TDE 27.06.12

Es1 Furgone di tara 1300 ± 5 kg trasporta 4 m^3 di sementi e 800 l di olio (volumi con incertezza trascurabile)

$\rho_{sementi} = 0.206 \quad 0.213 \quad 0.191 \quad 0.194 \quad 0.207 \quad 0.189 \quad kg/dm^3$

$\rho_{olio} \to \quad 0.85 \le \rho_{olio} \le 0.95 \; kg/l$ PDF triangolare.

$m_a = 86.4\ kg \quad \Delta = 200g$

1a) massa a pieno carico e la sua incertezza relativa?

$m_t = (1300 \pm 5)\ kg$

$m_a = (86.4\ kg \pm 0.0577\ kg) \quad u_q(m_a) = \frac{200\ g}{\sqrt{12}} =$

$m_{olio} = \rho_{olio} \cdot V_{olio} = \quad \rho_{olio} = \frac{0.95 + 0.85}{2} = 0.9\ kg/l \quad \Delta\rho_{olio} = 0.05\ kg/l$

$= 0.9\ kg/l \cdot 800\ l = 720\ kg \quad u(\rho) = \frac{\Delta\rho}{\sqrt{24}} = 0.01\ kg/l$

$\bar{\rho}_{sem} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \rho_{sem,i} = 0.2\ kg/dm^3 = \frac{0.2\ kg}{(0.1)^3 m^3} = \frac{200\ kg}{m^3}$

$m_{sem} = 4 m^3 \cdot 200 \frac{kg}{m^3} = 800\ kg$

$m_{TOT} = m_t + m_a + m_o + m_{sem} = 2906.4\ kg$

$u_r(m_o) = 0.0225$

$u(m_o) = 16.2\ kg$

$u(\rho_{sem}) = \sqrt{\frac{1}{30}\sum_{k=1}^{6}(\rho_{sem,k} - \bar{\rho}_{sem})^2} = 4.05 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{dm^3} = 4.05 \frac{kg}{m^3}$

$u_r(m_{TOT}) = \sqrt{u_r^2(m_T) + u_r^2(m_a) + u_r^2(m_o) + u_r^2(m_{sem})} = 0.0234$

$= \quad = 0.0234$

$u(m_{TOT}) = 68.086\ kg$

$N\,m = \frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot m = \frac{kg\,m^2}{s^2} = J$

$m_{TOT} = (2.906.4 \pm 68)\ kg$

1b) $v = (95.4 \pm 5.6)\ km/h = \quad E_k - ?$

$= (26.5 \pm 1.56)\ m/s$

$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = 1.0205\ MJ$

$u_r(E_k) = \sqrt{u_r^2(m) + 4 u_r^2(v)} = 0.12$

$u(E_k) = u_r(E_k) \cdot E_k = 1.225 \cdot 10^5\ J$

1c) $g = 9.81\ (2)\ m/s^2$

$U = mgh \to h = \frac{U}{mg} = 35.79\ m$

$u_r(h) = \sqrt{u_r^2(E_k) + u_r^2(m) + u_r^2(g)} = 0.122$

$h = (35.79 \pm 4.38)\ m$

$u(h) = u_r(h) \cdot h = 4.376\ m$

E 32 DAQ $D = \pm 5V$ $G = 0.5 \quad 1 \quad 10 \quad 100$

V_1: $f_1 = 10\,kHz$ $V_{pp} = 200\,mV$ a valor medio nullo $\Delta = 0.1\,mV$

V_2: onda quadra $0V \; 1V$ $f_2 = 1\,kHz$ almeno 50 camp per periodo

V_3: termocoppia $S = 50\,\mu V/°C$ $T = 500°C$ con $u(T) \le 300\,mK$ $k=3$ $T_0 = 25°C$

V_4: sensore di pressione $S_p = 12\,mV/kPa$ posto a 10 metri sotto il livello del mare

$1\,atm = 101.325\,kPa$ $\Delta V_4 = 1\,mV$

la scheda deve avere almeno 4 canali in modalità differenziale

V_1: $f_1 = 10\,kHz$ $V_{pp} = 200\,mV$ $N_1 = \dfrac{D_{A/D}}{G' \cdot \Delta V_1} = 10\,000$ livelli

$D_1 = \pm 200\,mV$

$G_1 = \dfrac{D_{AD}}{D_1} = 50$ scelgo $G_1 = 10$ $n_1 = \log_2 N_1 = 14$ bit

V_2: $D_2 = 0 - 1\,V$ $f_2 = 1\,kHz \cdot 50 = 50\,kHz$

$G_2 = \dfrac{D_{AD}}{D_2} = 10$ $G_2 = 10$ con il valore di zero nel fondo

V_3: termocoppia $V_3 = \Delta T \cdot S = (500°C - 25°C) \cdot 50\,\mu V/°C = 23.75\,mV$ $0K = -273.15°C$

