TDE 22.07.19

Es1 la lunghezza L di un campo da calcio viene misurata con 2 metodi indipendenti.

1a) con un metro estensibile con incertezza strumentale di 5 cm $= u_q$ che è un'incertezza di categoria B
si hanno $n=8$ misure:

$L_{a,k} =$ 101.2 101.1 100.7 101.1 100.8 100.8 101.0 101.3

si calcoli L_a e la sua incertezza tipo

Calcoliamo L_a e la sua incertezza tipo attraverso la stima statistica

$$\boxed{\bar{L}_a = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} L_{a,k}} \underset{\uparrow}{=} \frac{1}{8}\sum_{k=1}^{8} L_{a,k} = 101.0$$

$n=8$

$$\boxed{u_A = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} \underset{\uparrow}{=} \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(L_{a,k}-\bar{L}_a)^2}} = \sqrt{\frac{1}{8\cdot 7}\sum_{k=1}^{8}(L_{a,k}-\bar{L}_a)^2} =$$

$$s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}(L_{a,k}-\bar{L}_a)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{56}\left[(101.2-101)^2 + (101.1-101)^2 + (100.7-101)^2 + (101.1-101)^2 + (100.8-101)^2 + (100.8-1\right.}$$

$$\overline{\left. + (101.0-101)^2 + (101.3-101)^2\right]} =$$

$= 0.076$

$u_B = u_q = 0.05$

L'incertezza composta da misure dirette si calcola come

$$\boxed{u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} =} \; 0.09 \text{ m}$$

Allora $L_a = (101.0 \pm 0.09)$ m

1b) Numero conteggi $N = 3377$ di un clock con $f_c = 5$ GHz e incertezza tipo 1 ppm
la luce che percorre avanti e indietro la lunghezza del campo
velocità della luce nel vuoto: $c = 299\,792\,458$ m/s e $n_a = 1.000\,01(1)$

Il periodo di clock è $T_c = \frac{1}{f_c} = 2\cdot10^{-10}$ s con un'incertezza relativa $u_r(T_c) = u_r(f_c) = 1\cdot10^{-6}$

la lunghezza del campo è

$$L_b = \frac{v\cdot T}{2} = \frac{c}{n}\cdot\frac{N\cdot T_c}{2} = 101.24 \text{ m}$$

le grandezze che occorrono per calcolare la lunghezza bisogna vedere se sono affette da incertezza

c → non ha incertezza

$N \rightarrow$ numero di conteggi, affetta da una incertezza di quantizzazione

$$u_q = \frac{1}{\sqrt{12}} = 0.29$$

$\uparrow$

distribuzione normale

$T_c \rightarrow u_r(T_c) = 10^{-6}$ ma poiché $u_r = \frac{u(T_c)}{T_c} \rightarrow u(T_c) = u_r(T_c) \cdot T_c = 2 \cdot 10^{-16}$

$n \rightarrow$ indice di rifrazione affetto da un'incertezza

$$u(n) = 0.000\,0001 = 1 \cdot 10^{-7}$$

Bisogna ora calcolare l'incertezza su L_B.
Poiché si ha una misura di tipo indiretto e la relazione funzionale di $L_b = \frac{c}{n} \frac{N T_c}{2}$ è una semplice produttoria allora si può ricavare $u_r(L_b)$ assumendo che le misure siano statisticamente indipendenti allora

$$\boxed{u_r(L_b) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} c_i^2 \, u_r^2(x_i)}}$$

ovvero

$$\boxed{u_r(L_b) = \sqrt{u_r^2(c) + u_r^2(N) + u_r^2(T_c) + u_r^2(n)}}$$

$u_r(c) = 0$

$u_r(N) = \frac{u(N)}{N} = \frac{0.29}{3377} = 8.59 \cdot 10^{-5}$

$u_r(T_c) = 10^{-6}$

$u_r(n) = \frac{u(n)}{n} = 9.99 \cdot 10^{-8}$

$u_r(L_b) = 8.59 \cdot 10^{-5}$

dunque

$$u(L_b) = u_r(L_b) \cdot L_b = 8.69 \cdot 10^{-3} \ m$$

allora $L_b = (101.24 \pm 0.0087)\ m$

1c) Si discuta la compatibilità tra le 2 misure disponibili L_a e L_b

$L_a = (101.000 \pm 0.091)\ m$

$L_b = (101.2389 \pm 0.0088)\ m$

Si avrà compatibilità tra le 2 misure indipendenti se la distanza tra i 2 valori di misura è inferiore alla radice quadrata della somma quadratica delle 2 incertezze, eventualmente estesa di un fattore k:

$$\boxed{|L_a - L_b| \leq k\sqrt{u^2(L_a) + u^2(L_b)}} \quad k = 1, 2, 3$$

dunque

$$|101.0000 - 101.2389| \leq k\sqrt{(0.091)^2 + (0.0088)^2}$$

$$0.2389 \leq k \cdot 0.09142 \longrightarrow k \geq 2.6132$$

Si ha compatibilità tra le 2 misure con $k = 3$

1d) Si ricavi la miglior stima della lunghezza L e la sua incertezza tipo

$$L = \frac{\frac{L_a}{u^2(L_a)} + \frac{L_b}{u^2(L_b)}}{\frac{1}{u^2(L_a)} + \frac{1}{u^2(L_b)}} \qquad u(L) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(L_a)} + \frac{1}{u^2(L_b)}}}$$

$$L = \frac{\frac{101}{8.281\cdot10^{-3}} + \frac{101.2389}{7.744\cdot10^{-5}}}{\frac{1}{8.281\cdot10^{-3}} + \frac{1}{7.744\cdot10^{-5}}} = 101.2367 \qquad u(L) = 8.759\cdot10^{-3}$$

$$L = (101.2367 \pm 0.00876)\ m$$

Es 2 Oscilloscopio digitale

2 canali ; 100 MHz di banda passante , campionatore a 1 Gsa/s

Si osservano i seguenti segnali:

$v_1 = (800\ mV)\sin[2\pi(10\ kHz)\cdot t]$ su CH 1

$v_2 = (1.5V)\sin[2\pi(10\ kHz)\cdot t]$ su CH2

A v_2 è sommato un disturbo sinusoidale di frequenza 100 kHz e con ampiezza di picco 0.2 V

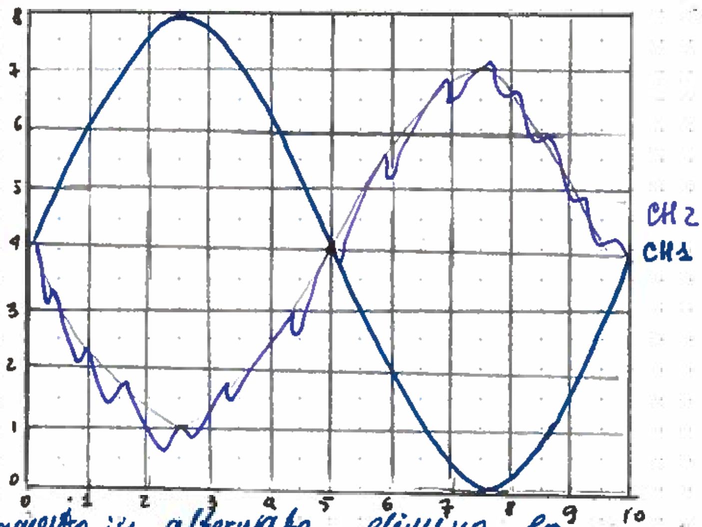
2a) Si scelgano tutte le impostazioni dello strumento per visualizzare circa un periodo dei 2 segnali

$V_1 = 0.8V \sin(2\pi f t)$ su CH_1

$V_2 = 1.5V \sin(2\pi f t)$ + disturbo di $V_{p_1} = 0.2\ V$

Affinchè i 2 segnali vengano visualizzati correttamente bisogna scegliere le impostazioni giuste.

