tipo di analisi spettrale applichiamo ai dati raccolti?

Inizio acquisizione dati

12/20/13 19:50:29

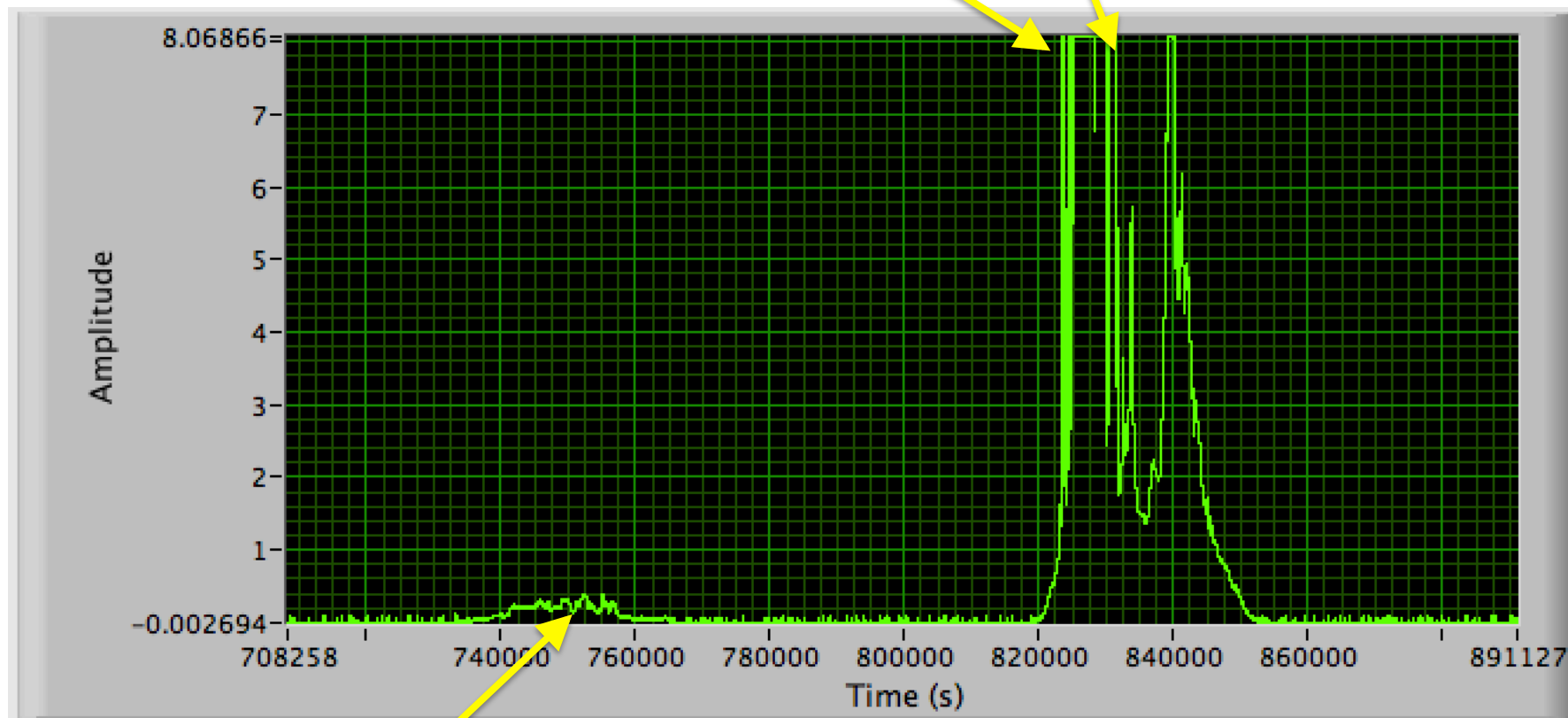
0.124	-0.002036	9.008402
2.117	0.000267	9.009059
12.118	-0.002694	9.009059
22.118	-6.223881E-5	9.009059
32.117	0.005858	9.009059
....	....	....

I dati sono ben equispaziati (a parte il primo)

- possiamo utilizzare la DFT (FFT)
- possiamo utilizzare anche l'analisi spettrale con metodi autoregressivi

