

CALIBRAZIONE ARDUINO DUE

JACOPO MARTELOTTO, ERIK EJRNAES

10 Novembre 2023

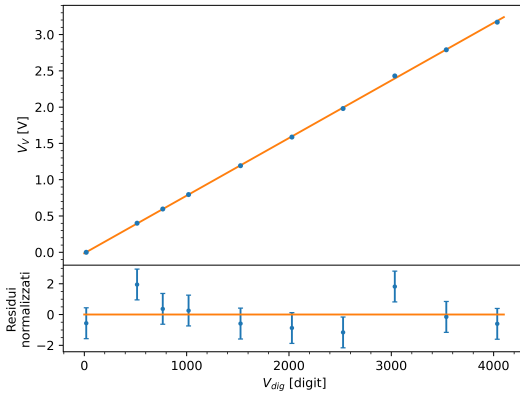
a) Abbiamo scelto di analizzare il nipotino `quo.txt`. Per ciascun metodo di calibrazione (calibrazione "alternativa", calibrazione "per punti" lineare, calibrazione "per punti" quadratica) riportiamo i risultati ottenuti:

- Calibrazione alternativa:
supponiamo valido il modello $V_V = \xi V_{dig}$, con V_V e V_{dig} d.d.p. in unità fisiche e in digit, rispettivamente, e ξ fattore di conversione.
Sulla porta 7 di Arduino leggiamo $V_{max} = (3.19 \pm 0.03)$ V, da cui otteniamo:

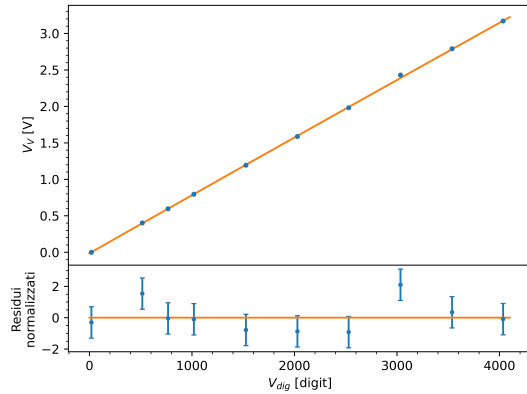
$$\xi = \frac{V_{max}}{4095} = (779 \pm 7) \mu\text{V}/\text{digit}$$

- Calibrazione per punti:
per ogni record abbiamo calcolato media e deviazione standard della V_{dig} . Usando questi valori e quelli della V_V , abbiamo eseguito un fit usando l'errore efficace e metodo `absolute_sigma = False` per la presenza di errori non statistici nella misura con il multimetro, ottenendo:

Lineare	Quadratica
$V_V = a + bV_{dig}$	$V_V = a' + b'V_{dig} + c'V_{dig}^2$
$a = (-13 \pm 5) \text{ mV}$	$a' = (-13 \pm 7) \text{ mV}$
$b = (793 \pm 3) \mu\text{V}/\text{digit}$	$b' = (0.79 \pm 0.01) \text{ mV}/\text{digit}$
norm. cov. = -0.75	$c' = (0.3 \pm 3) \text{ nV}/\text{digit}^2$
$\kappa^2/\text{ndof} = 3.9/8$	$\kappa^2/\text{ndof} = 3.9/7$



(a) Fit lineare



(b) Fit quadratico

Confrontando il valore di ξ , ottenuto dalla calibrazione alternativa, con il valore di b trovato per punti, notiamo che non sono compatibili. Ciò è dovuto alla scarsa accuratezza della calibrazione alternativa.

Si vede come il termine di secondo grado, parametro c' del fit, sia compatibile con lo zero e che inoltre il $\kappa_{rid}^2 = \kappa^2/\text{ndof}$ non cali dal fit lineare a quello quadratico. Concludiamo quindi che il modello lineare è più appropriato di quello quadratico.

- b) Abbiamo analizzato il record `quo279.txt`. Abbiamo costruito l'istogramma delle occorrenze dei valori di V_{dig} misurati e abbiamo effettuato un fit con una distribuzione gaussiana, ottenendo:

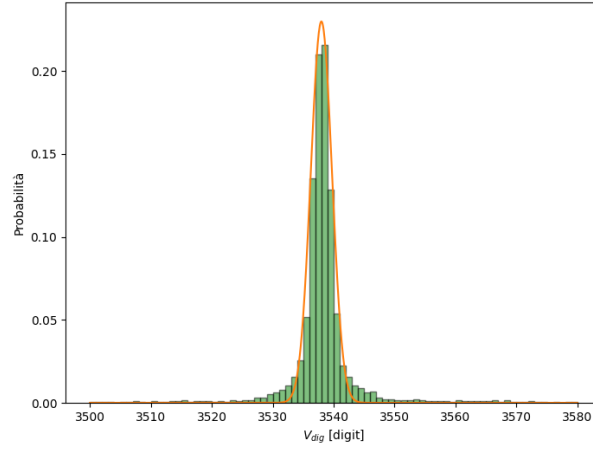
$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(V_{dig}-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\mu = (3.54 \pm 0.02) \text{ kdigit}$$

$$\sigma = (1.78 \pm 0.02) \text{ digit}$$

Dove p è la frequenza normalizzata.

Notiamo che il valore medio di V_{dig} è di 3540 digit, che confrontato con il valore di $\Delta V = (2.79 \pm 0.02) V$, risulta essere compatibile con il modello del punto a).