$u(T) = \dfrac{U(T_3)}{3} = 0.1\,K$

$u(V_3) = u(T) \cdot S = 5\,\mu V = \dfrac{\Delta}{\sqrt{12}} \rightarrow \Delta = 5\,\mu V \cdot \sqrt{12} = 1.732 \cdot 10^{-5}\,V = \Delta V_3$

$G_3 = \dfrac{D_{AD}}{D_3} = 421.05 \rightarrow G_3 = 100$

$N_3 = \dfrac{D_{AD}}{G_3 \cdot \Delta V_3} = 5774$ livelli $N_3 = 5774$

segnale molto lento $n_3 = \log_2 N_3 = 13$ bit

V_4: a 10 metri sotto il livello del mare si ha una pressione di $0.1\,atm/m \cdot 10\,m = 1\,atm$

dunque siamo a 2 atm di pressione a cui sta il sensore

$V_4 = (2 \cdot 101.325 \cdot 10^3)\,Pa \cdot 12\,\mu V/kPa = 2 \cdot 101.325 \cdot 12\,\mu V = 2.43\,\cancel{mV}\,\dfrac{V}{kPa} \cdot kPa$

$N_4 = \dfrac{D_{AD}}{G_4 \cdot \Delta V_4}$ $G_4 = \dfrac{D_{AD}}{D_4} = \cancel{...}$ scelgo $G_4 = \cancel{100}$ $G_4 = 1$

$N_4 = \dfrac{10}{100 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 1000$ livelli $n_4 = \log_2 N_4 = 14$ bit

frequenza bassa

$f_{max} = f_2 = 50\,kHz$ $f_c \geq 2 f_{max} \geq 100\,kHz$ dunque $f_{sa} = 200\,kSa/s$

Abbiamo bisogno di una DAQ con frequenza di campionamento $f_{sa} = 200\,kSa/s$

4 canali in differenziale e $n = 14$ bit

$G_1 = 10$

$G_2 = 10$

$G_3 = 100$

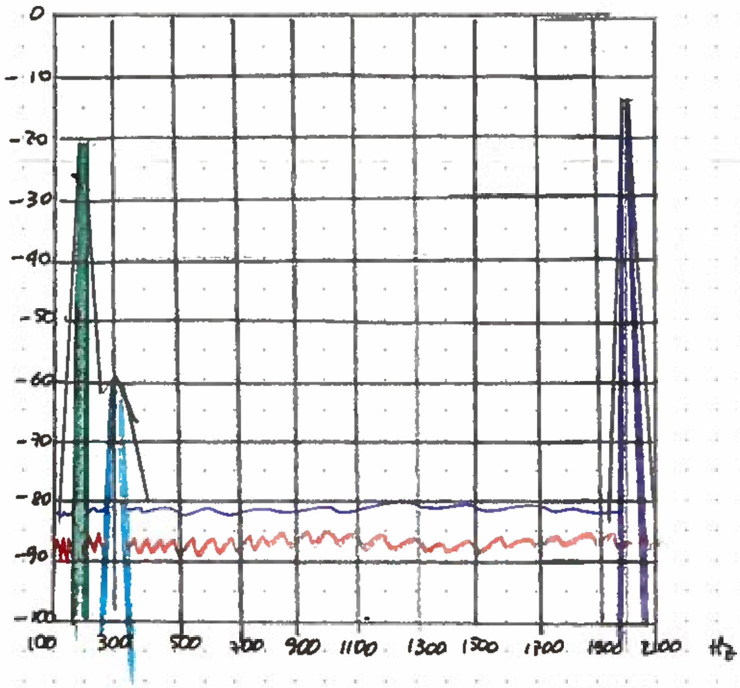
$G_4 = 100$

$A_y = 10 \text{ dBm}/\text{div}$

$A_x = \dfrac{\text{SPAN}}{10} = 200 \text{ Hz}/\text{div}$

4d) RBW = 30 Hz

$P_N = -86$ dBm



Es3 3b) $n = 8\,bit$

$f_{sa} = 2 \cdot 10^9\ Sa/s$

$V_{Neff} = 2mV \qquad D = 0;1\ V$

risoluzione adimensionale dim ; bit eq.