giorni 29-30 dicembre 2013

irregolarità dovute alla nuvolosità  
saturazione

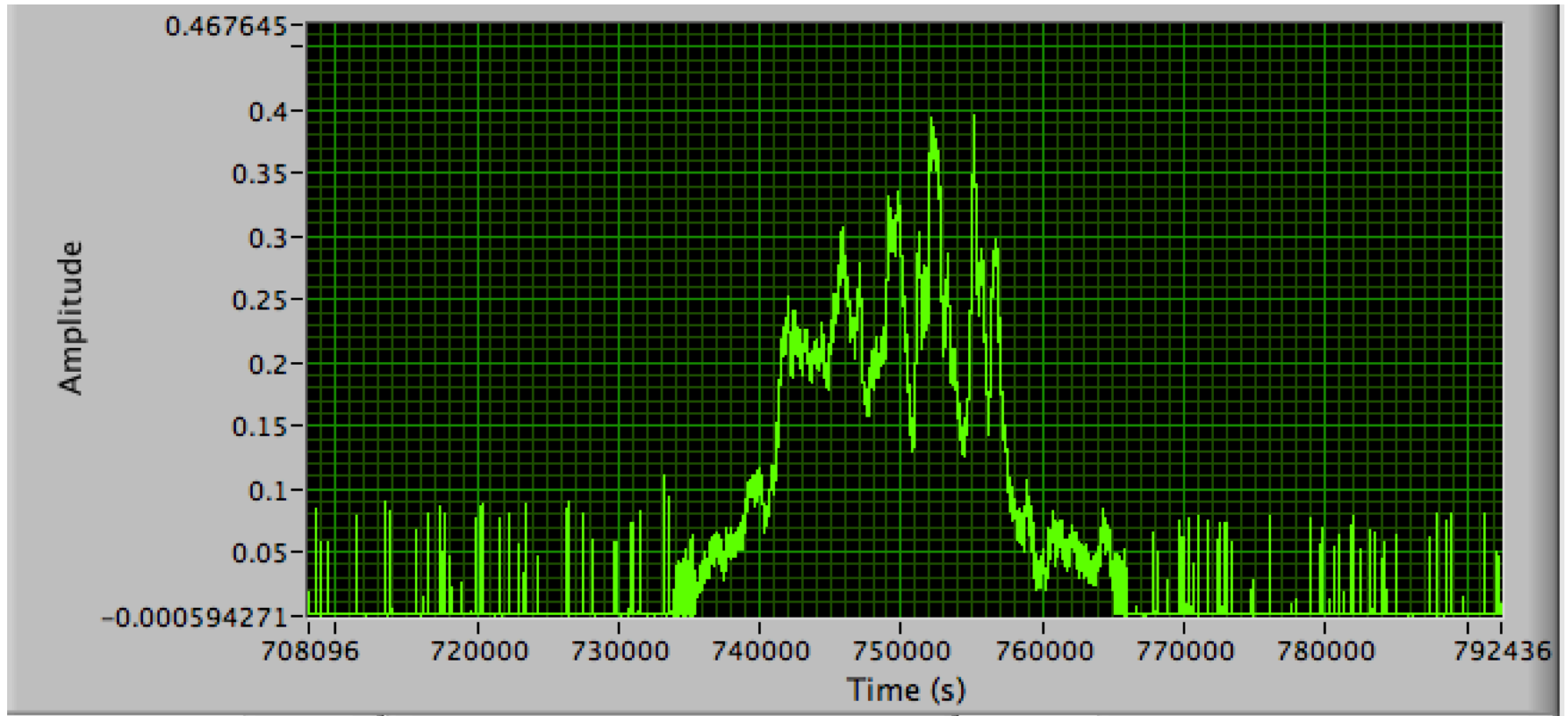


forte diminuzione della luminosità  
dovuta a nuvole e nebbia



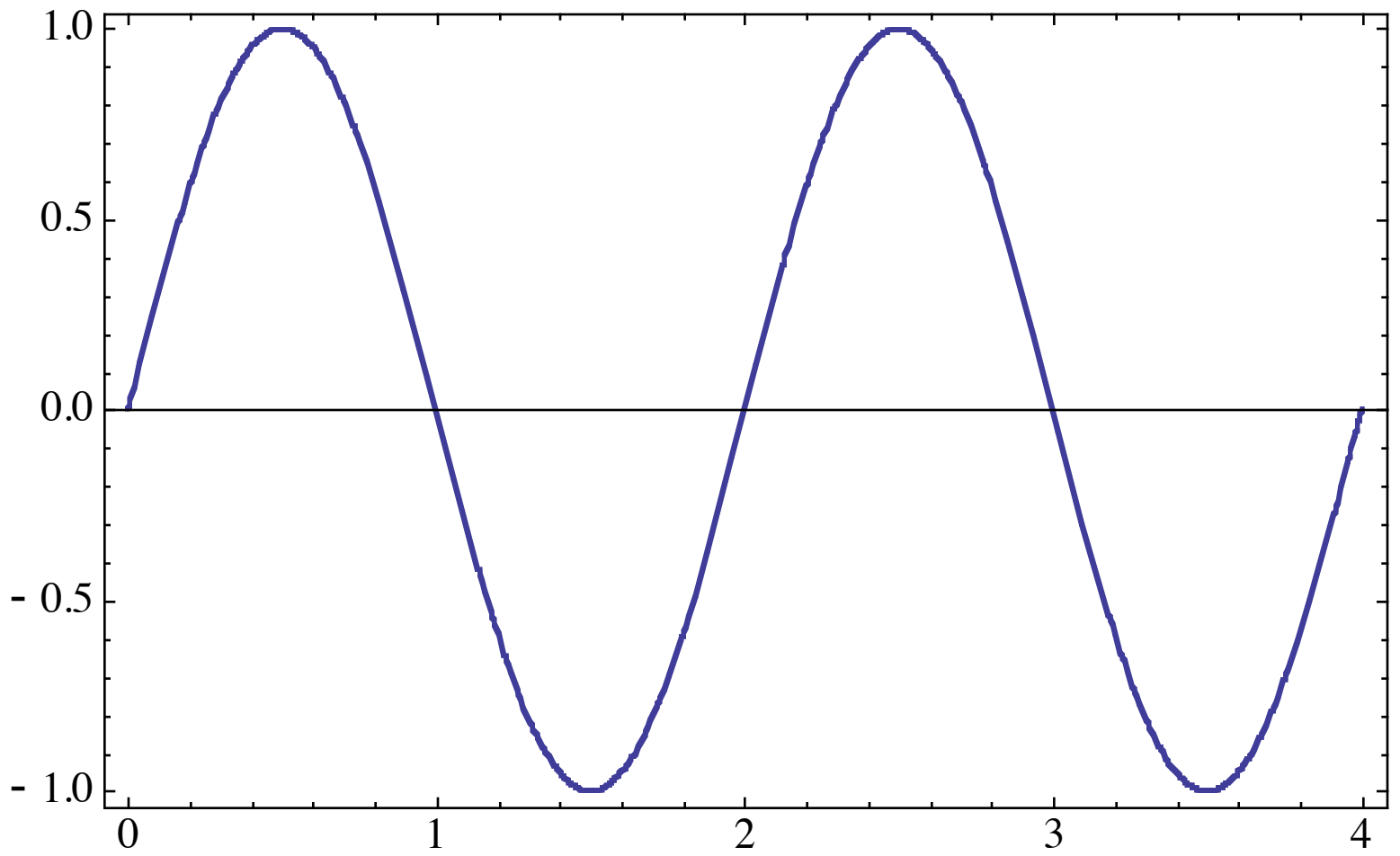
Dettaglio del giorno 30 dicembre 2013

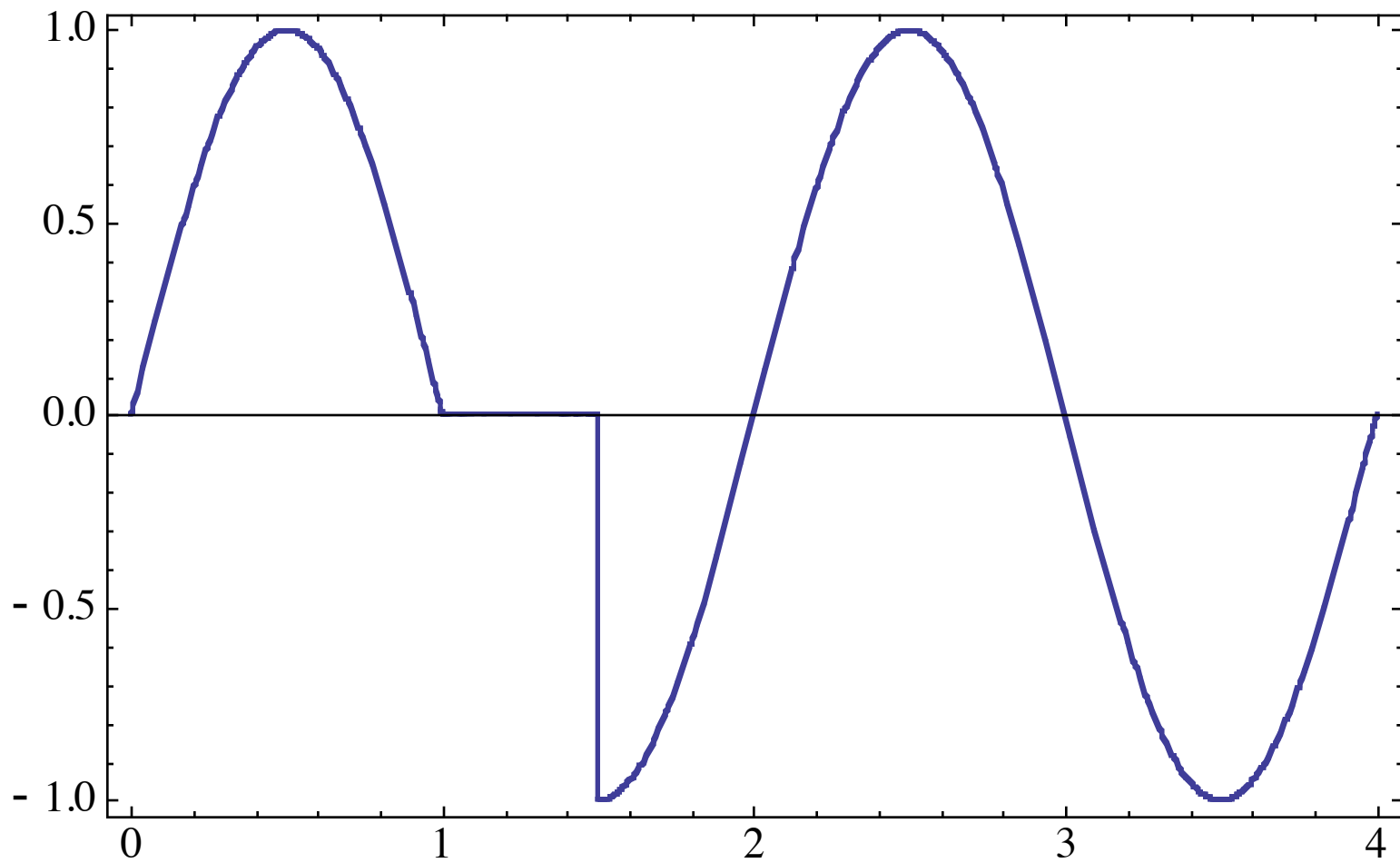
Come si vede il range dinamico sarebbe stato sufficiente per accomodare meglio i segnali di grande ampiezza.



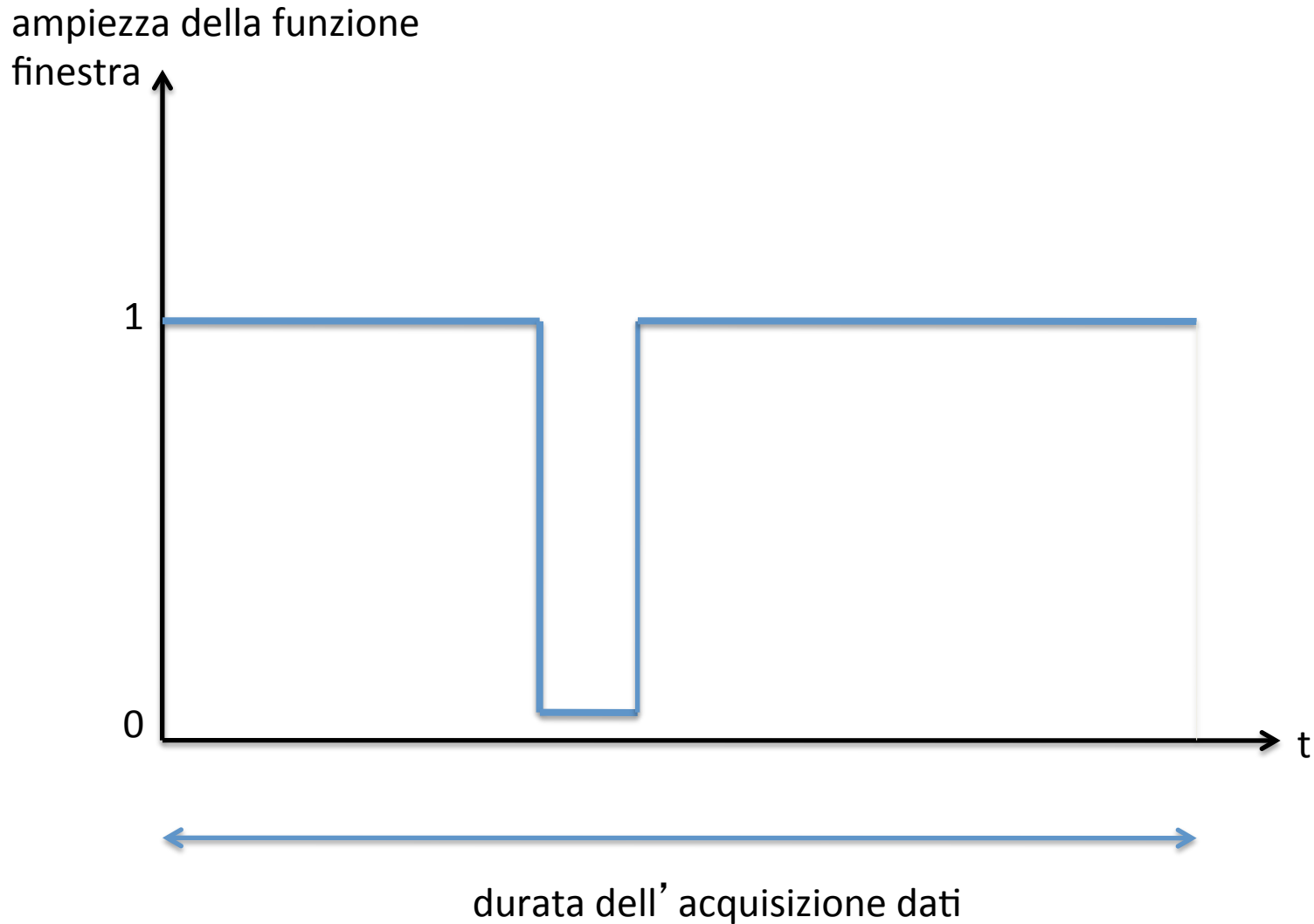
Effetto di soppressione della  
luminosità nei dati (“buchi” o  
nuvolosità intensa)

Qual è l'effetto sullo spettro osservato?  
Viene spostata la frequenza centrale dei  
picchi giornalieri?





La presenza di un “buco” è equivalente alla moltiplicazione del segnale “vero” per una strana funzione finestra ...