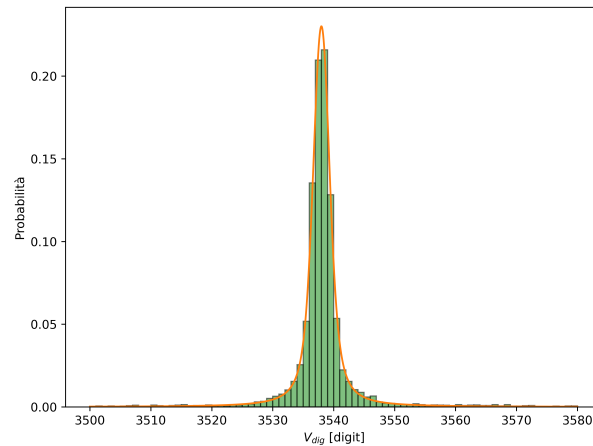
Notiamo che la gaussiana non approssima bene la distribuzione, soprattutto nelle code. D'altra parte non siamo stupiti di tale risultato: il sistema che andiamo a studiare è complesso e presenta delle sistematiche nascoste (ad esempio, la spaziatura dei livelli di digitalizzazione potrebbe non essere sempre uniforme) e inoltre potremmo notare accoppiamenti con segnali, magari di origine elettromagnetica, casuali e non (ad esempio, la frequenza di rete). Abbiamo inoltre provato a eseguire un fit con la distribuzione di Voigt $V(x; \sigma, \gamma)$, ottenendo:

$$p = V(V_{dig} - \mu; \sigma, \gamma)$$

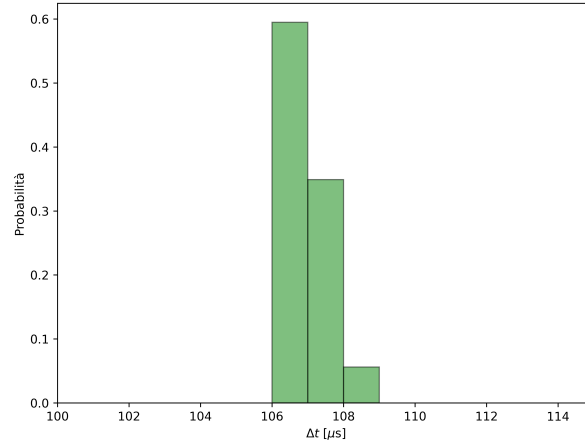
$$\mu = (3537.991 \pm 0.009) \text{ digit}$$

$$\sigma = (0.95 \pm 0.02) \text{ digit}$$

$$\gamma = (0.86 \pm 0.02) \text{ digit}$$



Abbiamo effettuato una simile analisi sugli intervalli di campionamento. L'intervallo fra due campionamenti successivi è dato da $\Delta t = \Delta t_{dig} + \Delta t_{nom}$, dove nel nostro caso $\Delta t_{nom} = 100 \mu s$. Graficando in un istogramma l'array delle differenze dei tempi di campionamento, notiamo che solo 3 bin sono popolati e pertanto non possiamo risalire alla distribuzione generatrice.

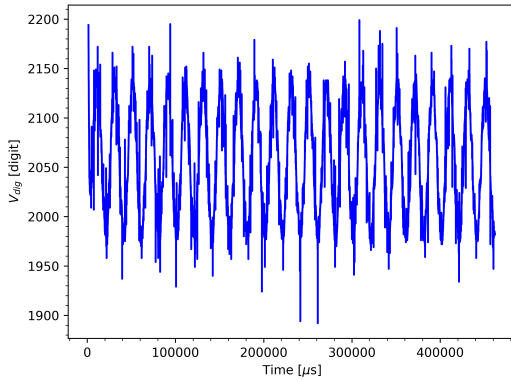


Possiamo comunque calcolare media e deviazione standard del record, che vale:

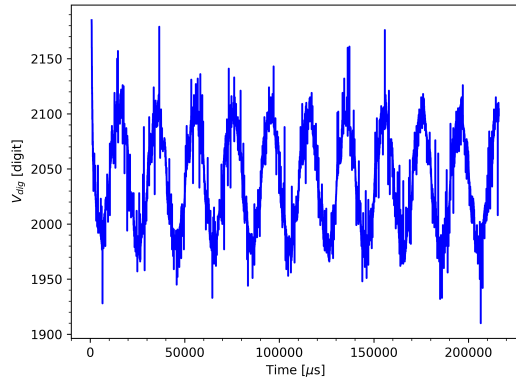
$$\Delta t = (106.5 \pm 0.6) \mu s$$

Tenendo conto del valore nominale, otteniamo una stima $\Delta t_{dig} = (6.5 \pm 0.6) \mu s$. Facciamo presente che l'errore associato è probabilmente sovrastimato, non essendo stati in grado di risalire alla distribuzione generatrice.

- c) Abbiamo analizzato i files `quinada.txt`, `quanada.txt`, ovvero i record acquisiti senza collegare nulla. Di seguito, riportiamo il plot dei dati:



(c) Plot dei dati da `quinada.txt`



(d) Plot dei dati da `quanada.txt`

Notiamo, in entrambi i casi, una modulazione, la cui frequenza è intimamente legata a quella della rete elettrica (circa 50 Hz). Ciò che effettivamente si sta osservando è il rumore proveniente da cavi o da altre possibili fonti. Il digitalizzatore registra questo rumore, che può sovrapporsi ad altro segnale.

Una misura eseguita con un multimetro non presenta tale problema perchè si media su un tempo sufficientemente lungo. Quando, invece, si fa un'analisi risolta nel tempo, con una sufficiente banda passante, si osserva la presenza di segnale spurio (come nel nostro caso).