Innanzitutto i 2 segnali sono isofrequenziali e sono entrambi sinusoidali dunque non si ha componente continua.



NB accoppiamento AC (alternated) → accoppiamento in alternata, elimina la componente continua del segnale di ingresso

accoppiamento DC (continua) → il segnale viene trasferito senza alterazioni

AC risulta utile quando si vuole misurare e apprezzare le misure di ripple o ondulazione, che non sarebbe apprezzabile se non venisse tolta la componente continua.

DC risulta utile per misurare segnali a bassa frequenza

- Sezione di amplificazione verticale

Poiché vogliamo osservare anche il rumore sommato a v_2 e poiché entrambi i segnali sono sinusoidali e non vi è una componente continua si può scegliere l'accoppiamento sia in AC che in DC

Procediamo ora con l'adattamento dei segnali su scala verticale

CH1: $v_1 = 0.8\,V \sin(2\pi f t)$ il valore di picco di v_1 è di $0.8\,V$

poiché abbiamo a disposizione 8 divisioni verticali allora

$$C_{y,1} = \frac{0.8\,V}{4} = 0.2\,V/div = 200\,mV/div$$

CH2: $v_2 = 1.5\,V \sin(2\pi f t)$ con disturbo di ampiezza efficace di $0.2\,V$

$$V_{d,p} = \sqrt{2}\,V_{d\,eff} = \sqrt{2} \cdot 0.2V = 0.28\,V$$

Allora abbiamo un segnale complessivo di ampiezza $1.5 + 0.28 \simeq 1.8\,V$

$$C_{y,2} = \frac{1.8}{4} = 0.45\,V/div = 450\,mV/div$$

NB la deflessione verticale può essere impostata manualmente mediante un commutatore che varia il coefficiente di deflessione verticale secondo passi tarati: 1/2/5

scegliamo dunque $C_{y,1} = 200\,mV/div$

$C_{y,2} = 500\,mV/div$

NB divisioni verticali $\boxed{C_{y,i} = \frac{\text{ampiezza di picco}}{4 \text{ divisioni}}}$

Poiché abbiamo nei dati pure la banda passante dell'oscilloscopio $B = 100\,MHz$ possiamo determinare il tempo di salita dell'oscilloscopio:

$$\boxed{t_{s,0} = \frac{k}{B} = \frac{0.35}{B}} = \frac{0.35}{100\,MHz} = 3.5 \cdot 10^{-9}\,s$$

NB tempo di salita = tempo necessario affinché il segnale visualizzato passi dal 10% al 90% dell'ampiezza del regime stazionario

Infine impostiamo il livello zero (vertical position) collocato a centro schermo.

- Sezione di amplificazione orizzontale

Innanzitutto bisogna scegliere la sorgente di sincronizzazione (Trigger)

NB • Interna → la sorgente di sincronizzazione è rappresentata dal segnale che si vuole visualizzare e che viene prelevato dalla sezione di condizionamento verticale

• esterna → un segnale diverso da quello che si vuole visualizzare applicato ad un ingresso ausiliario.

• rete → la sorgente è rappresentata da un segnale derivato da quello della rete di alimentazione
utile quando il segnale da visualizzare ha la stessa frequenza della rete (cioè 50 Hz)

Scegliamo la sorgente di sincronismo che è quella più comunemente utilizzata, ovvero quella interna impostata nel canale 1 poiché è il segnale più pulito dei 2.
La presenza di rumore nel secondo indurrebbe inevitabilmente a errori di trigger.

Calcoliamo ora i coefficienti di deflessione orizzontale

I 2 segnali sono isofrequenziali di frequenza $f = 10\,kHz$

Allora il periodo di ciascun segnale è $\boxed{T = \frac{1}{f}} = \frac{1}{10 \cdot 10^{+3}} = 1 \cdot 10^{-4}\,s = 100\,\mu s$

NB

10^{24}	yotta	10^{-1}	deci
10^{21}	zetta	10^{-2}	centi
10^{18}	exa	10^{-3}	milli
10^{15}	peta	10^{-6}	micro
10^{12}	tera	10^{-9}	nano
10^{9}	giga	10^{-12}	pico
10^{6}	mega	10^{-15}	femto
10^{3}	kilo	10^{-18}	atto
10^{2}	etto	10^{-21}	zepto
10^{1}	deca	10^{-24}	yocto

Abbiamo a disposizione 10 divisioni orizzontali poiché vogliamo visualizzare un periodo allora

$$C_{1x} = \boxed{C_{2x} = \frac{T}{10\,div}} = \frac{100\,\mu s}{10\,div} = 1 \cdot 10^{-5}\; s/div = 10\,\mu s/div$$

Poiché abbiamo un oscilloscopio digitale e dunque vi è disaccoppiamento tra l'acquisizione dei dati e la loro visualizzazione, le impostazioni finiscono qua

slope +

NB oscilloscopio analogico bisogna impostare ulteriori condizioni per visualizzare bene il segnale

Al livello del blocco del trigger si dovrebbe scegliere: • normale → l'operatore imposta un valore adeguato manualmente

se l'operatore non becca il valore adeguato non si ha generazione di impulsi di trigger e sullo schermo non viene visualizzata nessuna traccia

• automatica → si ha generazione automatica di impulsi di trigger
  • se non si ha sincronismo tra trigger e segnale l'inizio della traccia cambia di volta in volta
  • se non si ha un segnale di ingresso → si ha una linea orizzontale

• single → si ha l'emissione di un singolo impulso di trigger e si ottiene la foto del segnale

Per quanto riguarda la visualizzazione della traccia si deve scegliere tra:

alternated → durante le rampe ascendenti del segnale a dente di sega, di numero dispari viene inviato il segnale del canale A e durante le pari viene inviato il segnale del canale B alle placche di deflessione. grazie alle proprietà di fosforescenza dello schermo le 2 tracce appaiono istantaneamente entrambe

⚠ può essere usato se i 2 segnali sono isofrequenziali e i segnali devono essere molto veloci chopped → si da usare nel caso i 2 segnali non sono isofrequenziali (o uno frequenza multipla dell'altra) e nel caso di segnali lenti.

ad ogni rampa del segnale a dente di sega viene alternata la segnale di sincronismo, in questo modo si ottengono dei pezzi di traccia di densità elevata e le 2 tracce dei corrispondenti segnali appaiano continue.

NB durante una stessa rampa ad esempio arecedente vengono inviati in modo alternato su intervalli di tempo T_c molto più brevi della durata della rampa i segnali provenienti dai 2 canali.

