TDE 01.07.15

E31 $h = 1\,cm$ $\quad u_r(h) = 10^{-3}$

1a) $d_{a,i} = 8.05 \quad 8.45 \quad 8.52 \quad 7.98 \quad 7.94 \quad 7.90 \quad 7.81 \quad 7.35$ [mm] $n=8$

$\Delta d = \frac{1}{100}$ mm

$$\bar{d}_a = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} d_{a,i} = 8\,mm$$

$$u(d_a) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(d_{a,k} - \bar{d}_a)^2} = 0.16457 \quad mm$$

$$u_q(d_a) = \frac{\Delta d}{\sqrt{8}} = 3.535 \cdot 10^{-3}$$

$$u_e = \sqrt{u^2(d_a) + u_q^2(d_a)} = 0.1646 \quad mm$$

$$d_a = (8 \pm 0.1646)\,mm$$

1b) $5.0 \le d_b \le 10.0$ mm $\quad \Delta d_b = 200\,\mu m = 0.2\,mm$

$d_{b,low} = 7.8\,mm$ ✓

$d_{b\,high} = 8.0\,mm$ ⊗

$$\bar{d}_b = \frac{7.8 + 8.0}{2} = 7.9\,mm$$

$$u_q(d_b) = \frac{\Delta d_b}{\sqrt{12}} = 0.0577 \quad mm \qquad d_b = (7.9 \pm 0.0577)\,mm$$

1c) $\rho = 7.77\,kg/dm^3 \qquad u(\rho) = \frac{78\,g}{dm^3}$

$\Delta = 100\,mg \qquad m_{prima} = 6.6666\,kg \qquad m_{dopo} = 6.6056\,kg$

$d_c - ?$

$\frac{0.244}{2\ 441}$

$M_{disco} = 0.061\,kg \qquad M_{disco} = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi R^2 h \Rightarrow \rho \pi \frac{d^2}{4} h$

$$4 m_{disco} = \rho \pi d^2 h \longrightarrow d = \sqrt{\frac{4 M_{disco}}{\rho \pi h}} = 0.3162\,dm = 0.03162\,m = 31.62\,mm$$

$h = 0.1\,dm$

$\rho = 7.77\,kg/dm^3$

$$u_q(m) = \frac{100 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{12}} = 2.887 \cdot 10^{-5}\,kg \qquad \frac{\cancel{kg}}{\cancel{kg}/dm^3 \cdot dm} = \sqrt{dm^2} = dm$$

$$u_r(d) = \sqrt{\frac{1}{4}u_r^2(m) + \frac{1}{4}u_r^2(\rho) + \frac{1}{4}u_r^2(h)} = 5.0496 \cdot 10^{-3}$$

$u_r(m) = 9.732 \cdot 10^{-4}$

$u_r(\rho) = 0.0100386$

$u_r(h) = 10^{-3}$

$u(d) = 0.159\,mm$

$d_c = (31.62 \pm 0.159)\,mm$

1 d) compatibilità tra misure ?

$$|d_a - d_b| \le k \sqrt{u^2(d_a) + u^2(d_b)}$$

$0.1 \le k \cdot 0.1744$ $\quad k \ge 0.5733$ $\quad$ compatibili con $k = 1$ ✓

la terza misura non è compatibile con le altre 2
un motivo può essere la bassa risoluzione della bilancia

1e) miglior stima

$$d = \frac{\frac{d_a}{u^2(d_a)} + \frac{d_b}{u^2(d_b)}}{\frac{1}{u^2(d_a)} + \frac{1}{u^2(d_b)}} = \frac{2668.15578}{337.274} = 7.91 \text{ mm}$$

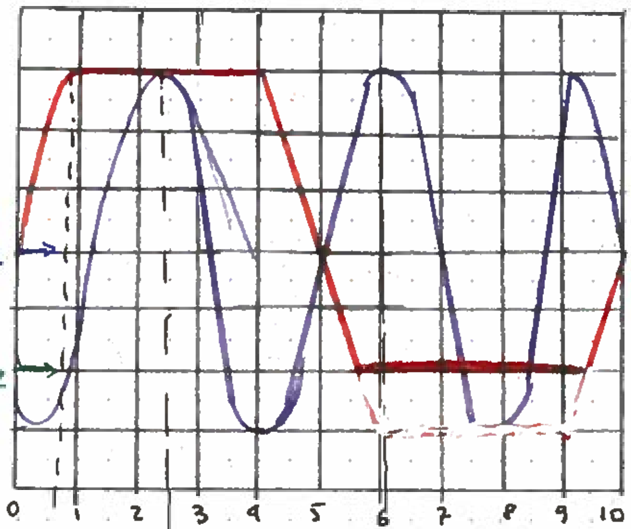
$$u(d) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(d_a)} + \frac{1}{u^2(d_b)}}} = 0.05445$$

$d = (7.91 \pm 0.05)$ mm

11:50

ES2 Oscilloscopio analogico a 2 canali
CH1: sinusoidale (segnale)
CH2: onda quadra quasi ideale

$C_{y1} = 100$ mV/div
$C_{y2} = 1$ V/div
$C_x = 5$ ns/div



2a) si descrivano i 2 segnali misurati

CH1: onda sinusoidale di ampiezza
picco picco $V_{p-p} = 6_{div} \cdot 100$ mV/div $= 600$ mV

$V_p = 300$ mV $= \frac{V_{eff}}{\sqrt{2}} \rightarrow V_{eff} = 424.26$ mV

$f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{17 \cdot 10^{-9}} \simeq 60$ MHz

$(5.6 - 2.2)$ div $= 3.4$ div
$C_x = 5$ ns/div
$T_1 = 5$ ns/div $\cdot 3.4$ div $= 17$ ns

CH2: onda quadra con livelli $V_{off} = 0$ V e $V_{on} = 6$ div $\cdot 1$ V/div $= \boxed{6 \text{ V}}$

$$f_2 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{50 \cdot 10^{-9}} = 20 \text{ MHz}$$

$T_2 = 10$ div $\cdot 5$ ns/div $= 50$ ns

2b) Accoppiamento? trigger?

L'accoppiamento per entrambe è AC, con livello di zero per CH1 a metà dello schermo e alla 2° div per CH2;
trigger su CH2 con slope + poiché i segnali sono molto veloci e isofrequenziali
allora la modalità di visualizzazione di multitraccia è stata scelta alternated

2c) si stimi la banda dell'oscilloscopio $\quad t_{rise} = 5$ ns $\quad B = \frac{0.35}{t_{osc}} = \frac{0.35}{5 \cdot 10^{-9}} = 70$ MHz

$t_{osc} = t_{rise}$

2d) il segnale sinusoidale è misurato correttamente?
$f_1 = 60$ MHz ed è molto vicina a $B = 70$ MHz sicuramente è sfasato e attenuato

2e) Volendo usare un interpolatore lineare a che frequenza conviene campionare i segnali e con quale voltmetro?

Con un voltmetro ad aprox succ. $n=12$ bit e poiché sono necessari circa 10 punti per periodo allora $f_{sa} \simeq 600 \frac{Msa}{s}$ ma per tali velocità l'unico adatto è un flash o $n=9$ bit

ok tempo

Es 3 Si intendono misurare i segnali:

1) $v_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) + v_N(t)$ $A_1 = 1mV$ $f_1 = 200\ kHz$ $\varphi_1 = 45°$ $v_N(t)$ rumore bianco con $V_{eff} = 100\ \mu V$

2) v_2 = tensione di alim. continua a 3 V

$R_{in} = 50\Omega$

v_1 è connesso sia ad un'AS che a una DAQ $D_{ADC} = \pm 5V$ + v_2

3a) caratteristiche DAQ → 2 canali in single ended

$f_1 = 200kHz$ dunque $f_{c1} \geq 400 \frac{kSa}{s}$

f_2 → no poiché continua dunque $f_{sa} = 800 \frac{kSa}{s}$

$V_{Np} = \frac{V_{eff}}{\sqrt{2}} = 70.7\ \mu V$

$A_{1p} = \cancel{1}mV$ → $A_{1pp} = 2mV + 2V_{Np} = 2.141\ mV$

$G_1 = \frac{D_{ADC}}{D_1} = 4669$ scegliamo $G_1 = 2000$ dinamica bipolare

per v_2 non abbiamo alcuna richiesta e $G_2 = 1$ dinamica unipolare

scegliamo una DAQ a $n=10$ bit standard poiché non ci sono richieste di risoluzione.