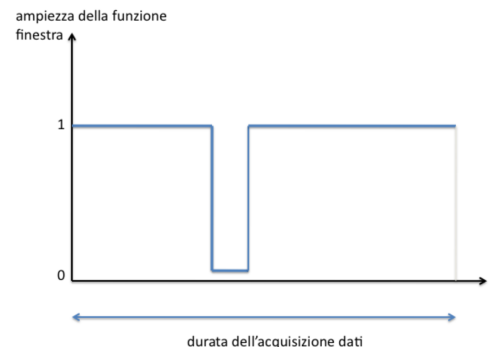


# Effetto di una finestra sulla DFT

$$\begin{aligned} DFT(f \cdot w)_m &= \sum_{n=0}^{N-1} f_n w_n e^{-\frac{2\pi i m n}{N}} = \sum_{n=0}^{N-1} f_n \left( \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W_k e^{\frac{2\pi i k n}{N}} \right) e^{-\frac{2\pi i m n}{N}} \\ &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W_k \sum_{n=0}^{N-1} f_n e^{-\frac{2\pi i (m-k)n}{N}} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} W_k F_{m-k} = G_m \end{aligned}$$

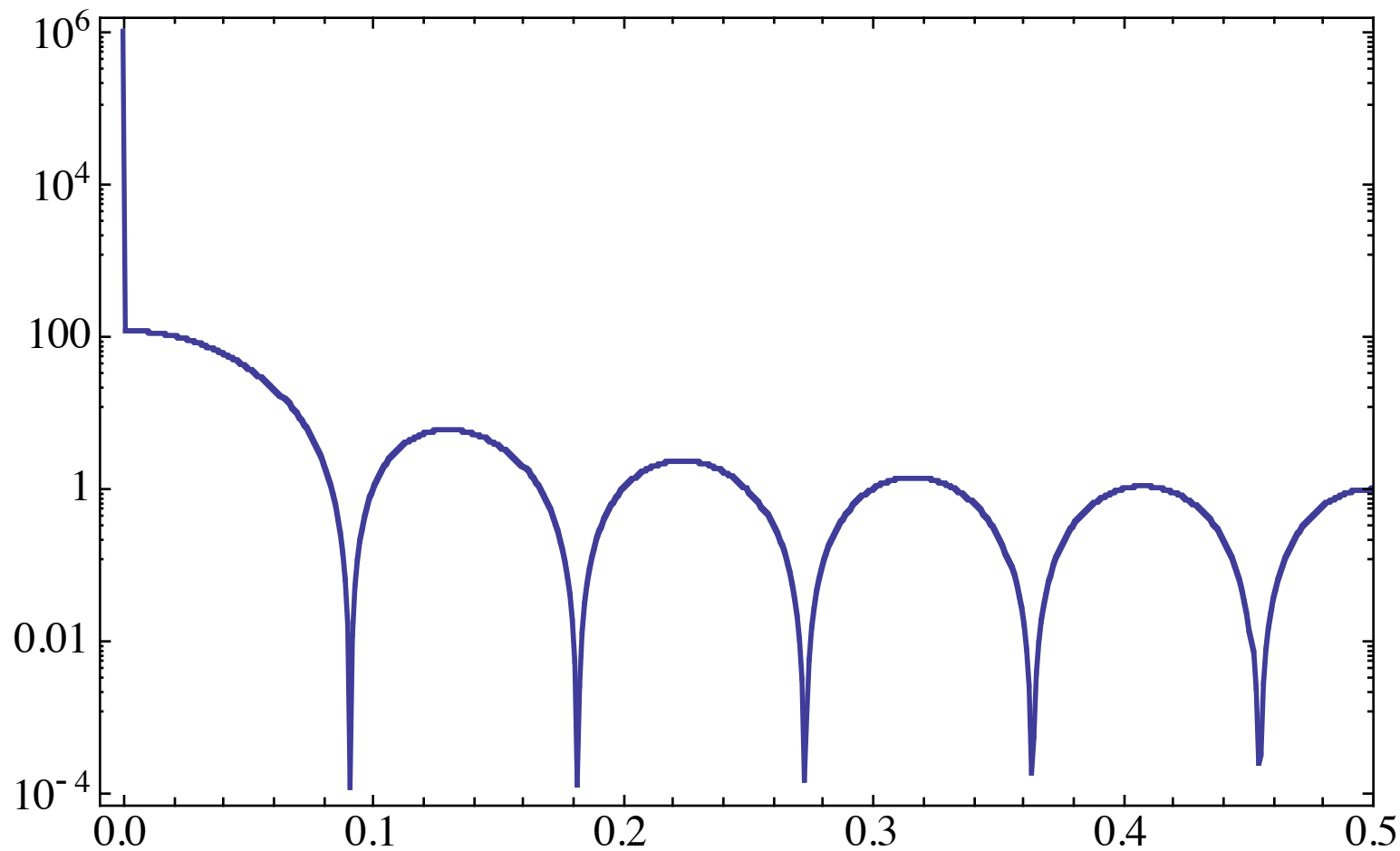
espressione matematica della particolare “finestra” che corrisponde alla presenza del “buco”

$$w_n = \begin{cases} 1 & n < n_1 \\ 0 & n_1 \leq n \leq n_2 \\ 1 & n > n_2 \end{cases}$$



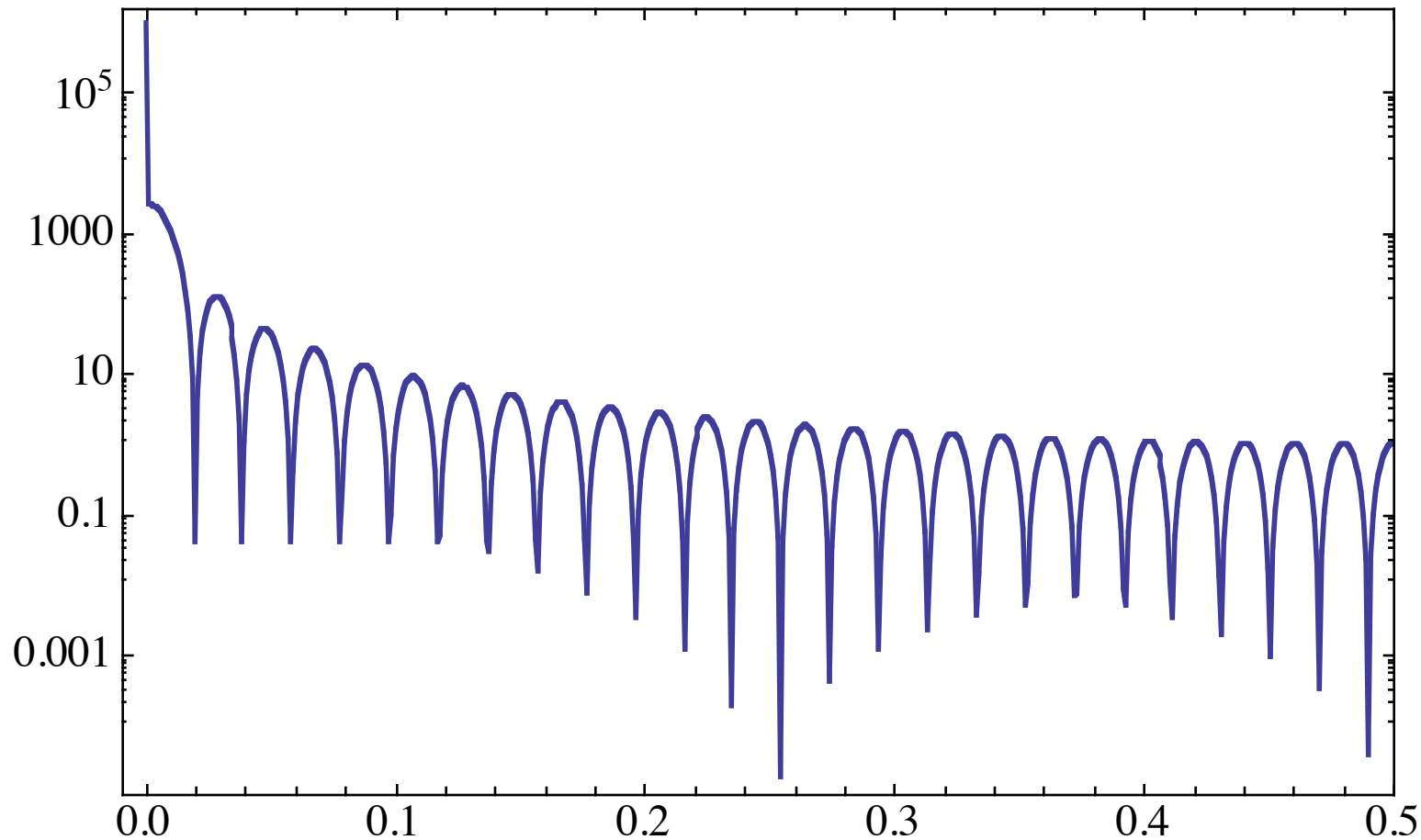
$$\begin{aligned}
W_k &= \sum_{n=0}^{N-1} w_n e^{-\frac{2\pi ink}{N}} = \sum_{n=0}^{n_1-1} e^{-\frac{2\pi ink}{N}} + \sum_{n=n_2+1}^{N-1} e^{-\frac{2\pi ink}{N}} \\
&= \sum_{n=0}^{N-1} e^{-\frac{2\pi ink}{N}} - \sum_{n=n_1}^{n_2} e^{-\frac{2\pi ink}{N}} = N\delta_{k,0} - \sum_{n=n_1}^{n_2} e^{-\frac{2\pi ink}{N}} \\
&= N\delta_{k,0} - e^{-\frac{2\pi in_1 k}{N}} \sum_{n=0}^{n_2-n_1} e^{-\frac{2\pi ink}{N}} \\
&= N\delta_{k,0} - e^{-\frac{2\pi in_1 k}{N}} \frac{1 - e^{-\frac{2\pi i(n_2-n_1+1)k}{N}}}{1 - e^{-\frac{2\pi ik}{N}}} \\
&= N\delta_{k,0} - e^{-\frac{\pi i(n_1+n_2)k}{N}} \frac{\sin\left[\frac{\pi(n_2-n_1+1)k}{N}\right]}{\sin\left[\frac{\pi k}{N}\right]}
\end{aligned}$$