dimensionale

$$\Delta V = \frac{D_{IN}}{Q^n} = \frac{1}{2^8} = 3.9\ mV$$

$$\delta = \frac{1}{2^n} = 3.9 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{n_e = n - \frac{1}{2}\log_2\left(\frac{\sigma_q^2 + \sigma_N^2}{\sigma_q^2}\right)}$$

$= 6.97 \simeq 7\ bit$

$$\boxed{\begin{array}{l}\sigma_q^2 = u_q^2 = \left(\frac{\Delta}{\sqrt{12}}\right)^2 = \left(1.128 \cdot 10^{-3}\right)^2 = \\ \sigma_N^2 = \left(V_{Neff}\right)^2 = 4 \cdot 10^{-6}\end{array}}$$

Es4 AS con NF = 27 dB si ottiene un segnale composto da 3 sinusoidi

con $v_{Neff} = 2\,\mu V/\sqrt{Hz}$ $\qquad \sigma_N^2 = (V_{N\,eff})^2 = 4 \cdot 10^{-12}\ \frac{V^2}{Hz}$

a) $f_1 = 2kHz$ con $V_{pp} = 40mV$

b) $f_2 = 150\ Hz$ con $P_2 = 10\ \mu W$

c) $f_3 = 2 f_2 = 300\ Hz$ $\qquad P_3 = -40\ dBc = 10\log_{10}\left(\frac{P_3}{P_2}\right)$

4a) Tutte le potenze

$V_p = 20\ mV \qquad V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \qquad P_1 = \frac{V_{eff}^2}{R_{in}} = \frac{V_p^2}{2R_{in}} = 4 \cdot 10^{-6}\ W$

$P_{1\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_1}{1mW}\right) = -24\ dBm$

$P_2 = 10 \cdot 10^{-6}\ W \qquad P_{2\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_2}{10^{-3}W}\right) = -20\ dBm$

$P_3 = -20\,dBm - 40\ dBc = -60\ dBm$

$$\frac{-40}{10}\log_{10}10 = \log_{10}\frac{P_3}{P_2} \qquad \frac{P_3}{P_2} = 1 \cdot 10^{-4} \qquad P_3 = P_2 \cdot 10^{-4} = 10 \cdot 10^{-10}$$

$$P_3 = 10\log_{10}\left(\frac{10 \cdot 10^{-10}}{10^{-3}}\right) = -60\ dBm$$

4b) Parametri

$f_{start} = 100\ Hz \quad f_{STOP} = 2.1\ kHz = 2100\ Hz \qquad SPAN = 2000\ Hz$

$RL = 0\ dBm$

RBW: Δf di segnali più vicini $150\ Hz \qquad RBW = 10\ Hz$

$NF = 27\,dB$

$P_N = \frac{V_{Neff}^2}{R} = 8 \cdot 10^{-14}\ W \qquad P_{N\,dBm} = -101\ dBm$

$P_{N\,TOT} = P_{N\,dBm} + P_{RBW} = -101\ dBm + 10\log_{10} RBW = -91\ dBm$

$P_{FLOOR} = P_{T\,dBm} + NF + RBW = -174 + 27 + 10 = -137\ dBm$

TDE 22.02.12

Es1 $m = 1.0\ kg$ $\Delta m = 0.1\ kg$ $c = 3140.1\ \frac{J}{kg \cdot K}$ $u_r(c) = 0.2\%$

$T_{0i} = [25.8\ \ 24.7\ \ 25.4\ \ 24.3\ \ 24.8]\ °C$

$T_f = 180°C$ $k=2$ $U(T_f) = 2°C$

1a) Ricavare m e T_0, T_f

$u(m) = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = 0.0289\ kg$

$m = (1.0 \pm 0.0289)\ kg$

$\bar{T}_0 = \frac{1}{5}\sum_{k=1}^{5} T_{0,k} = 25.0\ °C$ $u(\bar{T}_0) = \sqrt{\frac{1}{20}\sum_{k=1}^{5}(T_{0,k} - \bar{T}_0)^2} = 0.266\ °C$

$T_0 = (25.0 \pm 0.266)°C$

$u(T_f) = \frac{U(T_f)}{2} = 1°C$

$T_f = (180 \pm 1)°C$

$u(c) = u_r(c) \cdot c = 6.28$ $c = (3140.1 \pm 6.28)\ \frac{J}{kg \cdot K}$

1b) ΔQ e la sua incertezza tipo per portare il pollo a T_f

$\Delta Q = \Delta T \cdot m \cdot c = 155 \cdot 1 \cdot c = 486715.5\ J = 486.72\ kJ$