Ricapitolando
2 canali single ended
$G_1 = 2000$
$G_2 = 1$
$f_{sa} = 800 \frac{kSa}{s}$
$n = 10$ bit

3b) scegliere le caratteristiche di AS per vedere v_1; SPAN = 100kHz volendo 30 $\frac{schermate}{s}$

$f(v_N) = 1\ MHz$

$ST = \frac{1}{30} = 0.0333\ s$ $ST = \frac{3\ SPAN}{(RBW)^2}$ → $RBW = \sqrt{\frac{3\ SPAN}{ST}} = 3000\ Hz = 3\ kHz$

$f_1 = 200kHz$ $f_2 = 1\ MHz$

$P_1 = \frac{V_{eff}^2}{R_{in}} = \frac{A_1^2}{2R_{in}} = 1 \cdot 10^{-8}\ W$ $P_{1\,dBm} = -50\ dBm$

$P_N = \frac{V_{eff\,N}^2}{R_{in}} = 2 \cdot 10^{-10}\ W$ $P_N = 10\log_{10}\left(\frac{P_N}{10^{-3}}\right) = -67\ dBm$

$P_{N\,TOT} = \frac{P_N}{B} = \frac{2 \cdot 10^{-10}}{1 \cdot 10^{-6}} = P_{N\,dBm} - B_{dBm} = -127\ dBm$

$f_{START} = 150\ kHz$ SPAN = 100 kHz $RL = -50\ dBm$

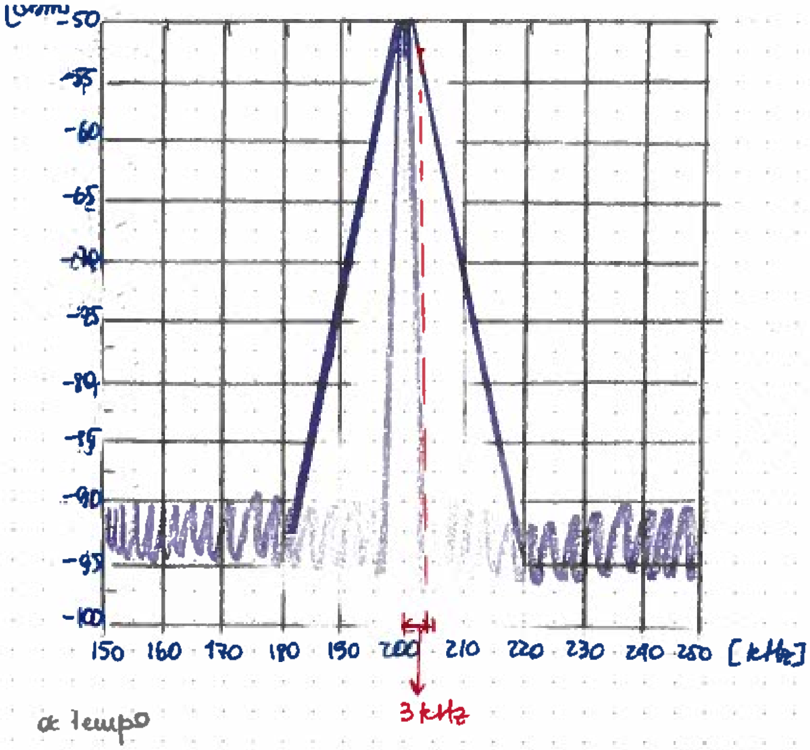
$f_{STOP} = 250\ kHz$

Avendo messo RBW = 3kHz

$A_y = 5\ dBm/div$

$P_{N\,FLOOR} = -127\ dBm + RBW_{dBHz} = -127 + 35 = -92\ dBm$

$A_x = \frac{SPAN}{10} = 10\ kHz/div$


-50
-55
-60
-65
-70
-75
-80
-85
-90
-95
-100
150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 [kHz]
3 kHz

a tempo

TDE 27.11.15

ES1

1a) $r_i = 59.2 \quad 60.3 \quad 59.7 \quad 58.8 \quad 61.2$ [cm] $\quad n=5$

$u_r(r_i) = 0.5\%$

$$\bar{r} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} r_k = 59.84 \text{ cm} \qquad u_A(r) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(r_k-\bar{r})^2} = 0.423 \text{ cm}$$

$$u_B(r) = u_r(r_i)\cdot\bar{r} = \cancel{2.992} \text{ cm} \quad 0.2992 \text{ cm}$$

$$u_c = \sqrt{u_A^2(r)+u_B^2(r)} = \cancel{3.022} \text{ cm}$$

$$r = (59.84 \pm \cancel{3.022}) \text{ cm}$$
0.518 cm

1b) $N=20$ segnali in $t=6s$ $\quad v-?$

$$v = \frac{N}{t}\cdot 2\pi r = \frac{20}{6}\cdot 2\pi\cdot 59.84\cdot 10^{-2}\, m = 12.53 \frac{m}{s}$$

$$u_r(v) = \sqrt{u_r^2(N)+u_r^2(t)+u_r^2(r)} = 0.022$$

$$u(N) = \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{\sqrt{12}}\right)^2+\left(\frac{\Delta N}{\sqrt{12}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{12}}\right)^2+\left(\frac{1}{\sqrt{12}}\right)^2} = 0.41$$

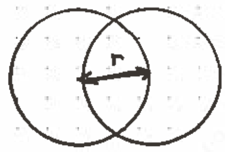
$$u_r(N) = \frac{u(N)}{N} = 0.02$$

$$u(t) = 0$$

$$u_r(r) = \frac{u(r)}{r} = 8.66\cdot 10^{-3}$$

$$u(v) = u_r(v)\cdot v = 0.273 \frac{m}{s}$$

$$v = (12.53 \pm 0.273)\frac{m}{s}$$



1c) $20 \frac{img}{s}$ $\qquad u_r(t_c) = 0.01$

tra un'img e la successiva si sposta di una distanza circa pari al raggio della ruota

$d = r = 59.84$ cm $\quad u(d) = \pm 5$ cm $\quad k=3$

in 1 secondo si hanno 20 immagini

20 img — 1 s
1 img — x sec

Il tempo Δt tra un'immagine e la successiva è $\Delta t = \frac{1}{20}s = 0.05s$

$$v_A = \frac{r}{0.05s} = \frac{59.84\cdot 10^{-2}}{0.05s} = 11.96 \frac{m}{s}$$

$$u(t) = 0.01\cdot 0.05 = 5\cdot 10^{-4} \qquad U(d) = 5 \text{ cm} \Rightarrow \quad u(d) = \frac{U(d)}{3} = 1.667 \text{ cm}$$

$$u_r(d) = \frac{u(d)}{d} = 0.02786$$

$$u_r(v_A) = \sqrt{u_r^2(t)+u_r^2(d)} = 0.0296$$

$$u(v_A) = u_r(v_A)\cdot v_A = 0.354 \frac{m}{s}$$

$$v_A = (11.96 \pm 0.354)\, m/s$$

1d) compatibilità e miglior stima

$$|v - v_A| \le k\sqrt{u^2(v)+u^2(v_A)} \qquad U(v) = 2\cdot 0.216 = 0.432 \, m/s$$

$0.57 \le k\cdot 0.447 \qquad k \ge 1.27 \qquad$ compatibili con $k=2$

$$v = \frac{\frac{v}{u^2(v)}+\frac{v_A}{u^2(v_A)}}{\frac{1}{u^2(v)}+\frac{1}{u^2(v_A)}} = \frac{263.56}{21.397} = 12.32 \frac{m}{s} \qquad u(v) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(v)}+\frac{1}{u^2(v_A)}}} = 0.216$$

$$v = (12.32 \pm 0.216)\, m/s$$

1e) Se volessimo leggere dal tachimetro una misura al secondo come cambierebbe la misura

$N=20$ in $t=6s$ cambia in $N=20$ in $t=20s$

$v = \frac{N}{t} \cdot 2\pi r = 3.76 \ \frac{m}{s}$

$u_r(N) = 6 \cdot \sqrt{\left(\frac{\Delta N}{\sqrt{12}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta N}{\sqrt{12}}\right)^2} = 2$ NO si sbaglia troppo