$N = 1024;$   
 $n_1 = 100;$     $n_2 = 110$

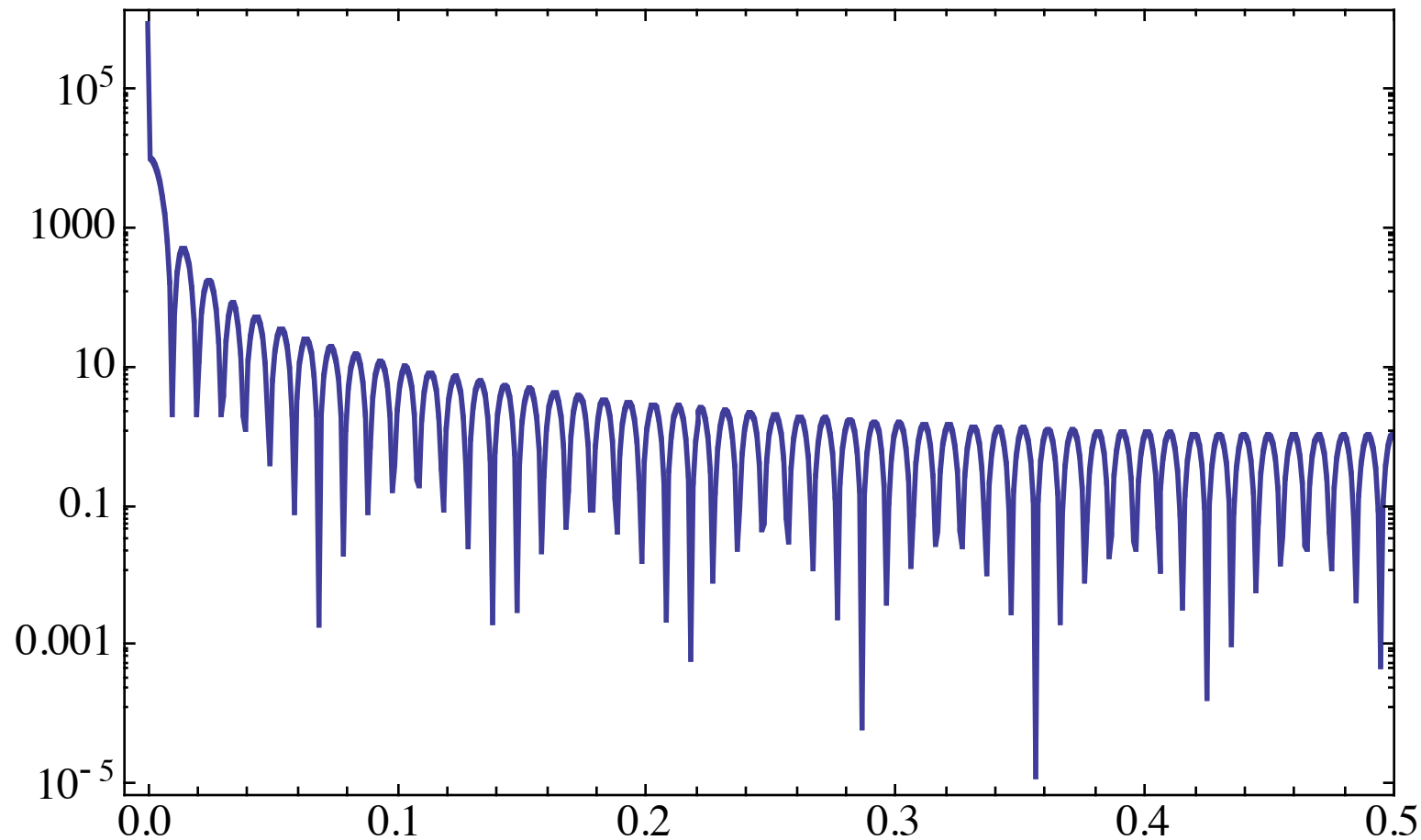




$N = 1024;$   
 $n_1 = 100;$     $n_2 = 150$



$N = 1024;$   
 $n_1 = 100;$     $n_2 = 200$



## *In conclusione:*

la stima del periodo basata sullo spettro DFT è corretta

la larghezza del picco viene influenzata dalla “finestra”  
corrispondente alla presenza di “buchi” ... c'è una  
diminuzione della risoluzione spettrale

data inizio acquisizione

12/20/13

ora inizio acquisizione

19:50:29

Inizio selezione (campione)

1

Fine selezione (campione)