2d) Intendiamo misurare i 2 segnali con una DAQ
si vogliono almeno 10 punti per periodo e risoluzione di 1 mV
descrivere le caratteristiche della DAQ

$v_1 = 0.8V \sin(2\pi f t)$ $f = 10\,kHz$

$v_2 = 1.5V \sin(2\pi f t)$ + disturbo di $V_{eff} = 0.2V$ a $100\,kHz$

Abbiamo 2 segnali da misurare dunque la scheda deve avere almeno 2 canali
la scheda deve riuscire a ricostruire anche il disturbo a $f_1 = 100\,kHz$
Poichè per campionare correttamente il segnale deve essere soddisfatta la condizione di Nyquist $\boxed{f_c \geq 2 f_{max}}$

dunque poichè tra $f = 10\,kHz$ e $f_1 = 100\,kHz$ la più grande è f_1
risulta $f_{max} = f_1 = 100\,kHz$ poichè inoltre vengono richiesti 10 p.ti per periodo si deve avere $f_{max} = f_1 \cdot 10 = 1000\,kHz = 1\,MHz$

e allora $f_c \geq 2\,MHz$ o meglio $f_c \geq 2\,Msa/s$

ci viene data la risoluzione richiesta di $\Delta V = 1\,mV$
Il numero di livelli del convertitore AD $\boxed{N = \frac{D}{\Delta}}$ ove D è la dinamica del segnale vincolante ovvero quello che ha la dinamica più grande di tutti
In questo caso la dinamica più ampia ce l'ha v_2 con $D = 3.6\,V$
dunque $N = \frac{3.6\,V}{1 \cdot 10^{-3}V} = 3.6 \cdot 10^3\,V = 3600$ livelli

$\boxed{2^n = N}$ → $\boxed{n = \log_2 N} = \log_2(3600) \cong 11.8$ cioè almeno 12 bit

Poiche le dinamiche tipiche di una DAQ sono $D = \pm 5V$ sarebbero necessari
$N = \frac{10\,V}{1\,mV} = 10000$ livelli e dunque $n = \log_2 10.000 = 14$ bit

Colleghiamo i segnali in single ended

Riepilogando, quando ci vengono chieste le caratteristiche minime di una DAQ bisogna precisare i seguenti punti:

- numero di canali → che deve avere la scheda DAQ in base a quanti segnali si vogliono misurare contemporaneamente.
- velocità di campionamento → si deve prendere la frequenza più alta del segnale dunque identificare f_{max} tra tutte disponibili e moltiplicarla per il numero di punti richiesti per periodo, successivamente si determina la frequenza di campionamento soddisfacendo il teorema di Nyquist:

$$f_c \geq 2 f_{max} \qquad f_c \left[\frac{Sa}{s}\right]$$

- risoluzione dell'ADC → guardare la risoluzione dimensionale richiesta, individuare la dinamica del segnale più ampio e determinare il # di livelli richiesto come

$$N = \frac{D}{\Delta}$$

successivamente il numero di bit richiesto $n = \log_2 N$

- connessione dei canali analogici:

single ended	differenziali
numero di canali disponibili K	numero di canali disponibili $\frac{K}{2}$
- tutti i canali sono riferiti ad una massa comune ANGD	- utile per eliminare disturbi - ogni canale ha la sua linea di riferimento differente dall'analog ground
⚠ da adottare nel caso di segnali ampi all'ordine del volt e devono essere necessariamente riferiti ad una massa comune	⚠ consente una reiezione al disturbo e ai rumori di modo comune superiore rispetto a single ended

NB se la scheda dispone di 10 canali e campiona a $1\,MSa/s$ allora ogni canale campiona a $\frac{1\,MSa/s}{10} = 100\,kSa/s$

2c) quanto deve essere estesa la memoria dell'oscilloscopio per visualizzare i segnali v_1 e v_2 con una risoluzione di fase $\Delta\varphi = 0.1°$?

Per una frequenza di 10 kHz e una $\Delta\varphi = 0.1°$ su un periodo di 360° si devono avere un numero di punti di $N_p = \frac{360°}{0.1°} = 3600$ per schermata per canale ogni punto occupa 8 bit dunque per entrambi i canali si deve avere una profondità di memoria di $M = 2\,N_p \cdot 1\,byte = 7200\,byte$

$\boxed{\text{Es 3}}$ Si ha un voltmetro a doppia rampa con risoluzione a $5\frac{1}{2}$ cifre e dinamica $\pm 19.9999\,V$, opera con un orologio interno alla frequenza di 20 MHz

3a) Il voltmetro ha un tempo di salita $T_u = 20\,ms$.
Calcolare la reiezione ai disturbi a $f_1 = 500\,Hz$ e $f_2 = 776\,Hz$, esprimendole in dB

Grazie al processo di integrazione, la reiezione in ampiezza ad un generico disturbo a frequenza f vale:

$$\boxed{r = \frac{\pi f T_u}{|\sin(\pi f T_u)|}}$$

$f_1 = 500\,Hz$
$$r_1 = \frac{\pi \cdot 500\,\frac{1}{s} \cdot 20 \cdot 10^{-3}\,s}{|\sin(3.14 \cdot 500\,\frac{1}{s} \cdot 20 \cdot 10^{-3}\,s)|} = \frac{10\pi}{0} \longrightarrow \infty$$

$f_2 = 776\,Hz$
$$r_2 = \frac{\pi \cdot 776\,\frac{1}{s} \cdot 20 \cdot 10^{-3}\,s}{|\sin(776 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot \pi)|} = \frac{48.75751798}{|\sin(11)|} = 48.85392$$

poiché si tratta di ampiezza, in dB sarà: $\boxed{20 \log_{10} 48{,}85392} = 34\,dB$

3b) Si calcoli:
a) la risoluzione di misura
b) il valore della tensione di riferimento V_r
c) il numero massimo di conteggi in discesa

a) poiché si hanno $5\frac{1}{2}$ cifre e $D = \pm 19.9999$, il peso della cifra meno significativa è $0.0001\,V$ dunque $\Delta V = 0.0001\,V = 0.1\,mV$ (risoluzione dimensionale)

$\delta = 5\frac{1}{2}$ $\qquad \Delta_{dim} = \dfrac{\text{peso della cifra più significativa}}{10^{(\text{parte intera di } \delta)}}$

$N = \dfrac{D}{\Delta} = \dfrac{40}{0.1 \cdot 10^{-3}} = 400.000$ conteggi

$N_D = \frac{1}{2} N = 200.000$ conteggi

$f_c = 20\,MHz \rightarrow T_c = \dfrac{1}{f_c} = 5 \cdot 10^{-8}\,s$

$T_u = 20 \cdot 10^{-3}\,s$ $\quad \boxed{T_u = N_u \cdot T_c} \rightarrow N_u = \dfrac{T_u}{T_c} = 400.000$ conteggi

poiché $\boxed{V_x = -V_r \dfrac{T_D}{T_u}} = -V_r \dfrac{N_D T_c}{N_u T_c} = -V_r \dfrac{N_D}{N_u} \longrightarrow$

$\longrightarrow V_r = -V_x \dfrac{N_u}{N_D} \simeq 40\,V$

sia $V_x = V_{max} = 19.9999$

3c) Qual'è la massima frequenza di conversione e con quanti bit di risoluzione può operare il voltmetro?