Es 1

1a) $v_1 = [204 \quad 212 \quad 194 \quad 190] \ \frac{km}{h} \qquad n=4$

$$\bar{v}_1 = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} v_k = 200\,\frac{km}{h} = 55.56\ m/s$$

$$u(v_1) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(v_k-\bar{v})^2} = 4.9665\ \frac{km}{h} = 1.38\ \frac{m}{s}$$

1b) $E_c = 120(8)\ MJ = (120\cdot10^6 \pm 8\cdot10^6)\ J$

$m = 800t = 800\cdot10^3\ kg$

PDF uniforme $\quad 40t \quad \rightarrow \quad u(m) = 40\cdot10^3\ kg$

$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \qquad v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 17.32\ \frac{m}{s} \qquad$ NB: $\frac{J}{kg} = \frac{\cancel{kg}\left(\frac{m}{s}\right)^2}{\cancel{kg}} = \left(\frac{m}{s}\right)^2$

$$u_r(v) = \sqrt{\frac{1}{4}u_r^2(E_c) + \frac{1}{4}u_r^2(m)} = 0.04167$$

$$u_r(E_c) = \frac{u(E_c)}{E_c} = \frac{1}{15}$$

$u(v) = u_r(v)\cdot v = 1.22\ \frac{m}{s} \qquad u_r(m) = \frac{1}{20}$

$v_2 = (17.32 \pm 1.22)\ \frac{m}{s}$

1c) 21 pali $\qquad e = (20 \pm 0.4)\ m$

e $\qquad \Delta t = 1\ s$

$t = 7s \qquad t \geq 7s$

$\qquad t \leq 8s$

$L = 20\cdot20\,m = 400\ m$

$t = \frac{7s+8s}{2} = 7.5s \quad \longrightarrow \quad v_3 = \frac{400}{7.5} = 53.33\ \frac{m}{s}$

$u(t) = \frac{\Delta t}{\sqrt{12}} = 0.289\ s$

$u(L) = 0.4\cdot20 = 8\ m \qquad$ (si sommano le incertezze)

$u_r(v) = \sqrt{u_r^2(t) + u_r^2(L)} = 0.0459 \qquad u(v) = u_r(v)\cdot v = 2.45\ \frac{m}{s}$

$u_r(t) = 0.0413$

$u_r(L) = 0.02$

1d) compatibilità: è evidente che v_2 non è compatibile né con v_1 né con v_3

$$|v_1 - v_3| \leq k\sqrt{u^2(v_1) + u^2(v_3)}$$

$2.23 \leq k\cdot 2.812 \quad \rightarrow \quad k \geq 0.79 \qquad k=1$ ✓

1e) miglior stima

$$v = \frac{\frac{v_1}{u^2(v_1)} + \frac{v_3}{u^2(v_3)}}{\frac{1}{u^2(v_1)} + \frac{1}{u^2(v_3)}} = \frac{38.059}{0.692} = 55.023\ \frac{m}{s} \qquad u(v) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(v_1)} + \frac{1}{u^2(v_3)}}} = 1.202\ \frac{m}{s}$$

$$u_r(v) = \frac{u(v)}{v} = 0.023 = 2.31\%$$

Es2 2a) Che elemento della DAQ permette la reiezione ai disturbi? → MUX in differenziale

2b) V_1: analogico; 0; 1 V proveniente da un girodiseltri che gira a 3000 $\frac{giri}{minuto}$
si vuole una risoluzione angolare di 0.1°C

V_2: digitale, 8 bit $T_2 = 80\,\mu s$

V_3: termoresistenza $S = 0.388\ \frac{\Omega}{K}$ $T_f = 30°C$ $\Delta T = 0.1°C$

$R = 100\,\Omega$ a $T_0 = 0°C$ $I = 10\ mA$

V_1: $\boxed{\#punti = \frac{360°}{0.1°}} = 3600$ punti $f_c = 3600 \cdot \frac{3000}{60}\ Hz = 180\ \frac{kSa}{s}$

~~basterebbe~~

$f_{Sa_1} \geq 180\ \frac{kSa}{s}$

$G = 1$ dinamica unipolare

V_2: $n = 8$ bit $f_2 = \frac{1}{80 \cdot 10^{-6}} = 12.5\ \frac{kHz}{s}$ $f_{Sa_2} \geq 25\ \frac{kSa}{s}$

→ ΔR minima variazione di resistenza

V_3: $\boxed{V = RI}$ $\boxed{\Delta V = \text{~~risoluzione~~} = \Delta T\,°C\,S \cdot I} = 0.1°C \cdot 0.388\ \frac{\Omega}{°C} \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ A = 3.88 \cdot 10^{-4}\ V$

$N = \frac{D_{ADC}}{\Delta V} = \frac{10\ V}{3.88 \cdot 10^{-4}\ V} = 25773$ livelli $n = \log_2 N = 14.65 \simeq 15$ bit

numero di livelli

$V_{min} = 100\,\Omega \cdot 10 \cdot 10^{-3}\ A = 1\ V$

$\boxed{V_{MAX} = (R_{T_{fin}} + R_{in}) \cdot I = (T_f \cdot S + R_{in}) \cdot I} = (30°C \cdot 0.388\ \frac{\Omega}{°C} + 100\,\Omega) \cdot 10 \cdot 10^{-3} A = 1.1164\ V$

↳ la resistenza aumenta

$D = V_{MAX} - V_{MIN} = 0.1164\ V$ lasciamo $G = 1$ con dinamica unipolare

dunque si ha bisogno: - 3 canali in differenziale

- $f_{Sa} \geq 3 f_1 = 540\ \frac{kSa}{s}$

- $n = 15$ bit

$G_1 = 1$ unipolare

$G_2 = 1$

$G_3 = 1$ unipolare

NB differenziale sia per la termocoppia che per la termoresistenza
⚠ no differenziale per il circuito integrato

2c) digitale ⟶ attraverso un digital input

2d) $V_{Neff} = 0.2\ mV$

$D_{AD} = \pm 5V$ $n_e - ?$

$n = 15$ bit

$$\boxed{n_e = n - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma^2_{Neff}}{\sigma^2_q}\right)} = 15 - 1.31 = 13.689\ \text{bit}$$

$\Delta V = \frac{D_{AD}}{2^{15}} = 3.051 \cdot 10^{-4}$

$u_q = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}} = 8.80967 \cdot 10^{-5}$

$\sigma_q^2 = u_q^2 = 7.761 \cdot 10^{-9}$

$\sigma_N^2 = (V_{Neff}^2) = 4 \cdot 10^{-8}$

Ci vuole una DAQ con 3 canali in differenziale (poiché il segnale proveniente dalla termoresistenza va preso in differenziale), operante con almeno 15 bit e una frequenza di campionamento $f_c = 3 \cdot 180 \frac{kSa}{s} = 540 \frac{kSa}{s}$

2c) Quale sarebbe il modo più corretto di acquisire il segnale digitale?

Il modo più corretto sarebbe di usare un digital input (un canale digitale di input)

In questo modo basterebbe una $f_c = 2 \cdot 180 \frac{kSa}{s} = 360 \frac{kSa}{s}$

2d) Calcolare n_e sapendo che nel convertitore A/D è presente un $V_{Neff} = 0.2\,mV$

$$\boxed{\sigma_q^2 = u_q^2 = \left(\frac{\Delta V_{ADC}}{\sqrt{12}}\right)^2} = 7.76 \cdot 10^{-9}$$

$$n_e = n - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma^2_{Neff}}{\sigma^2 q}\right)$$

$$\boxed{\Delta V_{ADC} = \frac{D_{ADC}}{2^n}} = 3.052 \cdot 10^{-4}$$

$$= 15 - 1.31 = 13.68 \text{ bit}$$

$$\boxed{\sigma^2_{Neff} = (V_{Neff})^2} = 4 \cdot 10^{-8}$$

ES3 Si ha un AS e si vuole osservare:

$v_1 = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1)$ $A_1 = 14\,mV$ $f_1 = 110\,MHz$ $\varphi_1 = 45°$

$v_2 \to$ rumore bianco di densità spettrale $-130 \frac{dBm}{Hz}$

v_3: sinusoide a $f_3 = 109\,MHz$ con $V_{eff\,3} = 100\,mV$

$R_{in} = 50\,\Omega$ $NF = 24\,dB$

3a) Potenza dei segnali in dBm

$$\boxed{V_p = \frac{V_{eff}}{\sqrt{2}}}$$

$A_1 = A_{1p} = 14\,mV$ $A_{1\,eff} = A_1\sqrt{2}$

$P_1 = \frac{(A_1\sqrt{2})^2}{R_{in}} = 7.84 \cdot 10^{-6}$ $P_{1\,dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P_1}{1mW}\right) = -21\,dBm$