0

Window

Rectangular ▾ 0

number of samples

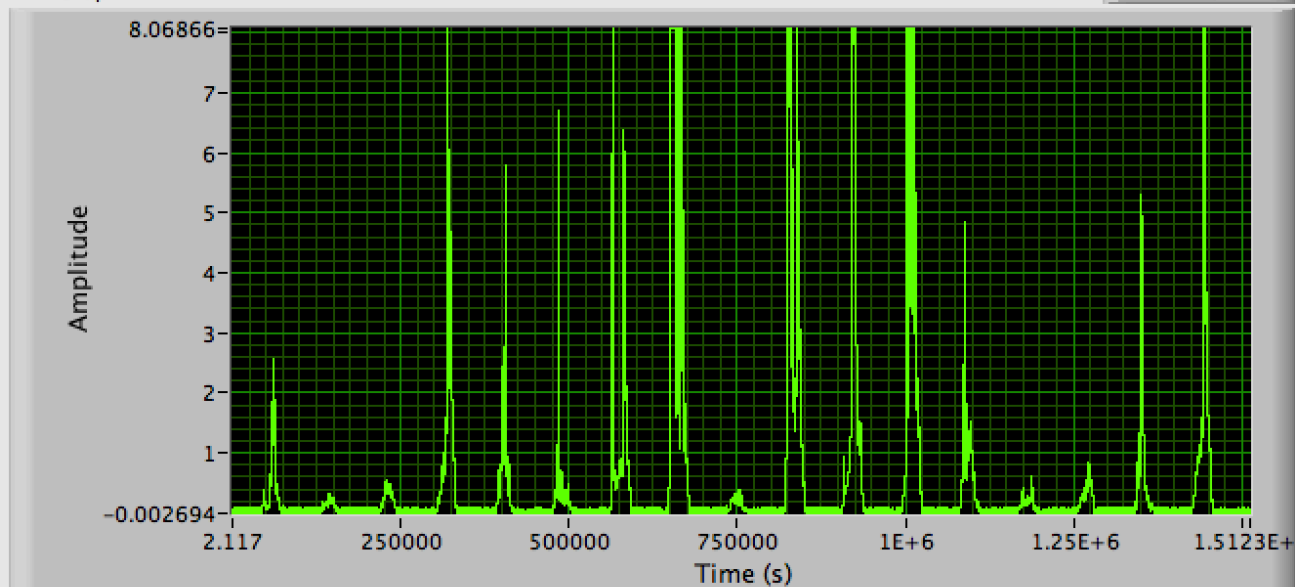
151232

OFF

Dati Statistica degli intervalli di campionamento Spettro

XY Graph

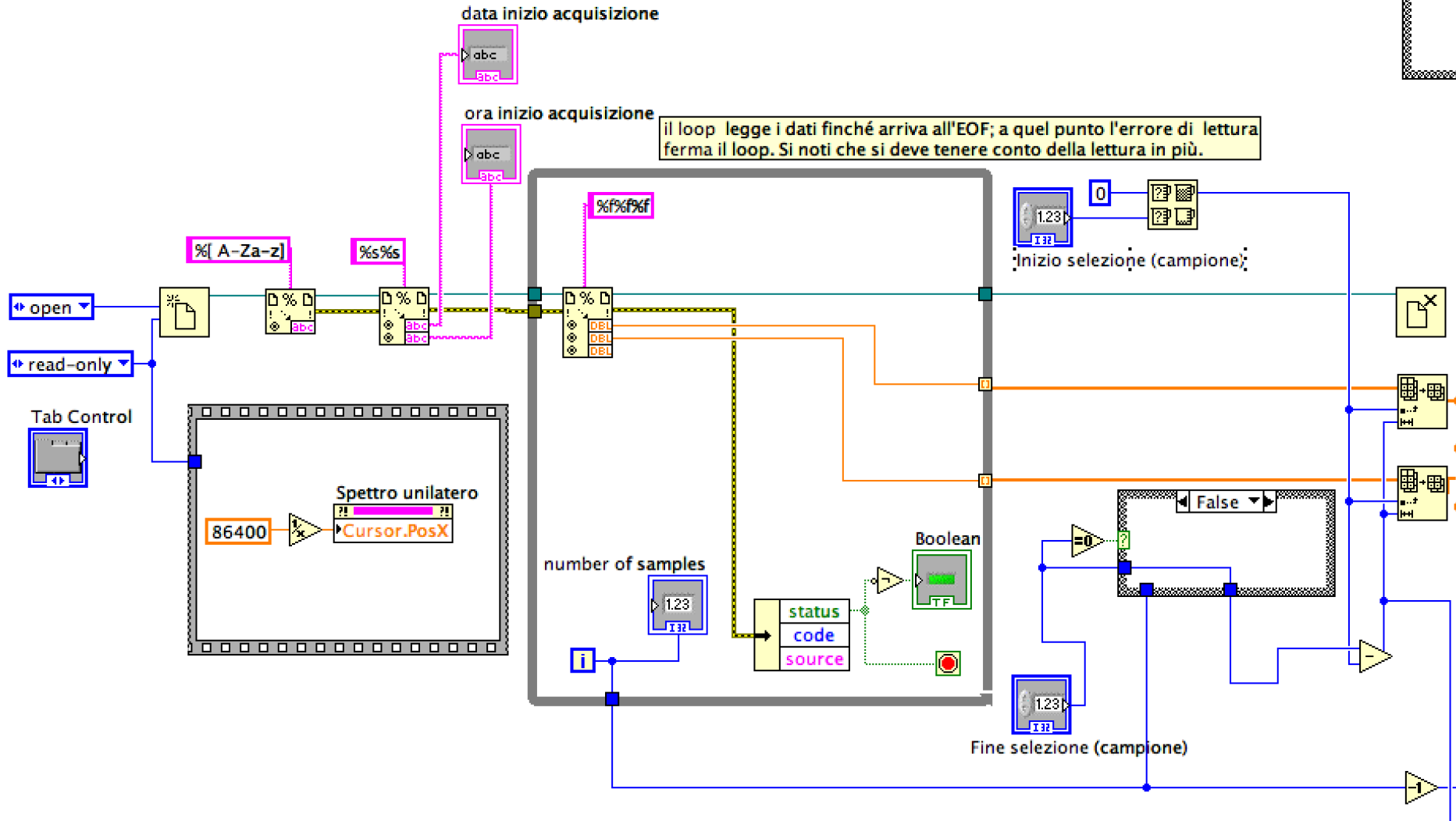
Plot 0



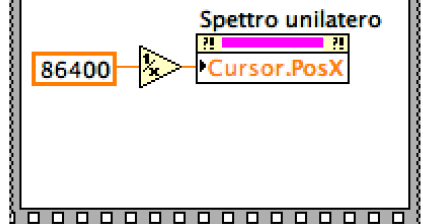
Cursors:	X	Y

Time (s) 🔒 🔍 ⌂

Amplitude 🔒 🔍 ⌂

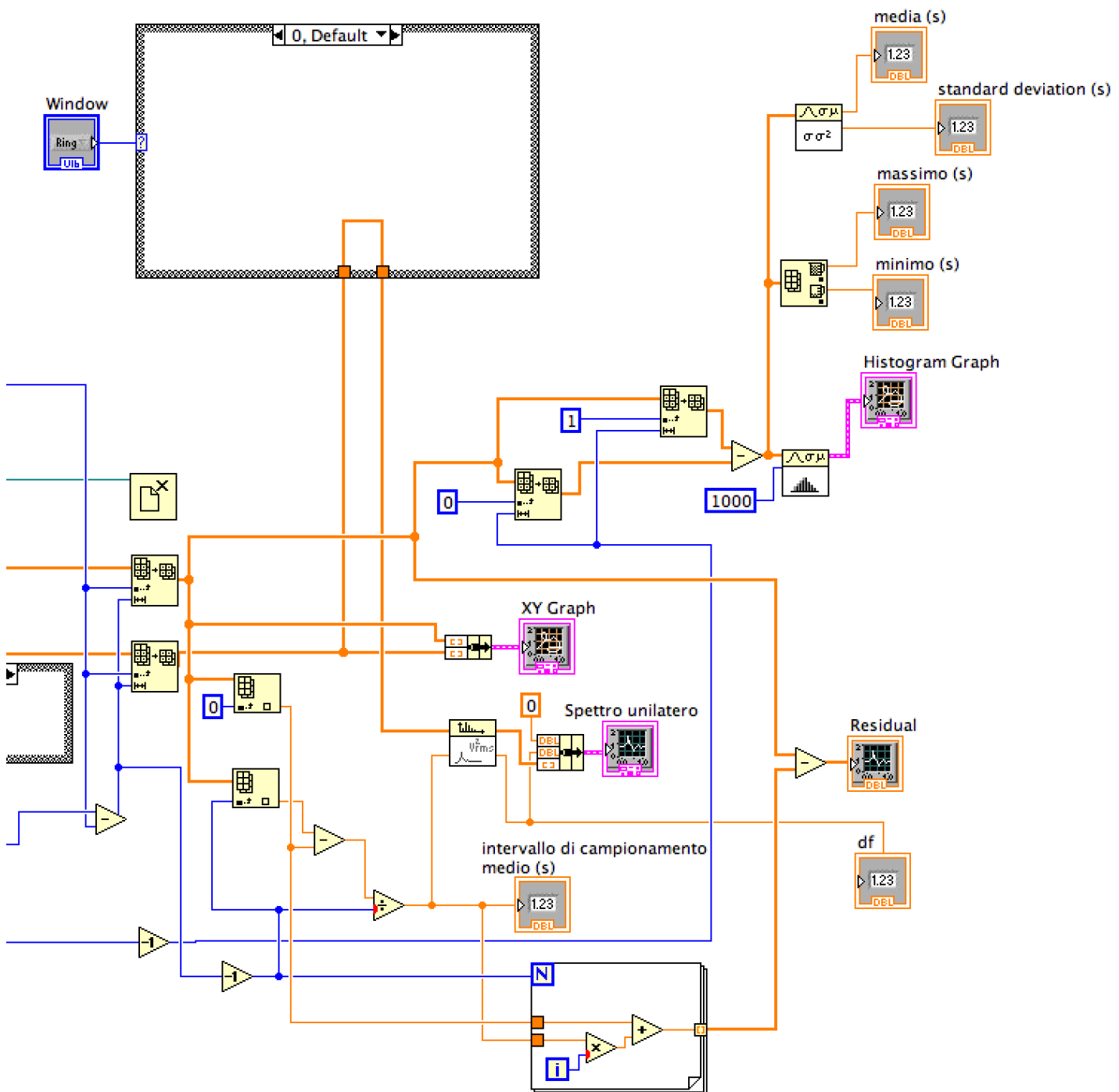


il loop legge i dati finché arriva all'EOF; a quel punto l'errore di lettura ferma il loop. Si noti che si deve tenere conto della lettura in più.

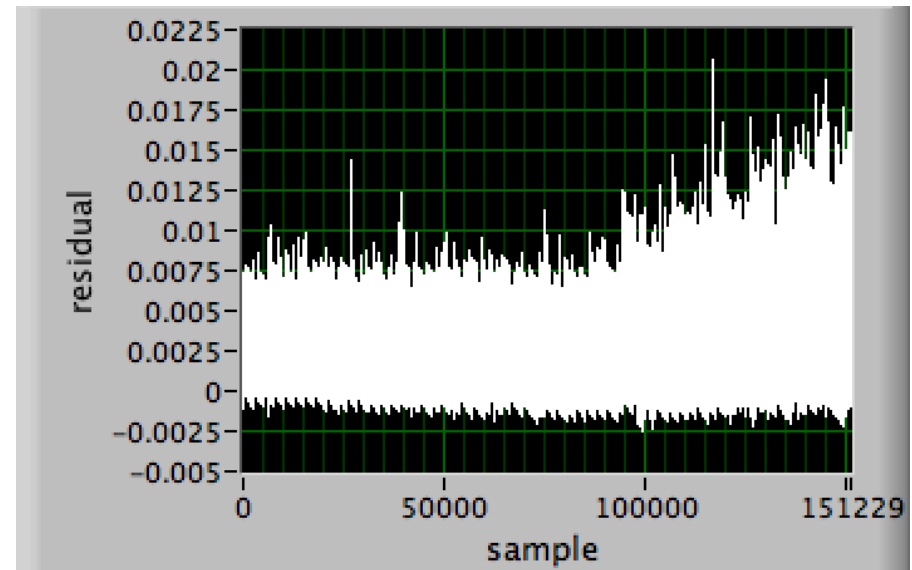
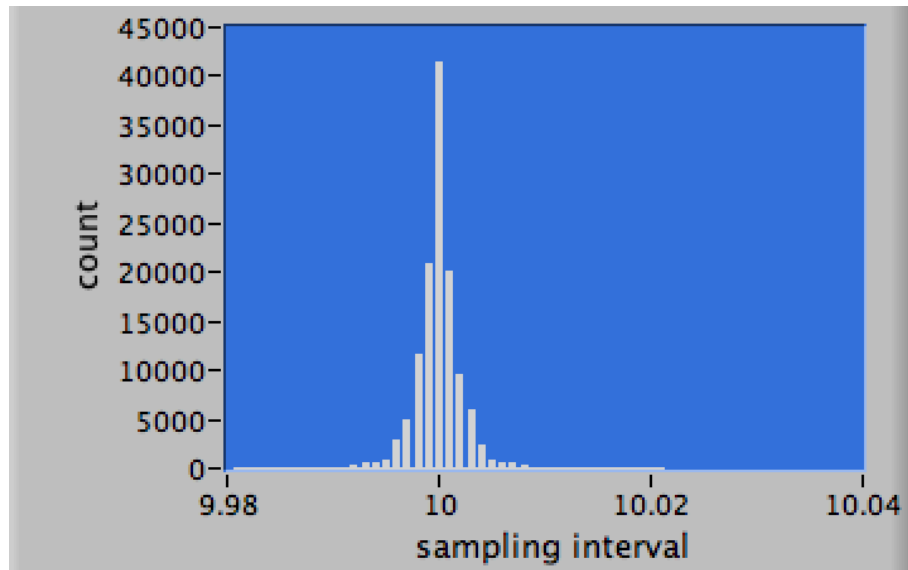


inizio selezione (campione)

Fine selezione (campione)



# Statistica degli intervalli di campionamento



media = 10.0000 s  
dev. st. = 0.00203 s

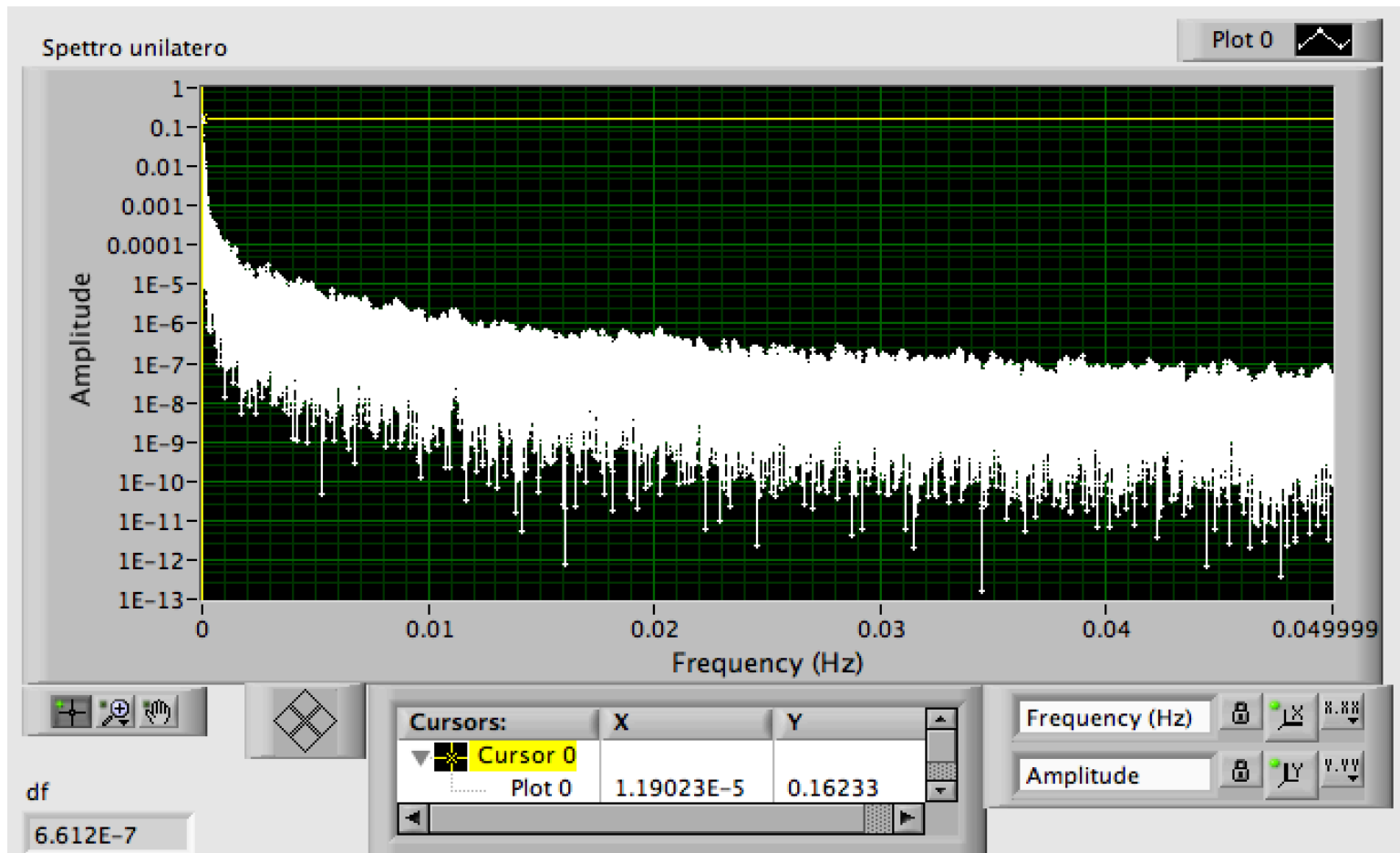
Spettro:

intervallo di campionamento 10 secondi

151232 campioni = 420.089 ore

risoluzione in frequenza  $\approx 6.6 \cdot 10^{-7}$  Hz

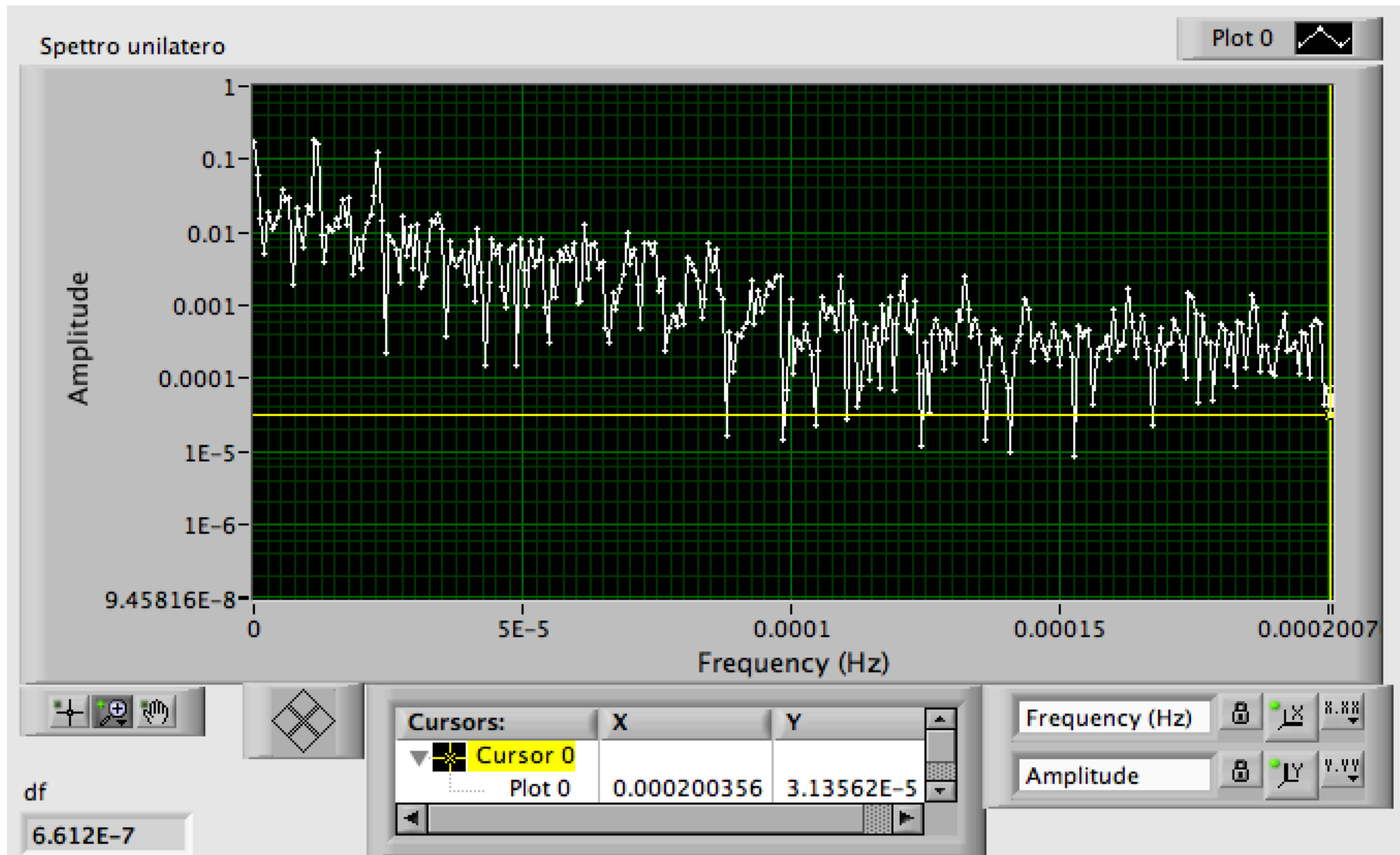
posizione attesa prima armonica  $\approx 1.1574 \cdot 10^{-5}$  Hz