$\Delta T = T_f - T_0 = 155°C$

$u(\Delta T) = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T}{T_f}\right)^2 \cdot u^2(T_f) + \frac{\partial \Delta T}{T_0} \cdot u^2(T_0)} = \sqrt{u^2(T_f) + u^2(T_0)} =$

$= 1.035\ °C$

$u_r(\Delta Q) = \sqrt{u_r^2(\Delta T) + u_r^2(m) + u_r^2(c)} = \sqrt{4.4568 \cdot 10^{-5} + 8.3521 \cdot 10^{-4} + \underbrace{(2 \cdot 10^{-3})^2}_{4 \cdot 10^{-6}}} =$

$= 0.029$

$u(\Delta Q) = u_r(\Delta Q) \cdot \Delta Q = 14137.1\ J = 14.137\ kJ$

$\Delta Q = (486.72 \pm 14.137)\ kJ$

1c) $\Delta Q_{pr} = 900 \pm 1\ kJ$ compatibilità?

$|\Delta Q_{pr} - \Delta Q| \le k\sqrt{u^2(\Delta Q_{pr}) + u^2(\Delta Q)}$

$413.28 \cdot 10^3 \le k \cdot 14.172$ $k \geq 29.131$ non compatibili

Es2 R_i = 100 200 500 1000 2000 Ω

V_i = 0.3 0.5 1.4 2.3 4.9 V

2a) corrente erogata?

$V = RI$ $\quad R = \frac{V}{I} = \frac{1}{I} \cdot V$ $\quad m = 415.422 = \frac{1}{I}$ →

y, m, x

→ $I = \frac{1}{415.422} = 2.4\ mA$

2b) DAQ $D = \pm 5V$

1000 misure al secondo per ogni resistore

5 canali → $f_{sa} = 5 \cdot 1000 = 5000\ \frac{Sa}{s}$

$u_q \le 1\%$ $\quad \boxed{\frac{\Delta V}{\sqrt{12}} \le 1\% \cdot V_{i(min)}}$

$\frac{D}{\Delta V} = N$ → $\frac{\Delta V}{\sqrt{12}} \le 0.01 \cdot 0.3 = 3 \cdot 10^{-3}\ V$

$\Delta V = \sqrt{12} \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0.01039$

$\frac{10}{\Delta V} = N = 962.25$ $\quad n = \log_2 N = 9.91 \simeq 10$ bit

Es3 Voltmetro a doppia rampa $f_c = 100\ kHz$ $n = 17$ bit $D = \pm 10V$

4a) T_u per avere reiezione infinita alle $f_1 = 1\ kHz$ $f_2 = 430\ kHz$ $f_3 = 50\ Hz$

$r = \frac{\pi f T_u}{|\sin(\pi f T_u)|}$ $\quad \sin(\pi f T_u) = 0$ → $\pi f T_u = 2k\pi$

$T_u = \frac{2k}{f}$

$f_1 = 1\ kHz$ $\quad T_1 = \frac{1}{10^3} = 1\ ms$

$f_2 = 430\ kHz$ $\quad T_2 = \frac{1}{430\ kHz} = 2.32\ \mu s$

$f_3 = 50\ Hz$ $\quad T_3 = 20\ ms$

$T_u = 100\ ms$

4b) $V_x = V_{x,max} = 10V$ $\quad N_u, N_D$

$T_u = N_u \cdot T_c$ → $N_u = \frac{T_u}{T_c} = T_u \cdot f_c =$

$T_D = N_D \cdot T_c$ → $N_D = \frac{T_D}{T_c} = T_D \cdot f_c$

$V_x = -V_r \frac{T_D}{T_u} = -V_r \frac{N_D}{N_u}$

$V_r = -V_x \frac{N_u}{N_D} = 1.53\ V$

$N_u = 10.000$ conteggi

$N_D = N_{D\,MAX} = 2^n = 2^{16} = 65536$ livelli

$T_{DMAX} = N_{DMAX} \cdot f_c = 0.65536\ s$

4c) $V_x = \frac{4}{7} V$ $\quad \delta_i\ \ \Delta V$ $\quad \delta = \frac{1}{N_{tot}} = 7.63 \cdot 10^{-6}$ adimensionale

$N = \frac{D}{\Delta V}$ → $\Delta V = \frac{D}{N_{tot}} = 1.52 \cdot 10^{-4}\ V$??

$\delta = \frac{\Delta V}{V} =$ perché?