Poiché i segnali sono molto vicini ovvero $\Delta f = 1\,MHz$ scelgo $RBW = \frac{1MHz}{10} = 100\,kHz$

$\boxed{P_N = -130 \frac{dBm}{Hz} + RBW} = -130 \frac{dBm}{Hz} + 50\,dBHz = -80\,dBm = P_N$

$P_N = \text{densità spettrale} \cdot RBW = \frac{W}{Hz} \cdot Hz = W$ $\quad RBW_{dBHz} = 50\,dBHz$

$P_{FLOOR} = P_T + RBW_{dBHz} + NF = -174\,dBm + 50\,dBHz + 24\,dB = -100\,dBm$

Il fondo di rumore termico è più basso del rumore bianco di 20 dBm

$P_3 = \frac{V_{eff3}^2}{R_{in}} = 2 \cdot 10^{-4}\,W$ $P_{3\,dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P_3}{1mW}\right) = -37\,dBm$

3b) RBW? ok

3c) impostazioni dell'AS?

RL a $-5\,dBm$

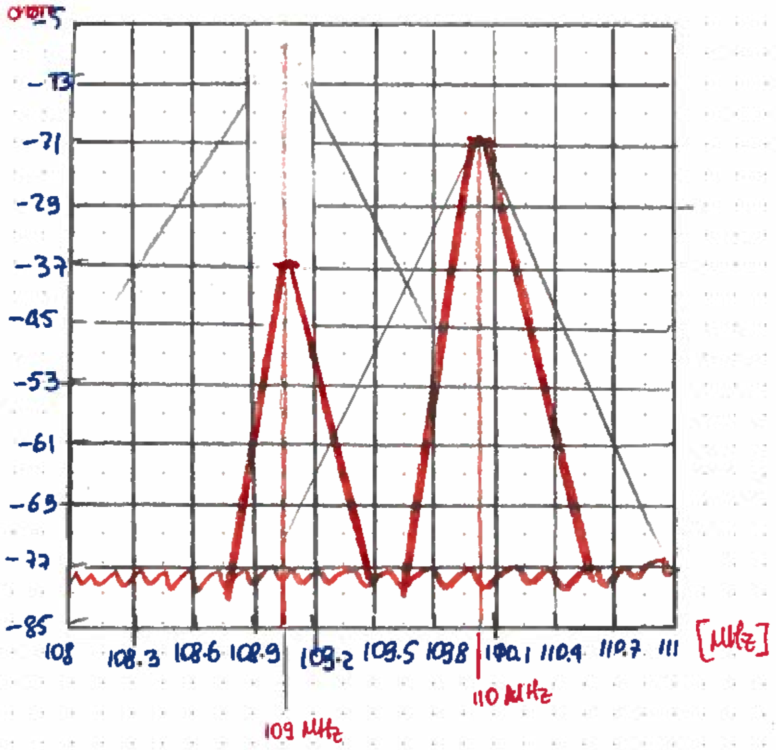
$A_y = 8\,dBm/div$

$f_{start} = 108\,MHz$

$f_{stop} = 111\,MHz$

SPAN = 3MHz

$A_x = 300\,kHz/div$



$\frac{S}{R} = 20$ dB

cioè poiché $P_S = -37$

$P_N = -17$ dB

$P_N = -130 + RBW_{dBHz} = -17$

$RBW_{dBHz} = +113$ dB Hz $= 10\log_{10}(RBW)$

$\frac{113}{10}\log_{10} 10 = \log_{10} RBW$

$RBW = 10^{\frac{113}{10}} = 2\cdot 10^{11} = 200$ MHz

$u_c(v_0) = \sqrt{u_r^2(g) + u_r^2(h)}$

$u(h) = \sqrt{\left(\frac{\partial h}{\partial L}\right)^2 \cdot u^2(L) + \left(\frac{\partial h}{\partial \theta}\right)^2 \cdot u^2(\theta)}$

$= \sqrt{\sin^2\theta \cdot u^2(L) + (L\cos\theta)^2 \cdot u^2(\theta)} =$

$= 0.964 \qquad u_r(h) = 7.046\cdot 10^{-3}$

$2^\circ = 0.035$ rad

$20^\circ = 0.35$ rad

$u_r(v_0) = 7.046\cdot 10^{-3}$

$u(v_0) = v_0 \cdot u_r(v_0) =$

$= 0.23\ \frac{m}{s}$

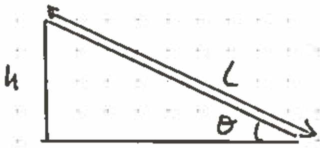
POLIMI
SINCE 1863

TDE 02.02.11

Es 1 $\theta = 20^\circ$ $u(\theta) = 6^\circ$ $k = 3$

$v_0 = 0$ $g = 9.80665\,(2)\ m/s^2$

$L = 400 \pm 2\ m$



1a) Si ha una perdita del 60% nel trasferimento tra energia potenziale e cinetica, quanto vale v_1 - ?

$U_1 = mgh$

$h = L \sin\theta = 136.81\ m$ ✓

$E_k = \frac{1}{2} m v^2$ $E_{k\,in} = 0$ poiché $v_0 = 0$

$E_{k\,fin} = \frac{1}{2} m v_1^2$

$(1-0.6)\cancel{m}gh = \frac{1}{2}\cancel{m}v_1^2 \rightarrow 0.4 \cdot 2 g h = v_1^2 \rightarrow v_1 = \sqrt{0.8 g h} = \sqrt{0.8 g L \sin\theta} = \cancel{u/}32.761\ m/s$

$u(\theta) = \frac{6^\circ}{3} = 2^\circ$

$u(L) = 2\ m$

$u(g) = 0.00002\ \frac{m}{s^2}$

$u(v_1) = \sqrt{\left(\frac{\partial v_1}{\partial g}\right)^2 \cdot u^2(g) + \left(\frac{\partial v_1}{\partial L}\right)^2 \cdot u^2(L) + \left(\frac{\partial v_1}{\partial \theta}\right)^2 \cdot u^2(\theta)} =$

$= \left[\left[\frac{1}{2} \cdot [0.8 g L \sin\theta]^{-\frac{1}{2}} \cdot (0.8 L \sin\theta)\right]^2 \cdot u^2(g) + \left[\frac{1}{2}(0.8 g L \sin\theta)^{-\frac{1}{2}} \cdot 0.8 g \sin\theta\right]^2 \cdot u^2(L) + \left[\frac{1}{2}(0.8 g L \sin\theta)^{-\frac{1}{2}} \cdot (0.8 g L \cos\theta)\right]^2 \cdot u^2(\theta)\right]^{\frac{1}{2}} =$

$= \left[\left(\frac{1}{2}(0.8 g L \sin\theta)^{-\frac{1}{2}}\right)^2 \left[(0.8 L \sin\theta)^2 \cdot u^2(g) + (0.8 g \sin\theta)^2 \cdot u^2(L) + (0.8 g \cos\theta)^2 \cdot u^2(\theta)\right]\right]^{\frac{1}{2}} =$

$= \sqrt{9.6388 \cdot 10^{-4}} \cdot \sqrt{4.7914 \cdot 10^{-6} + 28.799 + 217.3967} = 15.69 \cdot 0.02158 = 0.3386\ \frac{m}{s}$

θ in radianti!!! NO

$v_1 = (\cancel{32.761} \pm 1.6)\ \frac{m}{s}$

1b) $u_r(v_1)$; $u(v_1)$ quale misura apporta la incertezza più rilevante?