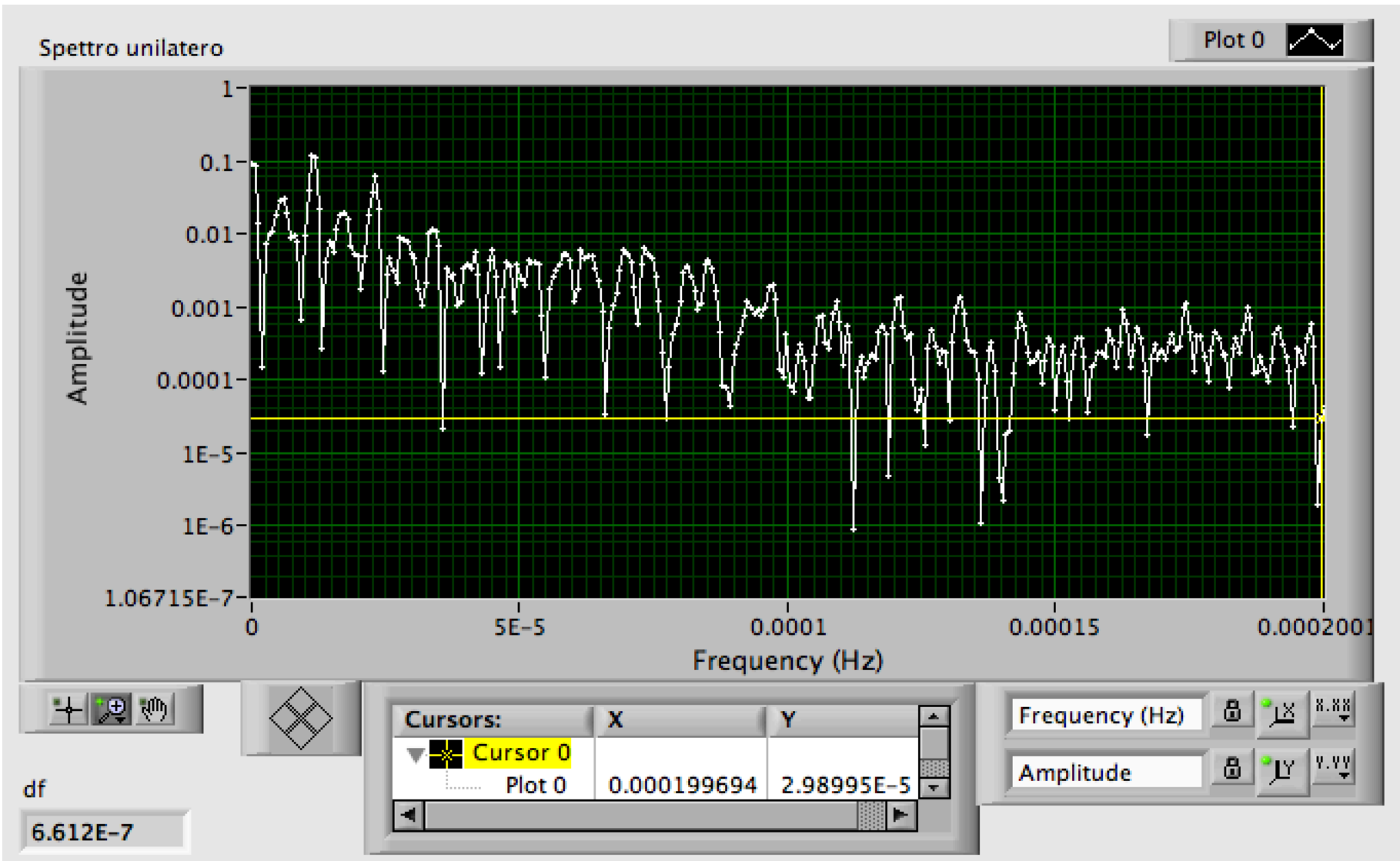


# Zoom sulla regione delle basse frequenze

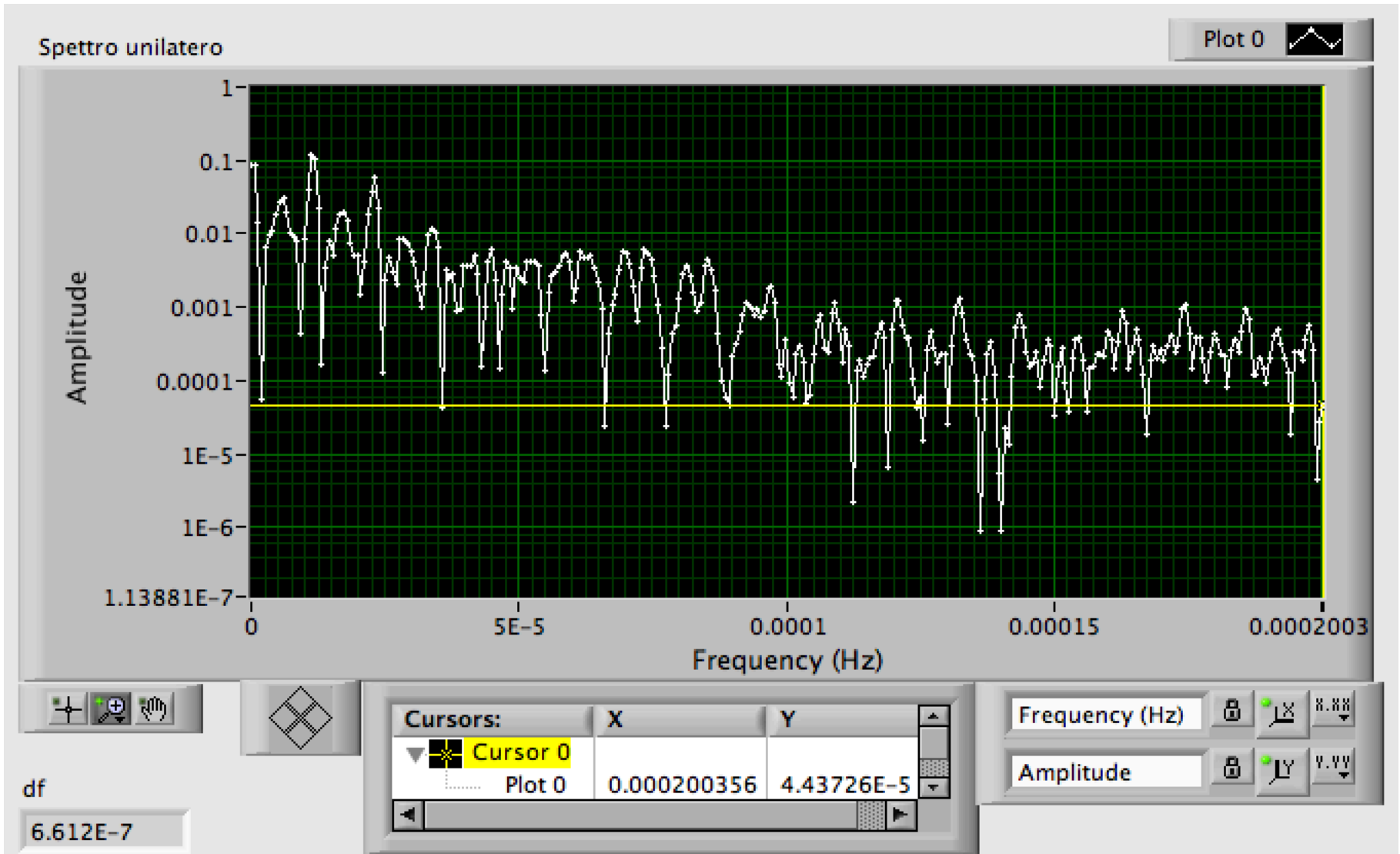
## Finestra rettangolare



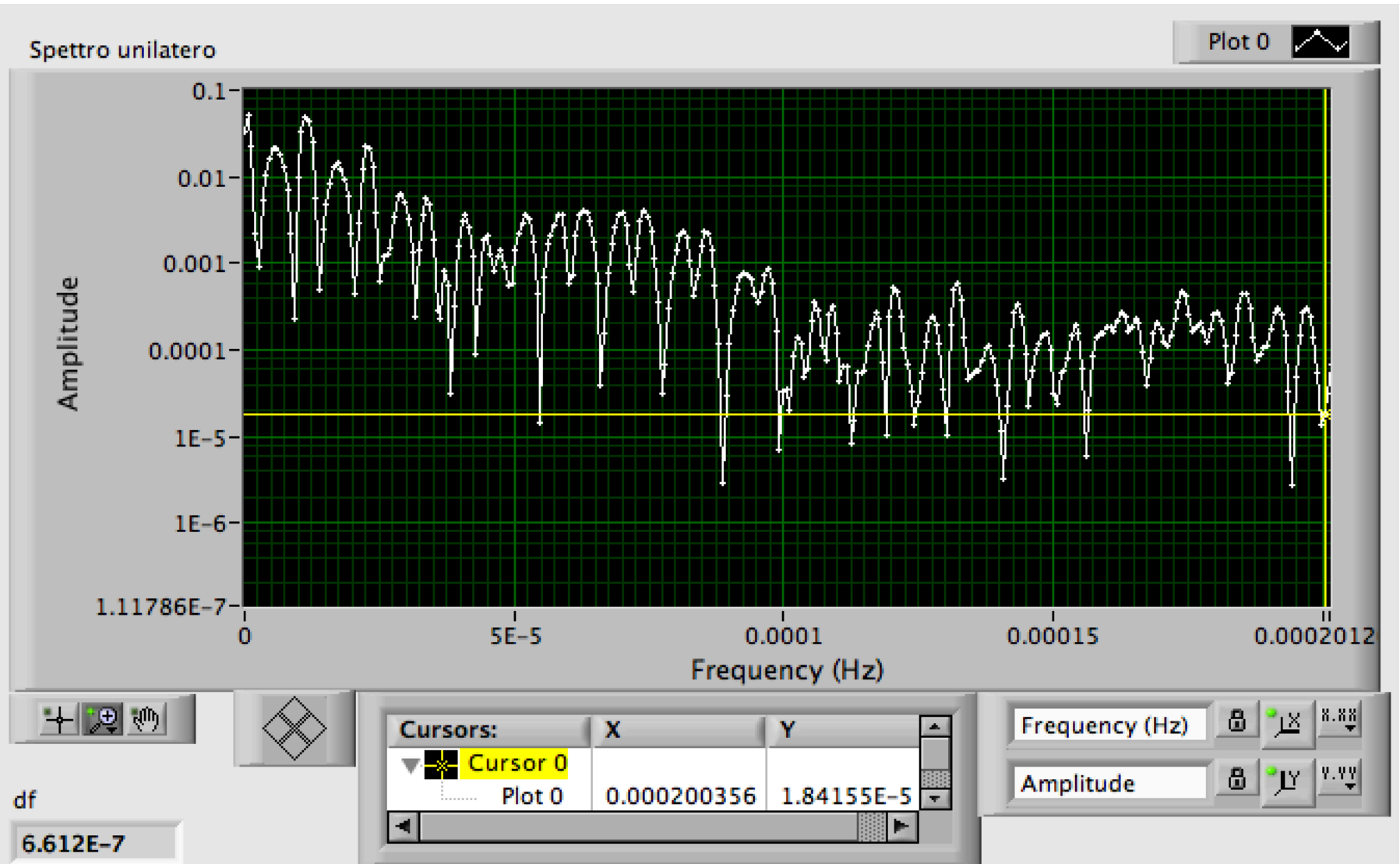
# Finestra di Hamming



# Finestra di Hanning



# Finestra flat top

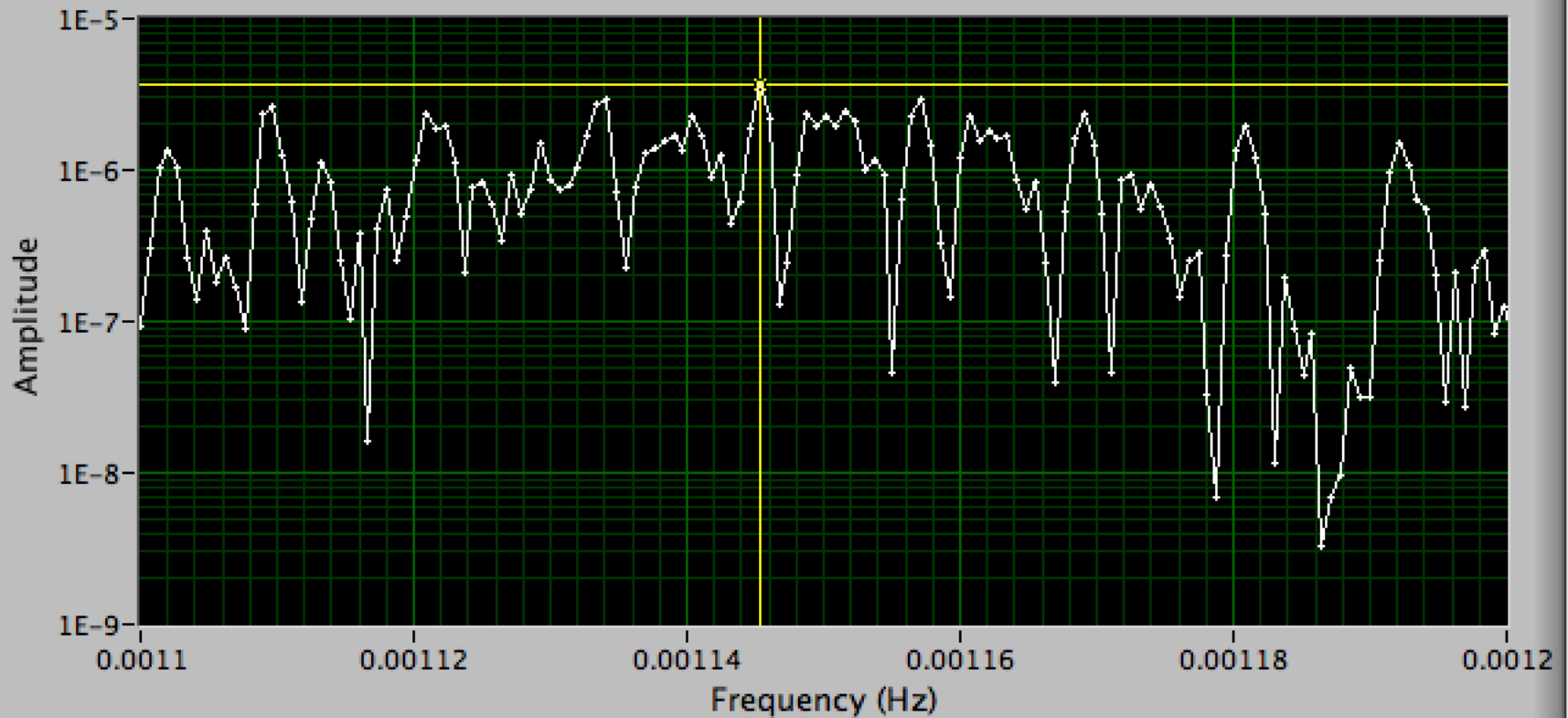


picco di 99 armonica



Spettro unilatero

Plot 0



Cursors:	X	Y
▼  Cursor 0		
Plot 0	0.00114531	3.6574E-6

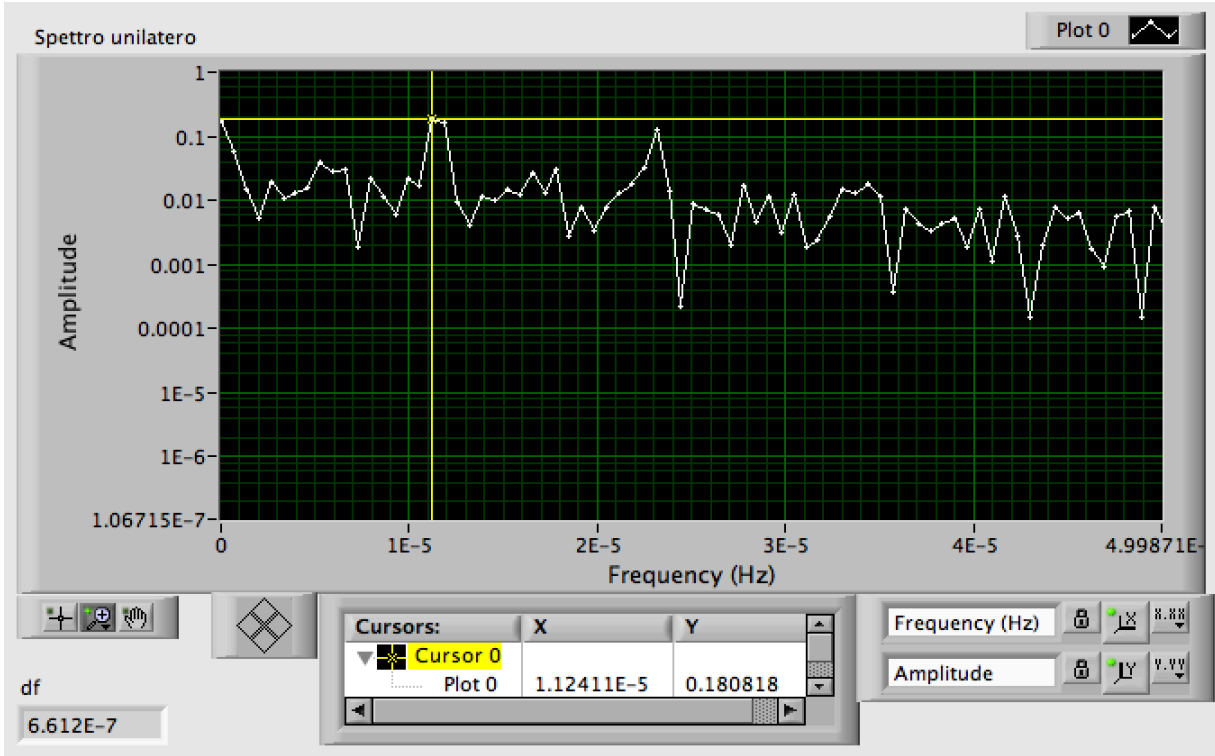
Frequency (Hz)

Amplitude

df

6.979E-7

# 1a armonica, finestra rettangolare

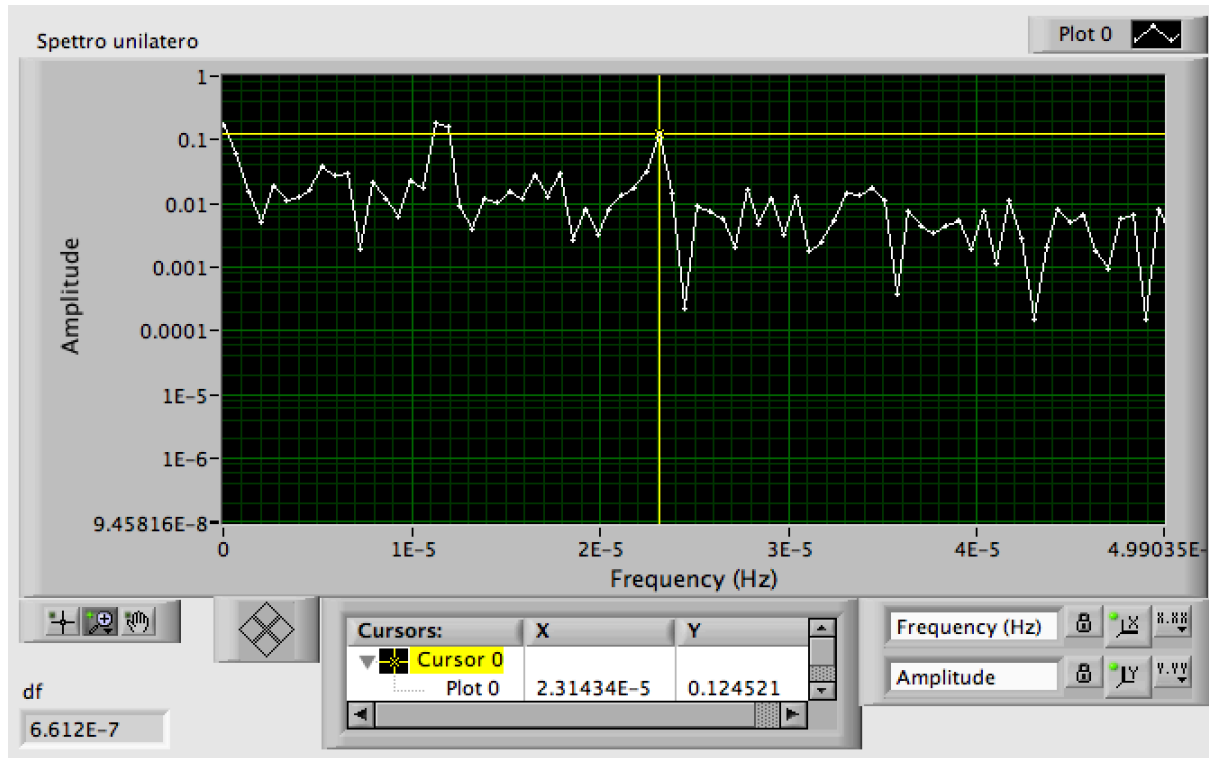


frequenza (Hz)	ampiezza
$1.05798 \cdot 10^{-5}$	$1.71402 \cdot 10^{-2}$
$1.12411 \cdot 10^{-5}$	$1.80818 \cdot 10^{-1}$
$1.19023 \cdot 10^{-5}$	$1.62330 \cdot 10^{-1}$
$1.25636 \cdot 10^{-5}$	$9.24442 \cdot 10^{-3}$



$1.1534 \cdot 10^{-5} \text{ Hz} \pm 0.04 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$   
 durata del giorno  $\approx 86700 \pm 3100 \text{ s}$   