Calcoliamo il tempo di misura $\boxed{T_M = T_D + T_U} = 0.01 + 20 \cdot 10^{-3} = 0.03\,s$

la frequenza di misura è $\boxed{f_M = \frac{1}{T_M} =}$ 33.33 Sa/s

Il numero di bit di risoluzione è:

$$\boxed{n = \log_2 N_{max}} = 18.6 \simeq 19 \text{ bit}$$

3d) Se $V_x = 12.2222\,V$ quanto dura la rampa di discesa?

$\boxed{T_D = N_D \cdot T_c}$

determino N_D sapendo che $\boxed{V_x = -V_r \cdot \frac{N_D}{N_U}} \longrightarrow N_D \cdot V_r = -V_x N_U$

$$N_D = -\frac{V_x}{V_r} N_U$$

$N_D = 12.2222$ conteggi

$T_D = 6.1111 \cdot 10^{-3}\,s$

$V_0 = V_1 + AV_1 V_2 = V_1 (1 + AV_2)$

per misure correlate!

$$\boxed{u(V_0) = \left[\left(\frac{\partial V_0}{\partial V_1}\right)^2 \cdot u^2(V_1) + \left(\frac{\partial V_0}{\partial A}\right)^2 u^2(A) + \left(\frac{\partial V_0}{\partial V_2}\right)^2 u^2(V_2)\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \left[(1 + AV_2)^2 \cdot u^2(V_1) + (V_1 V_2)^2 \cdot u^2(A) + (AV_1)^2 u^2(V_2)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 35 \text{ mV}$$

$u(V_1) = 0.01 V$
$u(A) = 0,227$
$u(V_2) = 0.0166 V$

Incertezza estesa al 95% vuol dire $k=2$

dunque $\boxed{U(V_0) = k u(V_0)} = 2 \cdot u(V_0) = 0.07 V$

Es 2 Si ha un oscilloscopio analogico a 2 canali, banda 100 MHz si vogliono misurare:

V_1: tensione di rete (220 V eff)

V_2: tensione DC di un alimentatore con uscita a 18 V, si vuole rilevare il suo ripple sinusoidale a frequenza 100 Hz che ha un'ampiezza di picco di 6 mV

2a) Impostazioni?

Impostiamo V_1: tensione di rete ovvero $v_1(t) = [220 \sin(\omega f t)] V$ $f = 50 Hz$ su CH_1

V_2: ripple a 100 Hz con $V_p = 6 mV$ su CH_2

Poiché si vuole osservare il ripple di v_2 allora realizziamo accoppiamento in AC in modo da eliminare la componente continua per riuscire a valutare il ripple.

- sezione di amplificazione verticale

scegliamo come sorgente di sincronizzazione (trigger) il segnale su CH_1 quindi interna. In questo caso è indifferente se scegliere LINE o interna poiché è sempre la tensione di rete.

Calcoliamo i coefficienti di deflessione verticale:

poiché $V_{1p} = 220 \cdot \sqrt{2} = 311.13 V$ si ha una $V_{pp} = 622.26 V$

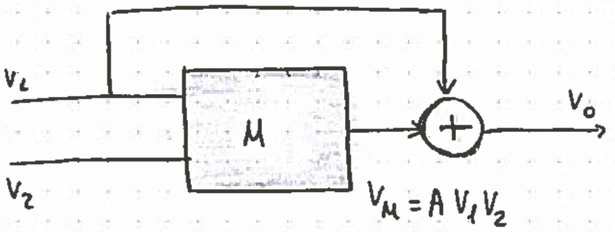
Allora $C_{y,1} = \frac{622.26}{8} = 77.78 \text{ V/div}$

$V_{2p} = 6 mV \longrightarrow C_{y,2} = 1.5 \text{ mV/div}$

Poiché i passi di amplificazione verticale sono fissi scelgo $C_{y,1} = 100 \text{ V/div}$
$C_{y,2} = 2 \text{ mV/div}$

TDE 02.07.14

Es1



si vuole caratterizzare il circuito elettronico.

si misura A e si ottengono i valori:

$A = [11.05 \quad 9.98 \quad 10.4 \quad 9.75 \quad 10.03]\ V^{-1}$

$n=5$

1a) Si ricavi A e la sua incertezza tipo → metodo statistico.

$$\overline{A} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} A_k = \frac{1}{5}\sum_{k=1}^{5} A_k = 10.242\ \frac{1}{V}$$

si ha un'incertezza di categoria A:

$$u_A(A) = \frac{s(A)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(A_k-\overline{A})^2} = \sqrt{\frac{1}{20}} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{5}(A_k-\overline{A})^2} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{20}} \cdot // = 0.227$$

100% — 100 Ω

5% — x

dunque $A = (10.242 \pm 0.227)\ \frac{1}{V}$

1b) V_1 : misurata con un voltmetro di incertezza $9 \cdot 10^{-3} + 10^{-3}$ /anno con valore impostato a 1 V

V_2 : $I = 1mA$ (inc. trasc.) su $R = 100\Omega$ con specifica di errore massimo 5% a 3σ

Calcolare V_M.

$V_M = A \cdot V_1 \cdot V_2$ $\qquad V_1 = 1V \qquad u_r(V_1) = 0.01$

$V_2 = RI = 0.1V \qquad u(V_2) = u(R) = 5\Omega$ a 3σ

dunque $u_r(V_2) = \frac{0.05}{3} = 0.166$

$V_M = 1.0242$

Poiché le misurazioni sono statisticamente indipendenti e sono indirette, guardando la relazione funzionale ne viene che

$$u_r(V_M) = \sqrt{u_r^2(A) + u_r^2(V_1) + u_r^2(V_2)} = 0.029$$

$$u_r(A) = \frac{u(A)}{A} = 0.02216$$

$u_r(V_2) = 0.0166$ $\qquad u(V_M) = u_r(V_M) \cdot V_M = 0.03$

$u_r(V_1) = 0.01$ $\qquad$ allora $V_M = (1.0242 \pm 0.03)\ V$

1c) Si calcoli V_o con fattore di copertura 95.5%

$V_o = V_1 + V_M = 2.0242$

$= V_1 + A V_1 V_2$ $\qquad$ dalla relazione funzionale, poiché le misure sono statisticamente dipendenti si ha

• sezione di amplificazione orizzontale

trigger → su CH_1, slope +

coeff. di deflessione orizzontale.

$f_1 = 50Hz$
$f_2 = 100 Hz$ sono isofrequenziali per visualizzare un periodo intero dei 2 segnali

$T_1 = 0.02 s$ $C_{1,x} = \frac{T_1}{10} = 2 \cdot 10^{-3}$

$T_2 = 0.01 s$ $C_{2,x} = \frac{T_2}{10} = 1 \cdot 10^{-3}$ scelgo $c_x = 2 \cdot 10^{-3} = 2 \frac{ms}{div}$

verranno visualizzati 2 periodi del segnale 2.

*suppongo vertical position al centro dello schermo.