TDE 01.02.12

$\boxed{ES1}$ $\rho = 1\ kg/dm^3$ 5 ppm $u_r(\rho) = 5 \cdot 10^{-6}$

1a) $\Delta = \frac{1}{100} m$ $D = 4 m$ $h_1 = 1 m$ $M_1 - ?$

$u_q(D) = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = 2.88 \cdot 10^{-3} = u_q(h_1)$

$M_1 = \rho V$ $V = \pi R^2 h = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h = \frac{\pi}{4} D^2 h$

$M_1 = \rho \pi D h_1 = 12566.37 kg$

$D = 4m = 40\ dm$
$h = 1m = 10\ dm$

$u_r(\rho) = 5 \cdot 10^{-6}$
$u_r(h) = 2.88 \cdot 10^{-3}$
$u_r(D) = 7.2 \cdot 10^{-4}$

$u_r(M_1) = \sqrt{u_r^2(\rho) + u_r^2(h_1) + 4u_r^2(D)} = 3.22 \cdot 10^{-3}$

$u(M_1) = u_r(M_1) \cdot M_1 = 40.463\ kg$

$M_1 = (12566.37 \pm 40.46)\ kg$

1b) $P = 0.111\ MPa$ $u_r(P) = 5\%$ $D = 4\ m$ $u_q(D) = 2.88 \cdot 10^{-3}$
$P_{atm} = 101.3\ kPa$ 110 ppm $k = 3$

$P = \rho g h_2 + P_{atm} \longrightarrow \rho g h_2 = P - P_{atm}$ $\frac{kg}{dm^3} \cdot \frac{m}{s^2}$

$h_2 = \frac{P - P_{atm}}{\rho g} =$ $Pa = \frac{N}{m} = \frac{\frac{kg \cdot \cancel{m}}{s^2}}{\cancel{m}} = \frac{kg}{s^2}$

$u_r(P_{atm}) = 110 \cdot 10^{-6}$

$U(P_{atm}) = u_r(P_{atm}) \cdot P_{atm} = 11.143\ Pa$ che è la estesa con $k=3$

$u(P_{atm}) = \frac{U(P_{atm})}{3} = \frac{11.143}{3} = 3.71\ Pa$

$P_{atm} = (101.3 \pm 3.71 \cdot 10^{-3})\ kPa$

$u(P) = u_r(P) \cdot P = 5550\ Pa$

$h_2 = \frac{9700\ Pa}{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.988\ m$

$\frac{1 kg}{dm^3} = \frac{1 kg}{(10^{-1})^3} = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 9810 \frac{kg}{s^2}$

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

$u_r(h_2) = \sqrt{u_r^2(A) + u_r^2(\rho) + u_r^2(g)} = 0.572$

$u(h_2) = 0.566\ m$

$$M_{II} = \frac{\pi}{4} D^2 h_2 = 12.4281 \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} = 12428.14\ kg$$

$$u_r(M_{II}) = \sqrt{4 u_r^2(D) + u_r^2(h_2) + u_r^2(\rho)} = 0.572$$

$$u(M_{II}) = 7108.8\ kg$$

1c) M_{III}

$$\bar{M}_{III} = 42700$$

$$u(M_{III}) = 48.79$$

1e) compatibilità

$$|M_I - M_{II}| \leq k \sqrt{u^2(M_I) + u_2(M_{II})}$$

$$138.23 \leq k \cdot 7108$$

$k \geq 0.02$ $\qquad k = 1$

1f) miglior stima circa M_I poiché la M_{II} ha un errore catastrofico

Es 2 Si ha un amplificatore con guadagno 20 dB
Il tempo di salita vale $100\,\mu s$ e l'ampiezza del gradino è $0.5\ V$

$\Delta V = 1\ mV$

2a) Prestazioni della DAQ?

la scheda deve avere almeno 2 canali in single ended
la scheda deve essere in grado di acquisire il tempo di salita del segnale di $100\,\mu s$, richiedendo almeno 10 punti per tale tempo dunque

$$f_s = \frac{1}{T_s} \cdot 10 = 100\ \frac{kSa}{s}$$

Poiché la scheda ha 2 canali $\quad f_{sa} = 200 \frac{kSa}{s}$

S_1: ha dinamica da 0 a $0.5V$

S_2: è S_1 amplificato di 20dB

$$\frac{14}{20} \log_{10} 10 = \log_{10} V_2$$

$$V_2 = V_{1\,dBV} + 20dB = 20 \log_{10} 0.5 + 20 = 14\,dB = 5V$$

dunque la dinamica di S_2 è da $0V$ a $+5V$

la risoluzione richiesta è $\Delta V = 1\ mV$ su entrambi i segnali impiegando $D_{ADC} = \pm 5V$

poiché $\boxed{N = \frac{D_{AD}}{\Delta V}}$ si ha $N = \frac{10\ V}{1 \cdot 10^{-3} V} = 10000$ livelli