$u_r(v_1) \simeq u_r(\theta)$ l'incertezza più rilevante la apporta la misura dell'angolo di inclinazione della pista, di conseguenza la misura dell'altezza iniziale

1c) Si misura v_f contando il tempo di attraversamento di 2 fotocellule poste a $d = 0.5 \pm 2\ mm$

$N = 83\,333$ $f_c = 5\ MHz$

$t = \frac{N}{f_c} = 0.016666\ s$

$v = \frac{d}{t} = \frac{0.5}{0.016666} = 30.00012\ m/s$

$u(d) = 2 \cdot 10^{-3}\ m$ $u_r(d) = \frac{u(d)}{d} = 4 \cdot 10^{-3}$

$u(N) = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = \frac{1}{\sqrt{12}} = 0.289$ $u_r(N) = 3.468 \cdot 10^{-6}$

$u_r(v) = \sqrt{u_r^2(d) + u_r^2(N)} = 4 \cdot 10^{-3}$

$u(v) = u_r(v) \cdot v = 0.12\ \frac{m}{s}$

$v_f = (30.00012 \pm 0.12)\ \frac{m}{s}$

1d) compatibilità

$|v_1 - v_f| \le k\sqrt{u^2(v_1) + u^2(v_f)}$

$2.7608 \le k \cdot 1.6045$ $k \geq 1.72$

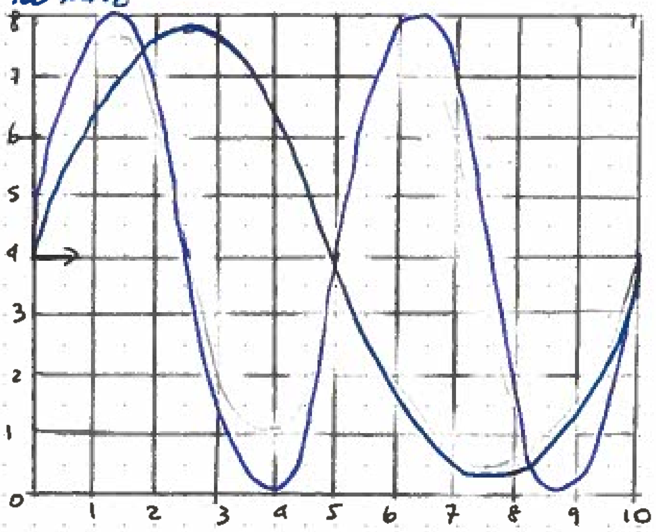
compatibili con $k = 2$

Es2 Si ha un oscilloscopio analogico di banda 100 kHz

V_1: tensione di rete

V_2: tensione DC (alimentatore da 18V) con rivelar. di ripple sinusoidale a 100 Hz ampiezza di picco 60 mV

x Q) modalità di misura?



V_1: $V_{eff} = 220V$ $f_1 = 50Hz$

V_2: $V_{continua} = 18V$ $V_{p\,ripple} = 60mV$ $f = 100Hz$

poiché vogliamo vedere il ripple accoppiamo entrambi i segnali posti su CH1 e CH2 in AC per tagliare la componente continua del segnale V_2. (cioè si taglia l'offset da 18V)

deflessione verticale

$V_p = \frac{V_{eff}}{\sqrt{2}} = 155.56$ V e dunque $V_{1pp} = 311.126$ V; $C_{y,1} = \frac{311.126\ V}{8\ div} = 38.89$ V/div

scegliamo $C_{y1} = 40$ V/div

$V_{pp\,ripple} = 120mV$ $C_{y,2} = \frac{120\ mV}{8\ div} = 15\ mV/div$

Scegliamo come livello di zero il centro dello schermo

sezione deflessione orizzontale

Accoppiamo i canali sulla sorgente di sincronismo (trigger) su CH1 (tensione di rete) e come modalità di visualizzazione di multitraccia scegliamo chopped poiché i segnali sono lenti.

Poiché vogliamo vedere almeno un periodo del segnale su CH1 che ha la frequenza più lenta, scegliamo $C_x = \frac{T_{s1}}{10div} = \frac{0.02\ s}{10\ div} = 2ms/div$; in questo modo vediamo 2 periodi del segnale di ripple. ok

slope +

⚠ cautione impiegare una sonda attenuativa 100x per V_1 poiché non la si può misurare con la tensione di partenza

Es 3 $f = 10\ MHz$ $V_{eff} = 20\ mV$ e la sua terza armonica a 20 dBc dalla fondamentale.

Si ha inoltre un disturbo sinusoidale $f_N = 40\ MHz$ con $P_N = 40\ nW$

$R_{in} = 50\Omega$ $NF = 19\ dB$

3a) le potenze in W e dBm

$P_1 = \frac{V_{eff}^2}{R_{in}} = 8 \cdot 10^{-6}\ W$ $\quad \cancel{P_{1\,dBm}} = 10\log_{10}\left(\frac{P_1}{1\cdot 10^{-3} W}\right) = \cancel{-21\ dBm}$

$P_2 = 10\log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 20\ dBc \qquad \log_{10}\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 2\log_{10} 10 \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 10^2 = 100$

$P_2 = P_1 \cdot 100 = 8 \cdot 10^{-4}\ W$ $\quad \cancel{P_{2\,dBm} = -1\ dBm}$

$P_N = 40 \cdot 10^{-9}\ W = 4 \cdot 10^{-8}\ W$ $\quad \cancel{P_N(dBm)} = 10\log_{10}\left(\frac{P_N}{1\cdot 10^{-3}}\right) = \cancel{-44\ dBm}$

3b) Parametri dell'AS con $RBW = 200\ kHz$

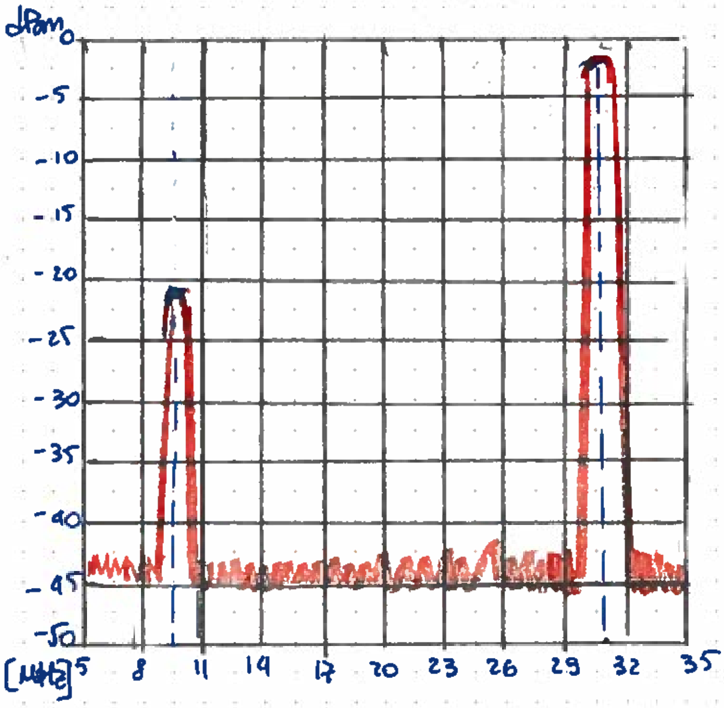
$P_{FLOOR} = P_T(dBm) + NF + RBW_{dBHz} = -174\ dBm + 19 + 50 = -105\ dBm$

$RBW_{dBHz} = 10\log_{10}(100 \cdot 10^3) = 50 dBm$

$P_{FLOOR} = -105\ dBm <<< P_N$

$\cancel{f_1 = ...\ MHz}$ $\quad f_{start} = 5\ MHz \quad SPAN = 30\ MHz$

$f_3 = 3 \cdot 10 = \cancel{30\ MHz}$ $\quad f_{STOP} = 35\ MHz$



$RL = 0\ dBm$

$A_x = \frac{SPAN}{10} = \frac{30}{10} = 3\ MHz/div$

$A_y = 5\ dBm/div$

3c) $ST = \frac{3\ SPAN}{(RBW)^2} = 9 \cdot 10^{-3}\ s = 9\ ms$

$\boxed{SS = (RBW)^2} = 90\ MHz$

$n = 100$ scansioni

$\boxed{T_{tot} = n \cdot ST} = 0.9\ s$

at

TDE 06.02.13

Es1 Si ha una DAQ

S_1: tensione di rete attenuata di 66 dB

S_2: temperatura di un forno in un range di 100650°C letto con una termocoppia $k_{T\to V} = 100\mu V/K$ e riferita a $T_0 = 20°C$

la misura è $V_2 = k_{T\to V} \cdot T \cdot T_0$

S_3: segnale audio $f_3 = 20\,kHz$ $V_{pp} = \pm 5V$

S_4: velocità di rotazione di una ventola a 4 pale $v = 600 \frac{giri}{min}$ e un sensore normalmente a $V_4 = 0$ che in corrispondenza di ogni pala sale a $V_4 = 2V$

$n = 14$ bit

$D = \pm 10V$

$20\log_{10}(G_{i\,lin}) = 0;6;20;40$

$G_i(dB) = 0;6;20;40 \rightarrow G_i = 1;\ 2;\ 10\ 100$

$G_i(lin) = 10^{\frac{dB}{20}}$

1a) velocità di campionamento? che tipo di ADC?