*il livello del blocco del trigger automatico.

• scelgo di visualizzare i segnali in modalità chopped poichè entrambi molto lenti.

$C_{y_1} = 100V/div$

$C_{y,2} = 2mV/div$

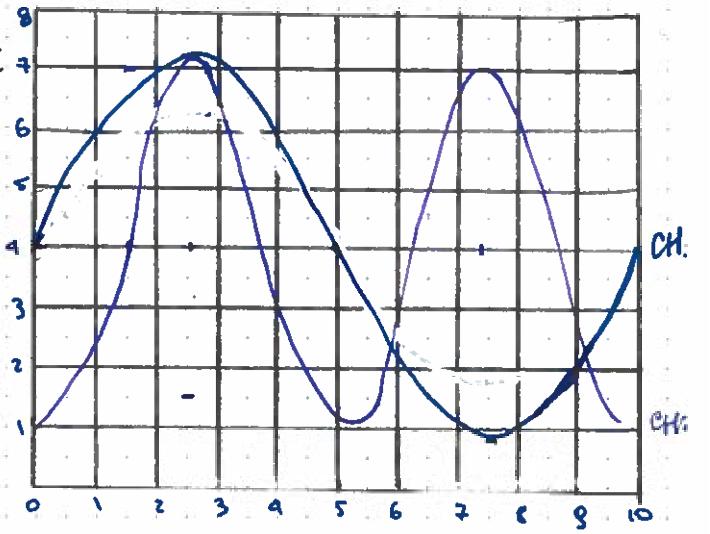
$c_{x1} = 2ms$

$c_{x2} = 1ms$

$v_1(t) = 220\sqrt{2}\sin(2\pi f_1 t)$ $f_1 = 50Hz$

$V_p = 311 V$

$V_{2p} = 6mV$



2d) supponendo di non poter più acquisire V_1 come conviene impostare il trigger?
Allora V_2 è accoppiato in AC e il trigger va impostato su LINE poichè è la tensione di rete ed è un segnale molto stabile.

ES8 Analizzatore di spettro a eterodina

Si vogliono osservare i seguenti segnali: $v_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1)$ $A_1 = 100\mu V$, $f_1 = 101 MHz$, $\varphi_1 = 45°$

v_2: rumore elettronico bianco con densità spettrale di $10^{-16} \frac{W}{Hz}$

v_3: sinusoide a $f_3 = 119 MHz$ con $A_{3eff} = 1mV$

$R_{in} = 50\Omega$ con una figura di rumore $NF = 24 dB$ e opera con una RBW = 300k

3a) Si calcolino tutti i livelli di potenza considerati esprimendoli in dBm

Dall'elettrotecnica sappiamo che $\boxed{P = RI^2 = R \cdot \left(\frac{V}{R}\right)^2 = \frac{V^2}{R}}$ $V = RI$

è la potenza media, dunque se ne prende il valore efficace

$v_1 = 100 \cdot 10^{-6} \sin(2\pi f_1 t)$

$v_p = 100 \cdot 10^{-6}$

$v_{eff} = \frac{v_p}{\sqrt{2}}$

dunque

$$P_1 = \frac{\left(\frac{A_1}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_{in}} = \frac{(A_1)^2}{2R_{in}} = 1 \cdot 10^{-10} W \rightarrow P_{dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_1}{1mW}\right) = -70 dBm$$

2) Si ha una densità spettrale di rumore bianco

NB rumore bianco → particolare tipo di rumore caratterizzato da assenza di periodicità nel tempo e da ampiezza costante su tutto lo spettro di frequenza

$$\boxed{P_N = p_N \cdot RBW} = 3 \cdot 10^{-11}\ W \qquad P_{N\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_N}{1mW}\right) = -75\ dBm$$

p_N è la densità spettrale

3) $A_{3(eff)} = 1\ mV$

$$P_3 = \frac{(A_3)^2}{R_{in}} = 2 \cdot 10^{-8}\ W \qquad P_{3\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_3}{1mW}\right) = -46.989 = -47\ dBm$$

Si ha inoltre un rumore termico:

$$\boxed{P_T = p_T \cdot RBW \cdot NF = -174\ dBm/Hz + 55\ dB/Hz + 24\ dB = -95\ dBm}$$

dunque il fondo di rumore visualizzato sullo schermo è:

$$\boxed{P_F = P_N + P_T} \simeq -75\ dBm = P_N$$

poiché P_T è decisamente inferiore a P_N

$p_T = 4 \cdot 10^{-21}\ \frac{W}{Hz} = -174\ \frac{dBm}{Hz}$

3b) Si scelgano le impostazioni dello strumento per visualizzare il segnale

Cenni teorici

Quando ci vengono chieste le impostazioni dell'AS a eterodina, vanno determinate:

f_{start} → la frequenza minima da osservare

f_{stop} → frequenza massima da osservare

Esse determinano la frequency span $\Delta f = f_{STOP} - f_{START}$

la durata di un'intera scansione in frequenza, detta sweep time è determinabile come:

$$\boxed{ST = \frac{\Delta f}{\text{sweep speed}}}$$

RBW → resolution bandwidth è la risoluzione spettrale che rappresenta la capacità di risolvere segnali con frequenze molto vicine fra loro.

$$ST \geq \frac{\Delta f}{(RBW)^2} \qquad RL = \text{reference level}$$

Abbiamo v_1 a $f_1 = 101\ MHz$

v_2 è un rumore termico $\qquad RBW = 300\ kHz$

v_3 a $f_3 = 119\ MHz$

Poiché vogliamo essere cauti scegliamo $f_{start} = 100\ MHz$

$f_{STOP} = 120\ MHz$

$\Delta f = 20\ MHz$

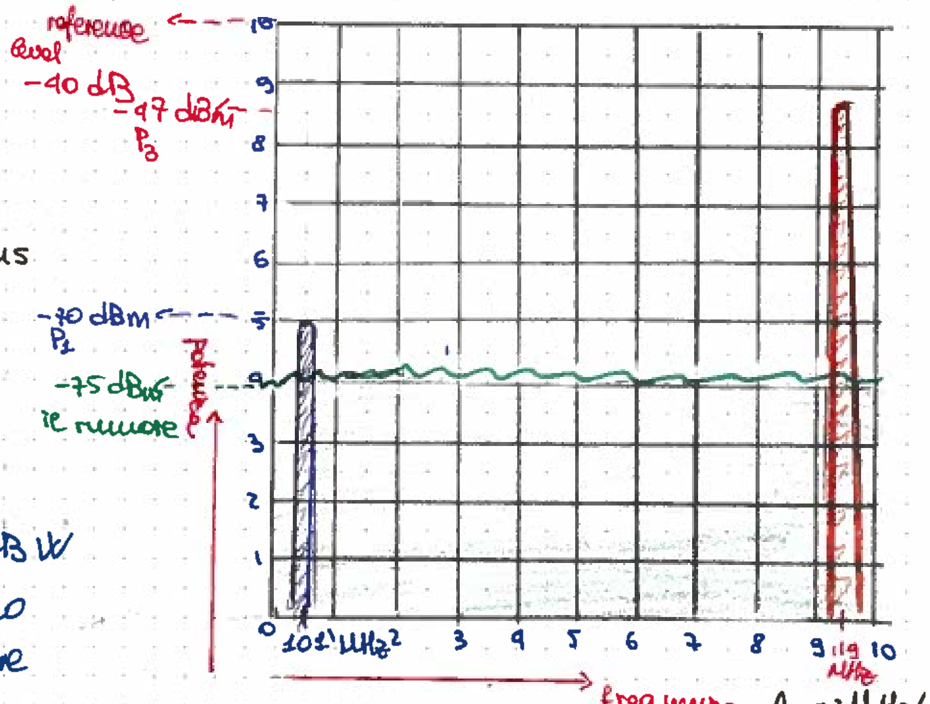
Abbiamo 10 div orizzontali, dunque $A_x = \frac{\Delta f}{10} = 2\ MHz/div$

le potenze rispettivamente in dBm dei segnali è : $P_1 = -70\,dBm$ $f_1 = 101\,MHz$