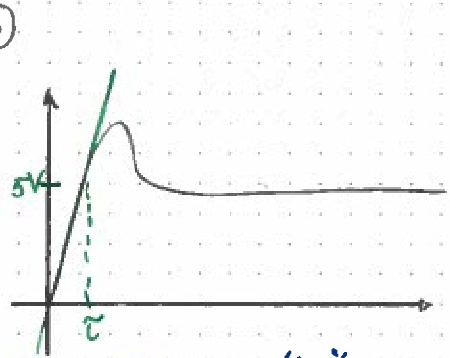
$\boxed{n = \log_2 N} = 13\ bit$

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 in uscita e si calcoli la τ dell'amplificatore

Definendo $y = V$ e $x = t$ ricaviamo m sapendo che $y = mx + b$



$m = 0.1122$

dunque la retta di regressione è $y = 0.1122x$

$\boxed{\tau = \frac{5V}{m}} = 44.55\ \mu s$

ES3 3a) si vuole un voltmetro a doppia rampa con reiezione infinita a $f_1 = 50Hz$ e $f_2 = 60Hz$, che presenti almeno 50 dB di reiezione a $f_3 = 753Hz$. Si calcoli T_u

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

Utilizzando un tempo di integrazione T_I esso deve essere multiplo intero di T_1 e T_2

dunque $T_I = n T_1$ e $T_I = m T_2$

cioè $\frac{n}{f_1} = \frac{m}{f_2} \rightarrow \frac{n}{m f_1} = \frac{1}{f_2} \rightarrow \frac{n}{m} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{5}{6}$

Allora $T_I = 5 T_1 = \frac{5}{f_1} = 0.1 s$

$$r_3 = \frac{\pi f_3 T_I}{|\sin(\pi f T_I)|} = \frac{236.56}{0.809} = 292.4 = 49\ dB$$

a noi viene richiesta una $r_3 = 50 dB$

$$50\ dB = 20 \log_{10} r_3 \rightarrow r_3 = 10^{\frac{5}{2}} = 316.22$$

$$\frac{\pi f_3 T_I}{\sin(\pi f T_I)} = 316.22 \rightarrow \pi f_3 T_I = \sin(\pi f_3 T_I) \cdot 316.22$$ scegliamo $T_I = 0.2 ms$

$$r_{3\,(T_I = 0.2)} = \frac{473.12}{0.951} = 497.46 = 54\ dB$$ che va bene

3b) $N = 4 \cdot 10^6$ livelli e $D = \pm 200 mV$, V_r e T_c -? in modo che $T_D = T_u$

$V_x = -V_r \frac{T_D}{T_u}$ cioè $V_x = -V_r$ praticamente

$N = \frac{D}{\Delta V} \rightarrow \Delta V = \frac{D}{N} = 1 \cdot 10^{-7} V = 0.1 \cdot 10^{6} V = 0.1 \mu V$

$V_r = 200 mV$; $N_D = N_u = \frac{N}{2} = 2000000$ livelli $T_D = T_u \rightarrow N_D T_c = N_u T_c$ e inoltre

$$\frac{V_{in}}{T_D} = \frac{-V_r}{T_{up}} \qquad T_C = \frac{T_I}{2 \cdot 10^6} = 0.1\ \mu s$$

3c) $V_{N_{eff}} = 100\ nV$

ΔV e n_e -?

$$N = \frac{D}{\Delta V} \rightarrow \Delta V = \frac{D}{N} = \frac{400\ mV}{4 \cdot 10^6} = 100\ nV = 0.1\ \mu V$$

$$n_e = 12 - \frac{1}{2} \log\left(\frac{\sigma_N^2 + \sigma_q^2}{\sigma_q^2} \right) \qquad \sigma_q^2 = \left(\frac{\Delta V}{\sqrt{12}}\right)^2 = 8.33 \cdot 10^{-16}$$

$$\sigma_N^2 = (100\ nV)^2 = 1 \cdot 10^{-14}$$

$n - 6.5 = 16$ bit $\rightarrow$ no. dice 20.1 bit

$n = \log_2 N = 22$

Es 4 Si ha un oscilloscopio digitale a 2 canali di 100 MHz di banda passante campionatore a 1 Gsa/s e si osservano i seguenti segnali:

V_1: onda triangolare alternata simmetrica con $V_{pp} = 10\ mV$ $f_1 = 100\ kHz$ a cui è sovrapposto un offset di 2 V su CH1

V_2: onda quadra con Duty cycle di 50% livelli 0 e 3 V $f = 100\ kHz$ i cui fronti di salita e di discesa sono sincroni a quelli dell'onda triangolare

1a) Impostazioni per 2 periodi? senza trascurare l'offset

Se vogliamo avere anche l'offset allora colleghiamo entrambi i segnali (rispettivamente posti su V_1:CH1 e V_2:CH2) in DC poiché se colleghiamo in AC tagliamo l'offset.