$f_1 = 50Hz$

f_2 davvero alto

$f_3 = 20\,kHz$

$f_4 = \frac{600}{60} = 10\,Hz$

$f_{max} = 20kHz$

$f_c \geq 2 f_{max} = 40kHz \cdot 4$ canali

$f_{sa} = 160 \frac{ksa}{s}$

ci vuole un ADC ad approx successive

1b) Dinamiche e guadagni

$V_{rete} = 220V = 20\log_{10}\left(\frac{220}{1}\right) = 47\,dB$

$V_1 = V_{rete}(dBV) - 66dB = -19\,dB = 20\log_{10}(V_1)$

$\boxed{V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}}$

$-\frac{19}{20}\log_{10}10 = \log_{10}V_1 \rightarrow V_1 = 0.1122V$

$V_1\ eff = 0.1122\,V$ $V_p = \sqrt{2}\,V_{eff} = 0.1587\,V$ $V_{pp} = 0.3173\,V$ dinamica bipolare

$66\,dB = 20\log_{10}(A) \rightarrow \frac{66}{20}\log_{10}10 = \log_{10}A \rightarrow A = 10^{\frac{66}{20}} = 1995.26$

$V_1 = \frac{220\,V}{1995.26} = 0.1103 \rightarrow V_p = V_1\sqrt{2} = 0.156\,V \rightarrow V_{pp} = 0.312\,V$

$G_1 = \frac{D_{ADC}}{D_1} = 64.1 \rightarrow G_1 = 40$

$D_2 = 100\mu V/K \cdot [(100650 + 273.15) - (20 + 273.15)]\,K = 10.06\,V$

$V_{2\,max} = 100\frac{\mu V}{K} \cdot // = 10.09\,V$ dinamica unipolare $G_2 = 1$

$V_{2\,min} = 100\frac{\mu V}{K}(20°C + 273)\,K = 0.0293\,V$

$V_4 = 0;2\,V$

$G_4 = \frac{D_{ADC}}{D_3} = \frac{20}{2} = 10$ dinamica unipolare

$V_{pp}^{(3)} = \pm 5V$ $G_3 = \frac{20}{10} = 2$

Scegliamo

$G_1 = 10$

$G_2 = 1$

$G_3 = 2$

$G_4 = 10$

risoluzioni dimensionali e adimensionali

$\boxed{\delta = \frac{1}{2^n}}$ adimensionale dell'ADC

$N = \frac{D_{ADC}}{G \cdot \Delta V} \longrightarrow G \Delta V \; N = D_{ADC}$

$\boxed{\Delta V_i = \frac{D_{ADC}}{G_i \cdot N}}$ dimensionale

$N = 2^n$

$N = 16384$

$\delta = \frac{1}{2^{14}} = 6.1035 \cdot 10^{-5}$

$\Delta V_1 = 1.22 \cdot 10^{-4}$

$\Delta V_2 = 1.22 \cdot 10^{-3}$

$\Delta V_3 = 6.1 \cdot 10^{-4}$

$\Delta V_4 = 1.22 \cdot 10^{-4}$

1c) $v_N = 933 \, \mu V$ efficace $\quad n_e - ?$

$\boxed{n_e = n - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma^2_{N\,eff}}{\sigma_q^2} \right)} =$

$= 14 - 1.5 = 12.5$ bit equivalenti

$\sigma_q^2 = u_q^2 = \left(\frac{\Delta V}{\sqrt{12}} \right)^2 = 1.24176 \cdot 10^{-7}$

$\Delta V = \frac{D_{ADC}}{N} = 1.22 \cdot 10^{-3}$

$\sigma^2_{N\,eff} = (v_{N\,eff})^2 = 8.70489 \cdot 10^{-7}$

di tempo

16/11

Es2

1) $v_1 = 300$ m/s $\quad u(v_1) = 15$ m/s al 99.7% confid

2) $v_2 = 330 \quad 333 \quad 329 \quad 335 \quad 327 \quad 330 \quad 325 \quad 331$

3) $v_3 \Rightarrow L = 2.02(1)$ m $\quad T = 6.06$ ms $\quad \Delta T = 20 \, \mu s$

2a) ricavare v_i

$99.7\% \rightarrow k = 3 \rightarrow U(v_1) = 15 \, m/s \rightarrow u(v_1) = \frac{U(v_1)}{3} = 5 \, m/s$

$v_1 = (300 \pm 5)$ m/s

$u_r(v_1) = 0.0167$

$v_2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} v_k = 330$ m/s

$u(v_2) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^{n} (v_k - \bar{v}_2)^2} = 1.118$ m/s

$u_r(v_2) = 3.39 \cdot 10^{-3}$

$v_2 = (330 \pm 1.12) \frac{m}{s}$

$u(L) = 0.01$ m

$\Delta T = 20 \cdot 10^{-6}$ s

$u(T) = \frac{\Delta T}{\sqrt{12}} = 5.7735 \cdot 10^{-6}$

$v_3 = \frac{L}{T} = 333.33 \frac{m}{s}$

$u_r(v_3) = \sqrt{u_r^2(L) + u_r^2(T)} = 5.04085 \cdot 10^{-3}$

$u_r(L) = 4.95 \cdot 10^{-3}$

$u(v_3) = u_r(v_3) \cdot v_3 = 1.68 \frac{m}{s}$

$u_r(T) = 9.527 \cdot 10^{-4}$

$v_3 = (333.33 \pm 1.68) \frac{m}{s}$

2b) compatibilità: la v_1 non è compatibile con v_2 e v_3

$|v_2 - v_3| \le k \sqrt{u^2(v_2) + u^2(v_3)} \qquad 3.33 \le k \cdot 2.0191 \qquad k \ge 1.64$

v_2 e v_3 sono compatibili per $k=2$ e $k=3$ e non con $k=1$

NB $\quad |v_1 - v_2| \le k \cdot \sqrt{\;=\;} \rightarrow 30 \le k \cdot 5.625 \qquad k \ge 5.28$

$|v_1 - v_3| \le k \cdot \sqrt{\;=\;} \rightarrow 33.33 \le k \cdot 5.27 \qquad k \ge 6.32$

2c) Miglior stima

$$v = \frac{\frac{v_2}{u^2(v_2)} + \frac{v_3}{u^2(v_3)}}{\frac{1}{u^2(v_2)} + \frac{1}{u^2(v_3)}} = \frac{381.175595}{1.1515} = 331.02 \ \frac{m}{s}$$

$$u(v) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(v_2)} + \frac{1}{u^2(v_3)}}} = 0.932$$

$$v = (331.02 \pm 0.93) \ \frac{m}{s}$$

2d) se la massa del proiettile è descritta da una PDF triang. con $m = 20g$ e semilarghezza $\delta = 1\ g$

E_c - ? e $U(E_c)$ per $k=2$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot \left(331.02 \ \frac{m}{s}\right)^2 = 1095.742 \ J$$

$$u(m) = \frac{2\delta}{\sqrt{24}} = 4.082 \cdot 10^{-4} \ kg$$

$$u_r(E_c) = \sqrt{u_r^2(m) + u_r^2(v) \cdot 4} = 0.0211169$$

$u_r(m) = 0.02041$

$u_r(v) = 2.8095 \cdot 10^{-3}$

$$u(E_c) = u_r(E_c) \cdot E_c = 23.2 \ J$$

$$E_c = (1095.74 \pm 23.2) \ J \qquad U(E_c) = 46.4 \ J$$

per $v = 400(4) \ \frac{m}{s}$

$$E_c = 1600 \ J$$

$$u_r(E_c) = \sqrt{u_r^2(m) + u_r^2(v) \cdot 4} = 0.0285756$$

$$u(E_c) = 45.72 \ J$$

per $v = (400 \pm 4) \ \frac{m}{s}$

$$E_c = (1600 \pm 45.72) \ J$$

$$U(E_c) = 91.45 \ J$$

Es3 3a) 20 min teoria

3b) SS-? $RBW = 10kHz$ $SPAN = 50 \ MHz$

$$SS = (RBW)^2 = 100 \ MHz$$

$$ST = \frac{3SPAN}{(RBW)^2} = 1.5 S$$

Si vuole misurare un segnale costituito da 2 componenti spettrali

① $f_1 = 2 \ MHz$ $V_{pp} = 40 \mu V$

② $f_2 = 9 \ MHz$ $V_{eff} = 700 \ nV$ $R_{in} = 50 \Omega$

NF = 20dB

filtro a IF di larghezza $L = 20kHz$, visualizzando una traccia mediata su 10 scansioni successive livelli di potenza?