$P_N = -75\,dBm$

con fondo di rumore $P_F = -75\,dBm$ $P_3 = -47\,dBm$ $f_3 = 119\,MHz$

scegliamo $A_y = 6\,dB/div$ in questo modo il rumore sta sullo zero dell'AS



$f_{start} = 100\,MHz$

$f_{stop} = 120\,MHz$

3d) Calcolare il tempo che occorre per una misura mediata su 10 tracce

$$ST = \frac{3\,SPAN}{(RBW)^2} = 6.7 \cdot 10^{-4}\,s = 0.67\,ms$$

$$T_{mis} = 10 \cdot ST = 6.7\,m/s$$

3e) Si imposti una diversa RBW in modo da ottenere su schermo 20 dB di rapporto segnale rumore

Inizialmente il rapporto segnale rumore è

$$\underbrace{-70\,dB_m}_{segnale} - \underbrace{(-75\,dB_m)}_{rumore} = 5\,dBm$$

dunque, visto che vogliamo un rapporto di 20 dB bisogna diminuire la potenza del rumore di 15 dB

dunque $RBW_1 =$

- dB_x, dB_m, dB_W, dB_k
- $P_{dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{1\,mW}\right)$
- $P_{dBW} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{1\,W}\right)$
- $P_{dBk} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{1\,kW}\right)$
- $P_{dBc} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{P_c}\right)$ carrier
- $R_{NP} = \ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$

POLIMI
SINCE 1863

- Potenze dei segnali in AS
- $P_{segnale} = \frac{(A_{eff})^2}{R_{in}}$ $v = A \sin(2\pi f t)$ $v_p = A$ $v_{eff} = \frac{A}{\sqrt{2}}$
- $P_{Noise} = P_N \cdot RBW$
- $P_{rumore\ termico} = P_T \cdot RBW \cdot NF = -174\,dBm/Hz + RBW_{dB} + NF_{dB}$
- $P_{FONDO} = P_N + P_T$

POLIMI
SINCE 1863

TDE 07.05.14

Es1) V_{out} è proporzionale alla pressione P: $P = k V_{out}(1+\alpha T)$ T è la temperatura

$k = 10^6 \frac{Pa}{V}$ con incertezza estesa per una probabilità al 95%

$\alpha = 10^{-2} \frac{1}{°C}$ incertezza trascurabile

T → in gradi centigradi

Incertezza estesa

$U(x) = k\, u(x)$

k=1	68.3%	1σ
k=2	95%	2σ
k=3	99.7%	3σ

k → fattore di copertura

1a) $V_{out} = [\ 212 \quad 202 \quad 210 \quad 199 \quad 203\ ]$ mV

Si ricavi V_{out} e la sua incertezza tipo

n=5

$$\bar{V}_{out} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} V_{out,k} = \frac{1}{5}\sum_{k=1}^{5} V_{out,k} = 205.2 \text{ mV}$$

$$u(V_{out}) = \frac{s(\bar{V}_{out})}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(V_{out,k} - \bar{V}_{out})^2} =$$

$$= 2.478 \text{ mV}$$

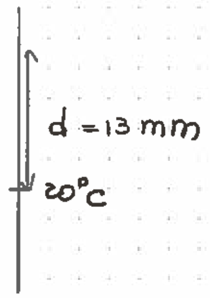
dunque

$$V_{out} = (205.2 \pm 2.478) \text{ mV}$$

1b) $c = 10$ mm/°C $\quad u(c) = 0.2$°C

d=13mm

inizialmente tarato su 20°C



$$\Delta T = \frac{d}{c} = \frac{13 \text{ mm}}{10 \frac{\text{mm}}{°C}} = 1.3°C$$

dunque la nuova temperatura è 21.3°C e allora $T = T_0 + \frac{d}{c}$

$u(T_0) = 0.2$°C

$$u(d) = \frac{\Delta d}{\sqrt{12}} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\sqrt{12}} = 0.29 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0.29 \text{ mm}$$

poiché la relazione funzionale le misure sono scorrelate

$$u(T) = \left[\left(\frac{\partial T}{\partial T_0}\right)^2 u^2(T_0) + \left[\frac{\partial T}{\partial d}\right]^2 u^2(d)\right]^{\frac{1}{2}} = \left[1 \cdot u^2(T_0) + \left(\frac{1}{c}\right)^2 u^2(d)\right]^{1/2} =$$

$$= \sqrt{0.04 + 8.41 \cdot 10^{-4}} = 0.202$$

dunque $\quad T = (21.3 \pm 0.20)$°C

1c) Calcolare il valore della pressione e la sua incertezza tipo

$P = k V_{out}(1 + \alpha T)$

$k = 10^6 \frac{Pa}{V} \quad U(k) = 10^{-3} = k\, u(k) \quad k=2 \to u(k) = 0.5 \cdot 10^{-3}$

$V_{out} = (205.2 \pm 2.478)$ mV

$\alpha = 10^{-2} \frac{1}{°C}$ inc. trasc.

$T = (21.3 \pm 0.20)$°C

$P = 248\,907.6$ Pa

Calcoliamo l'incertezza su P

$$u(P) = \left[\left(\frac{\partial P}{\partial k}\right)^2 u^2(k) + \left(\frac{\partial P}{\partial V_{out}}\right)^2 \cdot u^2(V_{out}) + \left(\frac{\partial P}{\partial \alpha}\right)^2 u^2(\alpha) + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)^2 \cdot u^2(T)\right]^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left[(V_{out})^2 u^2(k) + (k + k\alpha T)^2 u^2(V_{out}) + \cancel{(k V_{out} T)^2} u^2(\alpha) + (k V_{out} \alpha)^2 u^2(T)\right]^{1/2} \quad \to 0$$

$P = k V_{out} + k V_{out} \alpha T$

$$= \left[1.052696 \cdot 10^{-8} + 9039917.803 + 16842 8.16\right]^{1/2} = 3033 \text{ Pa}$$

dunque $P = (248907.6 \pm 3033)$ Pa, [illegible] Pa

1d) lo pneumatico → 2.4 atm stimate con errore del 5% $\boxed{NB}$ 1 atm = 101325 Pa

Pressione di gonfiaggio? stabilire se le misure sono compatibili

$P = 2.4 \cdot 101325 = 243180$ Pa

$u(P) = 0.05 \cdot 243180 = 12159$ Pa

Compatibilità tra misure

$$|P_1 - P_2| \leq k\sqrt{u^2(P_1) + u^2(P_2)}$$

$5727 \leq k \cdot 12531.57 \rightarrow k \geq 0.45$ dovrebbe essere $k \geq 1.15$

dunque compatibili con $k = 2$

Es1 $R = 10\,cm \pm 0.2\,mm$ è in moto con velocità v lungo una pista rettilinea sulla quale sono tracciate 2 linee ortogonali alla pista poste a distanza D. Il tempo di attraversamento del tratto tra le 2 linee viene misurato con un cronografo digitale.