• sezione di deflessione verticale

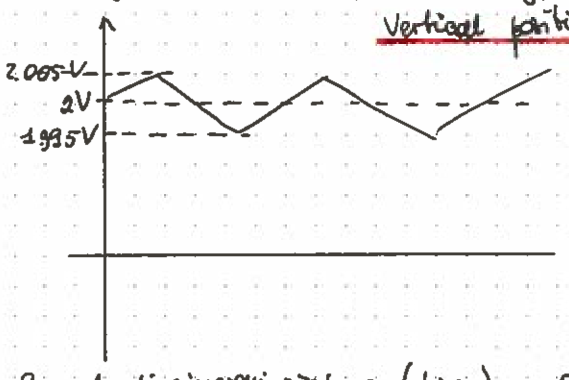
abbiamo $V_{pp} = 10\ mV + 2\ V$ offset ~~dunque D = ... V/div~~

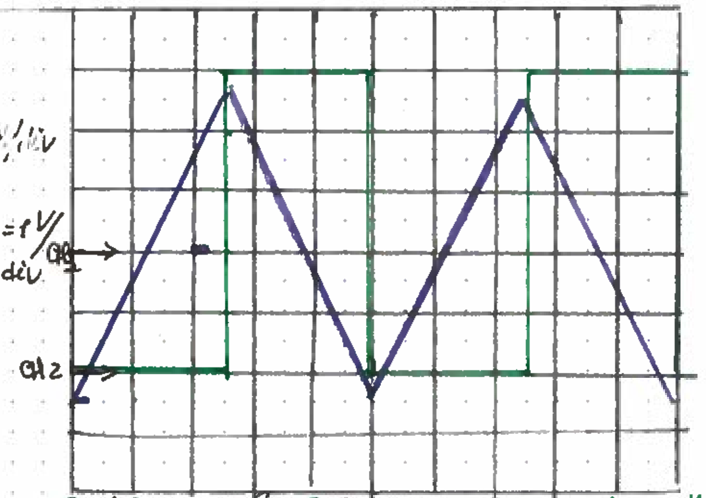
$V_2 = 0V; 5V \qquad C_{y_2} = \frac{5\ V}{8\ div} = 0.625\ V/div \Rightarrow C_{y,2} = 1\ V/div$

$C_{y,1} = 1.25 \cdot 10^{-3}\ V/div \longrightarrow C_{y,1} = 2\ mV/div$

Vertical position: CH1 : 2V

CH2 :





Livello di zero per CH1 al centro schermo

per CH2: alla seconda divisione dal basso

I segnali sono isofrequenziali di $T_s = \frac{1}{f} = 10\ \mu s$

Vogliamo vedere 2 periodi dunque

$$C_x = \frac{2T}{10} = 2\ \mu s/div$$

slope +

Sorgente di sincronizzazione (trigger) su CH2 poiché il segnale è più veloce e regolare

TDE 02.02.16

Es1 Si vuole determinare la potenza P di un segnale a 1 kHz dissipata dalla serie di R_1 e R_2.

1a) P_a è misurata sapendo $V_{eff} = 5\,V$ con incertezza estesa di 80 ppm al 95%

$R_1 = 1\,k\Omega$ letta con un DMM a $3\frac{1}{2}$ cifre (4000 livelli in dinamica bipolare)

$R_2 = 400.00(40)\,\Omega$

$$P_a = \frac{V_{eff}^2}{R_{eq}} = \frac{V_{eff}^2}{R_1+R_2} = \frac{25\,V}{1400\,\Omega} = 0.017857\,W = 17.8571\,mW$$

$$U(V_{eff}) = 80\cdot10^{-6} = 8\cdot10^{-5} \qquad u(V_{eff}) = \frac{U(V_{eff})}{3} = 2.67\cdot10^{-5}\,V$$