$$V_p = V_{eff} \cdot \sqrt{2}$$

$V_{1p} = 20\ \mu V$

$V_{eff} = \dfrac{V_{1p}}{\sqrt{2}}$ $\qquad P_1 = \dfrac{V_{1p}^2}{2 R_{in}} = 4 \cdot 10^{-12}\ W$ $\qquad P_{1\,dBm} = 10 \log_{10}\left(\dfrac{P_1}{1 \cdot 10^{-3} W}\right) = -84\ dBm$

$V_{2\,eff} = 700\ nV$

$P_2 = \dfrac{V_{2eff}^2}{50} = 9.8 \cdot 10^{-15}\ W$ $\qquad P_2(dBm) = 10 \log_{10}\left(\dfrac{P_2}{10^{-3}}\right) = -110\ dBm$

$\boxed{RBW = L} = 20 \cdot 10^3\ Hz = 20\ kHz$

$P_{FLOOR} = -174\ dBm + NF + RBW_{dBHz} = -174 + 20 + 43 = -111\ dBm$

$RBW_{dBHz} = 10 \log_{10}(20 \cdot 10^3) = 43\ dBHz$

3c) Impostazioni?

$f_1 = 2\ MHz$ $\qquad f_{START} = 1\ MHz$ $\qquad SPAN = 9\ MHz$

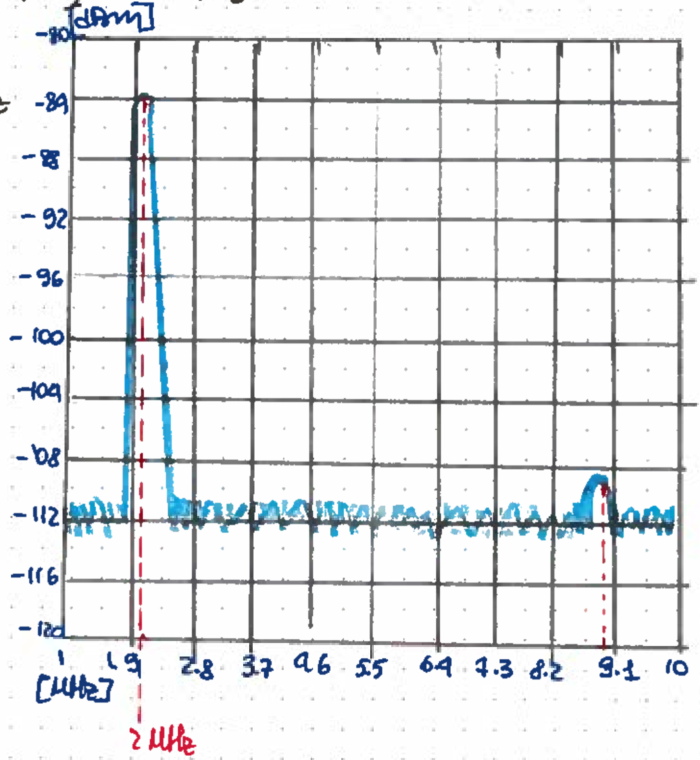
$f_2 = 9\ MHz$ $\qquad f_{STOP} = 10\ MHz$

$A_x = 0.9\ MHz$

$RL = -80\ dBm$ $\qquad RBW = 0.02\ MHz$

$A_y = 4\ dB/div$

$T_{MIS} = 10 \cdot ST = 10 \cdot \dfrac{3\ SPAN}{(RBW)^2} = 0.675\ s = 675\ ms$



TDE 01.02.2012 17.28

Es1 Si ha una cisterna cilindrica completamente riempita

$\rho = 1 \frac{kg}{dm^3}$ $\quad u = 5\ ppm = 5\cdot10^{-6} \frac{kg}{dm^3}$

1a) M_1 ; $\Delta = 1cm$ $\quad D = 4m$ $\quad h_1 = 1m$

$M_1 = \rho V = \rho \cdot \pi \frac{D^2}{4} h = \frac{\pi}{4}\rho D^2 h = 12566.37\ kg$ $\quad \frac{kg}{dm^3}\cdot dm^2\ dm = kg.$

$V = \pi R^2 h$ $\quad D = 40\ dm$, $h = 10\ dm$

$u(\rho) = 5\cdot10^{-6} \frac{kg}{dm^3}$

$u_q = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = \frac{1\cdot10^{-2}\ m}{\sqrt{12}} = 2.88675\cdot10^{-3}\ m = 2.88675\cdot10^{-2}\ dm = 2.89\cdot10^{-2}\ dm$

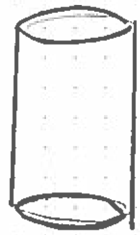
$u_r(M_1) = \sqrt{u_r^2(\rho) + 4u_r^2(D) + u_r^2(h)} = 3.2275\cdot10^{-3}$

$u_r(\rho) = 5\cdot10^{-6}$

$u_r(D) = 7.225\cdot10^{-4}$

$u_r(h) = 2.89\cdot10^{-3}$

$u(M_1) = u_r(M_1)\cdot M_1 = \quad kg$



$M_1 = (12566.37 \pm 40.61)\ kg$

1b) $P = 0.111\ MPa$ $\quad g = 9.8\ \frac{m}{s}\ \ u(g)$ trascur.

$u_r(P) = 0.05$

$P_{atm} = 101.3\ kPa$

$u(P_{atm}) = 100\cdot10^{-6}\ Pa$ $\quad k=3$

$P = 0.111\ MPa$

$P = P_{H_2O} + P_{atm} = \rho g h_2 + P_{atm}$

$h_2 = \frac{P - P_{atm}}{\rho g}$

$[Pa] = \frac{kg}{\cancel{m^3}}\cdot\frac{m}{s^2}\cdot \cancel{m} = \frac{kg}{m\,s^2}$

$h_2 = \frac{9700\ \frac{kg}{m\cdot s^2}}{9.8\frac{m}{s^2}\cdot\frac{1\ kg}{(0.1)^3 m^3}} = \frac{9700\ \frac{kg}{m\cdot s^2}}{9.8\cdot1000\ \frac{kg\,m}{m^3 s^2}} = m$

$\frac{\frac{kg}{m}/s^2}{\frac{m}{s^2}\cdot\frac{kg}{m^3}} = m$

$= 0.98979\ m = 9.8979\ dm$

$P - P_{atm} = A$

$u(A) = \sqrt{u^2(P) + u^2(P_{atm})} = 5550\ Pa$

$u(P) = 0.05\cdot0.111\ MPa = 5550\ Pa$

$u(P_{atm}) = \frac{100\cdot10^{-6}}{3} = 3.333\cdot10^{-5}\ Pa$

$A = 9700$

$u_r(A) = 0.57$

$u_r(h) = \sqrt{u_r^2(A) + u_r^2(\rho) + u_r^2(g)} = 0.57$

$u_r(\rho) = 5\cdot10^{-6}$

$u(h) = 0.564\ m$

$M_2 = \rho V = \rho\cdot\frac{\pi}{4}D^2 h = 12438.07\ kg$

$u_r(M_2) = \sqrt{4u_r^2(D) + u_r^2(h) + u_r^2(\rho)} = 0.57$ $\quad u(M_2) = 7089.7\ kg$

1e) $M_{3,i}$ = 42500 42700 42900 42600 42700 42800 42700

$\overline{M}_3 = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} M_{3,k} = 42700$ kg $u(M_3) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)}\sum_{k=1}^{n}(M_{3,k}-\overline{M}_3)^2} =$