 errore  $\approx 3.6 \%$

## 2a armonica, finestra rettangolare



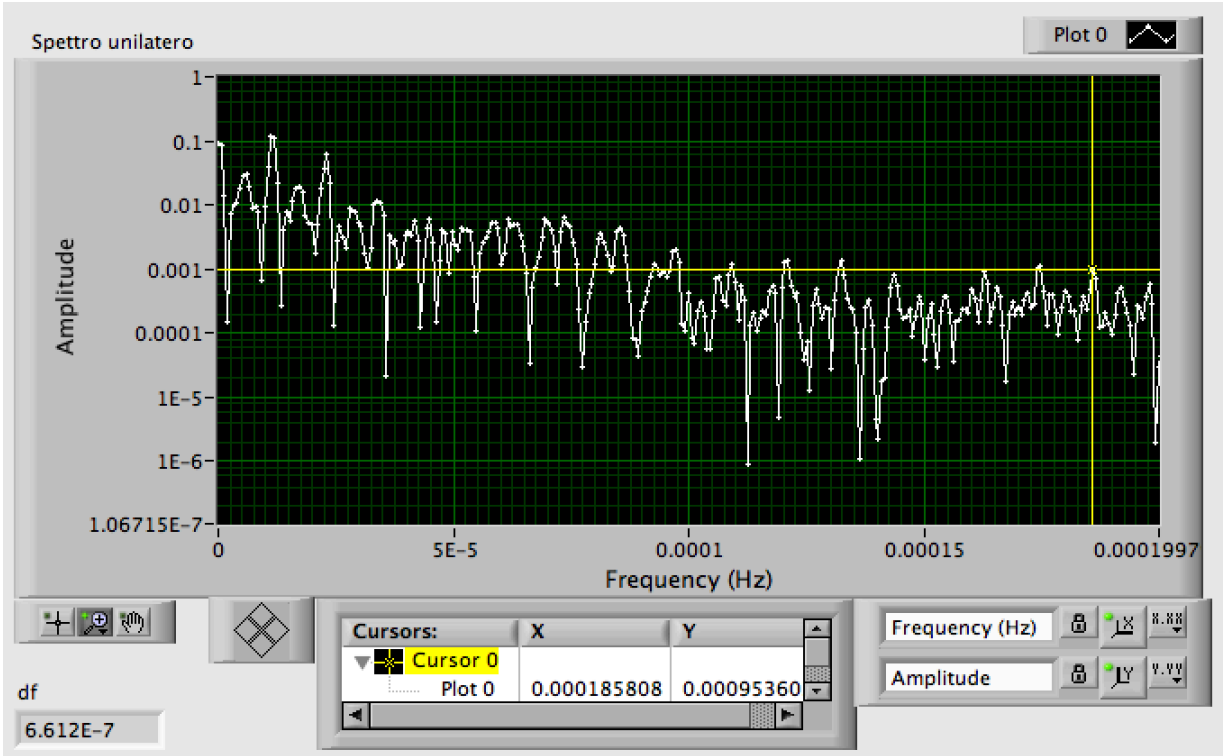
frequenza (Hz)	ampiezza
$2.24822 \cdot 10^{-5}$	$3.24108 \cdot 10^{-2}$
$2.31434 \cdot 10^{-5}$	$1.24521 \cdot 10^{-1}$
$2.38046 \cdot 10^{-5}$	$1.39859 \cdot 10^{-2}$



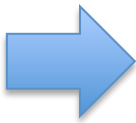
$$1.15361 \cdot 10^{-5} \text{ Hz} \pm 0.017 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$$

durata del giorno  $\approx 86700 \pm 1200$  s  
errore  $\approx 1.5 \%$

# 16a armonica, finestra di Hamming



frequenza (Hz)	ampiezza
$1.85147 \cdot 10^{-4}$	$4.69418 \cdot 10^{-4}$
$1.85808 \cdot 10^{-4}$	$9.53603 \cdot 10^{-4}$
$1.86470 \cdot 10^{-4}$	$7.01789 \cdot 10^{-4}$
$1.87131 \cdot 10^{-4}$	$1.21079 \cdot 10^{-4}$



$1.16218 \cdot 10^{-5} \text{ Hz} \pm 0.0034 \cdot 10^{-5} \text{ Hz}$   
 durata del giorno  $\approx 86045 \pm 260 \text{ s}$   
 errore  $\approx 0.3 \%$