$N_c = 400$

$f_c = 100\,kHz \pm 0.1\,Hz$

$D = 20\,cm$ incertezza estesa di $k=2$ $0.2\,mm$.

1a) v-?

$$v = \frac{D}{t} \qquad t = T_c \cdot N_c = \frac{N_c}{f_c} = 4 \cdot 10^{-3}\,s$$

$$D = 0.2\,m \longrightarrow v = 50\,m/s$$

$$U(D) = k\,u(D) = 0.2 \cdot 10^{-3} \rightarrow u(D) = \frac{0.2 \cdot 10^{-3}}{2} = 0.1 \cdot 10^{-3}\,m$$

$$u_r(D) = \frac{u(D)}{D} = 0.5 \cdot 10^{-3}$$

$$u(T) = 0.1\,s \qquad u_r(T) = \frac{u(T)}{T} = n \cdot 10^{-6}$$

$$u(N_c) = \frac{1}{\sqrt{12}} = 0.288 \longrightarrow u_r(N_c) = 7.217 \cdot 10^{-4}$$

$$v = \frac{D}{t} = \frac{D}{T_c \cdot N_c} = \frac{D\,f_c}{N_c}$$

$$u_r(v) = \sqrt{u_r^2(D) + u_r^2(T) + u_r^2(N_c)} = 8.78 \cdot 10^{-4}$$

$$u(v) = u_r(v) \cdot v = 0.044\,m/s$$

$$v = (50 \pm 0.044)\,\frac{m}{s}$$

1b) $\rho = 7.870(11)\,\frac{kg}{dm^3}$ determinare la massa M_c (calcolata) della palla esprimendo l'incertezza al 95%

$$M_c = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = 32.97\,kg$$

$$V_{sfera} = \frac{4}{3}\pi R^3 \qquad R = 10\,cm = 1\,dm$$

$$u(\rho) = 0.00011 = 1.1 \cdot 10^{-4}\,\frac{kg}{dm^3}$$

$$u_r(\rho) = \frac{u(\rho)}{\rho} = 1.3977 \cdot 10^{-5}$$

$$u(R) = 0.2 \cdot 10^{-3}\,m$$

$$u_r(R) = \frac{u(R)}{R} = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{u_r(M_c) = \sqrt{u_r^2(\rho) + 9u_r^2(R)}}$$

$$= 6{,}00 \cdot 10^{-4}$$

$$u(M_c) = u_r(M_c) \cdot M_c = 0.0198\,kg \qquad M_c = (32.97 \pm 0.0198)\,kg$$

1c) E_c - ?

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = 41212.5\,J$$

$$u_r(E_c) = \sqrt{u_r^2(m) + u_r^2(v)} = 1.063 \cdot 10^{-3}$$

$$u(E_c) = 43.827\,J \qquad E_c = [41212.5 \pm 43.827]\,J$$

1d) $M_B = 32.5$ kg $\quad \Delta M_B = 200$ g

$M_{D,i} = [32.6 \quad 32.8 \quad 33.2 \quad 32.8 \quad 33.1]$ kg

si ricavino M_B e M_D e discutere la compatibilità tra le 3 misure

M_B si ha una bilancia digitale

$$u_q = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{12}} = 0.0577$$

dunque $M_B = [32.5 \pm 6.154 \cdot 10^{-3}]$ kg

$$\overline{M_D} = \frac{1}{5}\sum_{k=1}^{5} M_{D,i} = 32.9 \qquad u(M_D) = \sqrt{\frac{1}{20}\sum_{k=1}^{5}(M_{D,k} - \overline{M_D})^2} = 0.1095 = 0.11$$

$$\boxed{\begin{aligned} M_B &= [32.5 \pm 0.0577]\text{ kg} \\ M_D &= (32.9 \pm 0.11)\text{ kg} \\ M_c &= [32.97 \pm 0.0198]\text{ kg} \end{aligned}}$$

Compatibilità tra misure $\quad |M_x - M_y| \le k\sqrt{u^2(M_x) + u^2(M_y)}$

C − B $\quad |M_c - M_B| \le k\sqrt{u^2(M_c) + u^2(M_B)} \rightarrow 0.47 \le k \cdot 0.061 \rightarrow k \geq 7.7$ ✗

C − D $\quad |M_c - M_D| \le k\sqrt{u^2(M_c) + u^2(M_D)} \quad 0.07 \le k \; 0.11176 \quad k \geq 0.626$ ✓ $k = 1$

B − D $\quad |M_B - M_D| \le k\sqrt{u^2(M_B) + u^2(M_D)} \quad 0.4 \le k \cdot 0.1242 \quad k \geq 3.22$ ✗

sono dunque compatibili M_c e M_D

1e) Si ricavi la miglior stima

$$\boxed{M = \frac{\frac{M_c}{u^2(M_c)} + \frac{M_D}{u^2(M_D)}}{\frac{1}{u^2(M_c)} + \frac{1}{u^2(M_D)}} \qquad u(M_c) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(M_c)} + \frac{1}{u^2(M_D)}}}}$$

$$M = \frac{86817.5696}{2633.404755} = 32.97 \text{ kg}$$

$$u = 0.0195$$

$M = (32.97 \pm 0.0195)$ kg

Es2 Si ha una DAQ e si vogliano acquisire i seguenti segnali:

S_1 : tensione di rete attenuata di 66 dB

S_2: temperatura di un forno da cucina in un range di 100 - 250°C con un sensore termocoppia $\left(k_{T-V} = \frac{100\mu V}{K}\right)$ e riferita a $T_0 = 20°C$

$V_2 = k_{T-V} \cdot (T - T_0)$

S_3: segnale audio banda massima 15 kHz con ampiezza p-p ±5 V

da vedere impiega un ADC con 14 bit e $D = \pm 10V$

Amplificatore in ingresso offre i seguenti guadagni: G_i (dB) = 0; 6; 20; 40;

1a) Calcolare la velocità di campionamento minima richiesta;

S_1: $V = \sqrt{2}\,220 \sin(2\pi f_1 t)$ $\quad V_{1eff} = 220V$ $\quad V_{1p.p} = \sqrt{2}\,220 =$ ampiezza $= 311\ V$

$$V_{1eff}(dB) = 20 \log_{10}\left(\frac{V_{1eff}}{1mV}\right) = 107\ dB_m$$

$V_{1eff} = 107\,dB_m - 60\,dB = 47\ dB_m$ di ampiezza $\quad f = 50\ Hz$

$$20 \log_{10}\left(\frac{V_{1eff}}{1mV}\right) = 47\,dBm \longrightarrow \log_{10}\left(\frac{V_{1eff}}{1mV}\right) = \frac{47}{20}\log_{10} 10$$

$$\frac{V_{1eff}}{1mV} = 10^{\frac{47}{20}} \longrightarrow V_{1eff} = 0.2238 \longrightarrow V_{pp} = 0.3166\ V$$

S_2: termocoppia

S_3: $V_{pp} = \pm 5\,V$ $\quad f_3 = 15\,kHz$

$f_c \geq 2 f_{max}$ $\qquad f_c \geq 30000\ Sa/s$

$$f_c = 3 \cdot f_c = 90.000\ Sa/s = 90\ \frac{kSa}{s}$$

1b) guadagni ottimali?