$= 48.795$ kg

$M_3 = (42700 \pm 48.795)$ kg

1d) La M_2 presenta l'inc più elevata ed è dovuta al sensore di pressione

1e) compatibilità sicuramente m_2 non è compatibile con le altre

$|M_1 - M_3| \le k\sqrt{u^2(m_1)+u^2(m_3)}$ $30133,6 \le k \cdot 63.48$ $k \geq 474.66$

$|M_1 - M_2| \le k\sqrt{u^2(m_1)+u^2(m_2)}$ $128.3 \le k \cdot 7089$ $k \geq 0.018$ $k=1,2,3$

$|M_2 - M_3| \le k\sqrt{u^2(m_1)+u^2(m_2)}$ $30262 \le k \cdot 7089,167$ $k \geq 4.27$

1f) miglior stima

$$M = \frac{\frac{M_1}{u^2(m_1)} + \frac{M_2}{u^2(m_2)}}{\frac{1}{u^2(m_1)} + \frac{1}{u^2(m_2)}} = \frac{7.619828}{6.063847 \cdot 10^{-4}} = 12\,565.99 \text{ kg}$$

$$u(M) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(m_1)} + \frac{1}{u^2(m_2)}}} = 40.6 \text{ kg}$$

$M = (12565.99 \pm 40.6)$ kg

40 min ok

$\boxed{\text{Es2}}$ Si intende misurare la risposta al gradino di un ampl. con guadagno di 20 dB

$T_s = 100\ \mu s$

$V_g = 0.5$ V

Si vuole acquisire l'ingresso e l'uscita dell'amplificatore attraverso una DAQ con $\Delta V = 0.1$ mV

2a) $20\log_{10}(G_{lin}) = 20$ dB $\rightarrow \log_{10} 10 = \log_{10} G_{lin} \longrightarrow \boxed{G_{lin} = 10}$

$f_s = \frac{1}{T_s} = 10$ kHz $\rightarrow f_c \geq 20\text{ kHz} \cdot 2 \rightarrow f_{sa} = 40$ kSa/s

$D_{ADC} = \pm 5$V come lo è normalmente

ci viene chiesta $\Delta V = 0.1$ mV $N = \frac{D_{ADC}}{G \cdot \Delta V}$ $N_1 = \frac{10}{20 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}} = 5000$ livelli

ora $D_{in} = 0;\ 0.5$V $G_1 = \frac{10}{0.5} = 20$ $N_2 = \frac{10}{2 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}} = 50.000$ livelli

$D_{out} = 0;\ 5$V $G_2 = \frac{10}{5} = 2$

$n = \log_2(N_2) = 15.61 \simeq 16$ bit

Inoltre deve disporre di 2 canali in single ended

2b)

tempo t [μs]	tensione V [V]
1	0.12
2	0.21
5	0.57
10	1.12
↑ x	↑ y

si ricavi la pendenza della tensione d'uscita e si stimi τ

$y = \cancel{m}x + q$

$m = 0.112245 \ \frac{V}{\mu s}$ $\quad q = 0$

$\tau = \frac{V_{regime}}{m} = 44.55 \ \mu s$

$\boxed{Es3}$ Osc dig a 2 canali $B = 100\ MHz$ $\quad f_{sa} = 1\ GSa/s$

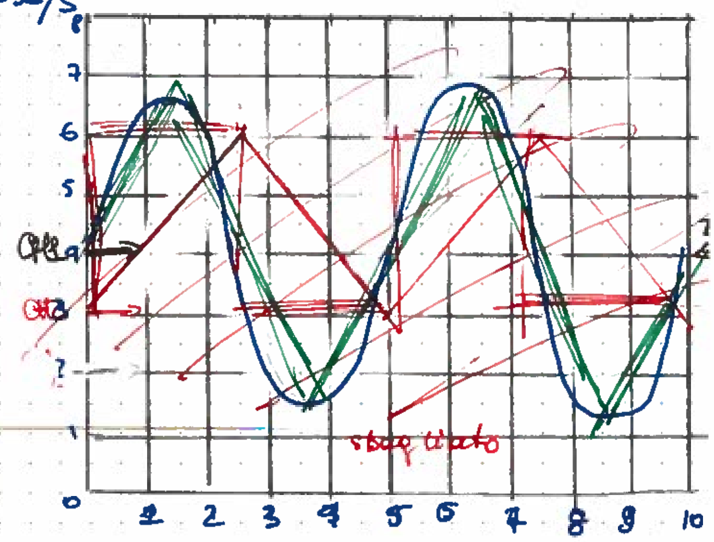
V_1: onda triangolare $V_{pp} = 10\ mV$

$f_1 = 100\ kHz$ offset 2 V su CH1

V_2: onda quadra DC = 50%

0 ; 3V sincrona con V_1; su CH2

Accoppiamento: DC (non perdo l'offset di V_1)



slope +

• verticale

CH1: vertical position 2V nella 4° divisione

vertical position 0V nella 3° divisione

$C_{y,1} = \frac{10\ mV}{8\ div} = 1.25\ mV/div$ $\quad C_{y,1} = 2\ mV/div$

$C_{y,2} = 0.375\ V/div \longrightarrow C_{y,2} = 1\ V/div$

• orizzontale

trigger: su CH2 poco più del livello nullo

$f = 100\ kHz$ $\quad C_x = \frac{2 \cdot 10\ \mu s}{10\ div} = 2\ \mu s/div$

$T_s = \frac{1}{f} = 10\ \mu s$

3b) $\Delta = 0.0625\ mV$ sull'onda triangolare

CH1: in AC e impostare $2\ mV/div$ $\quad \left(\frac{0.0625 \cdot 256 \text{ livelli}}{8\ div} \right)$ $\quad 2^{8}$: 8 bit

Pretest

(1) $P_N = 10\ pW/Hz$ corrispondono a

$P_N = 10 \cdot 10^{-12}\ \frac{W}{Hz}$ $\quad P_N\ dB = 10 \log_{10}(10 \cdot 10^{-12}) = -110\ dB_{Hz}$

-80 dBm
10 dB
-80 dBm/Hz
-110 dBc/Hz
-110 dB

(2) Una grandezza senza inc. è:
1) campione primario
2) oggetto di taratura
3) metro
4) velocità della luce ✓
5) la onde

(3) $c = \frac{a}{2} + b$ ottenuti da una misura senza correlaz.

a) $u_r(c) = \sqrt{u_r^2(a) + u_r^2(b)}$
b) $u(c) = \sqrt{\frac{u^2(a)}{4} + u^2(b)}$
c) $u(c) = u(a)\frac{1}{2} + u(b)$
d) $u(c) = \sqrt{u^2(a) + u^2(b)}$
e) $u_r(c) = \sqrt{u_r^2(a) \cdot \frac{1}{4} + u_r^2(b)}$

$u(c) = \sqrt{\frac{1}{4} u^2(a) + u^2(b)}$

(4) misuro la stessa tensione V e una corrente I con 2 strumenti diversi aventi $u_r(V) = u_r(I) = 0.01$ $\quad u(R) - ?$

a) 1.4%
b) 1.4Ω
c) 1%
d) 0.7%
e) 1Ω

$V = RI \rightarrow R = \frac{V}{I}$ ✓

$u_r(R) = \sqrt{u_r^2(V) + u_r^2(I)} = 0.01414 = 1.4\%$

$u(R) = 0.01414\ \Omega$

se $R = 1\Omega$

(5) DAQ $f_{sa} = 200\ \frac{kSa}{s}$ 5 analog in in diff. qual'è la massima frequenza ricostruibile?

a) 10 kHz
b) 20 kHz
c) 40 kHz
d) 100 kHz
e) 200 kHz

(6) la tecnica di regressione lineare (C) ✓

(7) $n = 10\ bit$ $\quad f_{sa} = 100\ \frac{kSa}{s}$ $\quad D = \pm 5V$ $\quad \Delta V - ?$

a) 3.9 mV
b) 1 mV
c) 1 V
d) 200 mV
e) 10 mV ✓

$N = \frac{D}{\Delta V} \rightarrow \Delta V = \frac{D}{N} = \frac{D}{2^{10}} = 9.76\ mV$

8 # comparatori in un flash? a n bit

a) n

b) n − 1

c) $\log_2 n$

d) $2^n - 1$ ✓

e) 255

9 Modalità di acq. in tempo equiv c ? × a

10 In cui AS il f_{FLOOR} cresce con? a −? ✓ a

5 punti