S_1: $\quad G_1 = \frac{D_{ADC}}{D_1} = 63 \longrightarrow 40$

S_2: —

S_3: $\quad G = 1$ poiché il guadagno è $G_3 = 1$ ma non c'è tra le scelte

Risoluzioni dimensionali e adimensionali

$$\boxed{\Delta V_1 = \frac{D_{ADC}/G_1}{2^n}} = 3.0518 \cdot 10^{-5} V$$

adimensionali

$$\boxed{\delta = \frac{1}{N} = \frac{1}{2^n}} = 6.104 \cdot 10^{-5}$$

$\Delta V_3 = 1.22 \cdot 10^{-3}\ V$

ES3 Oscilloscopio digitale

2 canali, banda a 40 MHz si vogliono osservare:

V_1: $v_1 = [20 + 0.3\sin(2\pi\cdot 2\cdot 10^6 t)]\,V$ $\quad f_1 = 2\cdot 10^6$ Hz

V_2: $v_2 =$ onda quadra TTL $(0;5)\,V$ a $f_2 = 4$ MHz

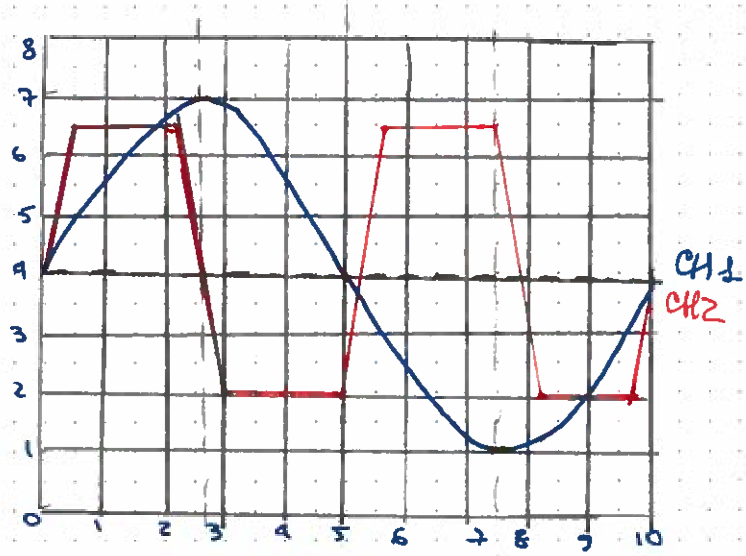
3a) Scegliere le impostazioni

• sezione di deflessione verticale

CH1: v_1 accoppiamento in AC poiché vogliamo tagliare la componente continua

CH2: v_2 accoppiamento in DC

vertical position: a centro schermo



coefficienti di deflessione verticale

v_1: ampiezza picco-picco 0.6 V

v_2: ampiezza picco-picco 5 V

per valutare v_1 bene lo amplifichiamo con un guadagno 10x

dunque v_1 avrà una $V_{1\,p-p} = 6V$

$c_{y,1} = \frac{6V}{8} = 0{,}75\ V/div$ $\longrightarrow$ scegliamo 1 V/div

$c_{y,2} = \frac{5}{8} = 0.625\ V/div$

• sezione di deflessione orizzontale

la sorgente di sincronismo (trigger) la imposto su CH1 con slope +

coeff. di deflessione orizzontale $\quad f_1 = 2\cdot 10^6$ Hz $\quad T_1 = \frac{1}{2\cdot 10^6} = 0.5\,\mu s$

$f_2 = 4\cdot 10^6$ Hz $\quad T_2 = 0.25\,\mu s$

i 2 segnali sono isofrequenziali

$c_{x,1} = \frac{0.5\,\mu s}{10} = 0.05\,\mu s/div$ $\quad$ scelgo $c_x = 0.05\,\mu s/div$

$c_{x,2} = \frac{0.25\,\mu s}{10} = 0.025\,\mu s/div$ $\quad$ e si vedranno 2 periodi della TTL

3b) $t_s = 1\,ns$

$t_{rise\,mis}$ - ?

$\boxed{t_{mis} = \sqrt{t_{osc}^2 + t_s^2}} = 8.8\cdot 10^{-9}$ $\quad t_{osc} = \frac{0.35}{B} = 8.75\cdot 10^{-9}$

$t_s = 1\cdot 10^{-9}$

Es4 AS a eterodina

Spettro del segnale: sinusoide a 1 MHz e $V_{PP} = 40\mu V$ +

sinusoide a 1.1 MH e $V_{eff} = 700\mu V$

riferite entrambe su $R_{in} = 50\,\Omega$

L'AS opera con una NF = 20 dB

4a) Potenze in dB_m

$$P_1 = \frac{V_{eff}^2}{R_{in}} = \frac{(14.1421 \cdot 10^{-6})^2}{50} = 4 \cdot 10^{-12}\ W \qquad P_{1\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_1}{1mW}\right) = -84\ dBm$$

$$V_{p} = 20\mu V \Rightarrow V_{eff} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

$$P_2 = \frac{V_{eff}^2}{R_{in}} = 9.8 \cdot 10^{-9} \qquad P_{2\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_2}{10^{-3}W}\right) = -50\ dBm$$

4b) Scegliere le impostazioni per visualizzare il segnale da 900 kHz a 1.2 MHz considerando di visualizzare una schermata al secondo

Reference level −40 dB

$f_{start} = 0.9\ MHz \qquad f_{STOP} = 1.1\ MHz \qquad \Delta f = 0.2\ MHz$

scelgo $f_{start} = 0.8\ MHz$ e $f_{STOP} = 1.2\ MHz$ con $\Delta f = 0.4\ MHz = SPAN$

lo sweep time ci viene dato ed è di 1 s

$$\boxed{ST = \frac{3\ SPAN}{(RBW)^2}} \longrightarrow RBW = \sqrt{\frac{3\ SPAN}{ST}} = 1095.445\ Hz$$

scelgo RBW = 1 kHz

4c) Si rappresenti sullo schermo

RF = −40 dB

$$P_{FLOOR} = P_T \cdot NF \cdot RBW = P_{T\,dB} + NF_{dB} + RBW_{dB}$$

$$= -174\ dBm/Hz + 20dB + 60\ dBm/Hz = -94\ dBm$$

$A_y = 10\ dB/div$

$$A_x = \frac{\Delta f}{10} = \frac{SPAN}{10} = 0.04\ MHz/div$$