$95\% \to k=3$

$u(R_2) = 0.40\,\Omega$

$N = \frac{D}{\Delta}$, $R_1 = 1.000\,k\Omega$ allora $D = 1.999\,k\Omega$ $\quad \Delta = \frac{1}{10^3} = 10^{-3}\,V$

$$u_q = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = 0.29\,m\Omega$$

$$u(R_{eq}) = \sqrt{u^2(R_1) + u^2(R_2)} = 0.4 \qquad u_r(V_{eff}) = \frac{u(V_{eff})}{V_{eff}} = 5.34\cdot10^{-6}$$

$$u_r(P_a) = \sqrt{u_r^2(V_{eff}) + u_r^2(R_{eq})} = 2.857\cdot10^{-4} \qquad u_r(R_{eq}) = \frac{u(R_{eq})}{R_{eq}} = 2.857\cdot10^{-4}$$

$$u(P_a) = P_a\cdot u_r(P_a) = 5.1\cdot10^{-6}\,W = 5.1\,\mu W$$

$$P_a = 17.8577\,(51)\,mW$$

1b) $P_{b_i} = 20 \quad 18 \quad 24 \quad 16 \quad 22 \qquad n=5$

$$\bar{P}_b = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} P_{b,k} = 20\,mW$$

$$P_b = (20 \pm 1.414)\,mW$$

$u(P_b) = 1.414\,mW$

1c) $P_c = 7.0\,dBm \qquad u(P_c) = 0.1\,dB$

$$P_c = 10\log_{10}\left(\frac{P_{c\,lin}}{1\cdot10^{-3}}\right) = 7.0\log_{10}10 \to \frac{7}{10}\log_{10}10 = \log_{10}\left(\frac{P_{c\,lin}}{1\cdot10^{-3}}\right)$$

$$10^{\frac{7}{10}} = \frac{P_{c\,lin}}{10^{-3}} \to P_c = 10^{-3}\cdot10^{\frac{7}{10}} = 5.0119\cdot10^{-3} = 5.0119\,mW$$

$f_c = 50\,Hz$

0.1 dB corrisponde a circa 2% del valore misurato

dunque $\quad u(P_c) = P_c\cdot u_r(P_c) = P_c\cdot 0.02 = 0.1\,mW$

$$P_c = (5.0119 \pm 0.1)\,mW$$

1d) compatibilità tra le 3 misure?

$P_a - P_b$: $\quad |P_a - P_b| \leq k\sqrt{u^2(P_a) + u^2(P_b)}$

$2.1423\cdot10^{-3} \leq k\cdot1.414\cdot10^{-3} \qquad k \geq 1.515 \qquad k=2$

$P_a - P_c$ $\qquad |P_a - P_c| \leq k \sqrt{u^2(P_a) + u^2(P_c)}$

$12.8458 \cdot 10^{-3} \leq k \cdot 1.0\,0129 \quad \rightarrow \quad k \geq 128$

$P_b - P_c$ $\qquad |P_b - P_c| \leq k \sqrt{u^2(P_b) + u^2(P_c)}$

$14.9881 \cdot 10^{-3} \leq k \cdot 1.4175 \cdot 10^{-3} \qquad k \geq 10.57$

1e) Miglior stima

$$P = \frac{\frac{P_a}{u^2(P_a)} + \frac{P_b}{u^2(P_b)}}{\frac{1}{u^2(P_a)} + \frac{1}{u^2(P_b)}} = \frac{686580552.8}{3.844725 \cdot 10^{10}} = 0.01785772 = 17.856 \text{ mW}$$

$$u(P) = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{u^2(P_a)} + \frac{1}{u^2(P_b)}}} = 5.099 \cdot 10^{-6} \text{ W} =$$

$P = 17{,}8577(51) \text{ mW}$

45 min

Es2 DAQ : Impiega un ADC con $D_{ADC} = \pm 1 V$ e guadagni $[1; 2, 5, 10]$

S_1 : tensione di rete attenuata di 40dB

S_2 : tensione batteria "a transistor" 9 V

S_3 : segnale di clock a onda quadra 0. 4 V con periodo $T = \frac{1}{10}$ s

S_4 : segnale di temperatura da $-40°C$ a $+60°C$ misurato con circuito integrato $S = 10 mV/°C$ e uscita 0V a 0°C

$\Delta = 1 mK$

S_1: $f_1 = 50$ Hz $\qquad V_{eff} = 220 V \qquad V_p = 220\sqrt{2} = 311 V$ attenuata di 40dB

$40dB = 20 \log_{10} V \rightarrow \log_{10} V = 2 \log_{10} 10 \rightarrow V = 10^2 = 100$

attenuazione

$V_p = \frac{311 V}{100} = 3.111$ V

$V_{P,P} = 6.22$ V

S_2: $V = 0; 9V$; $\qquad S_3$: onda quadra dinamica $D = 0;4V$

$f_3 = \frac{1}{T_3} = 10$ Hz

S_4: $V_{min} = -40°C \cdot 10 mV/°C = -0.4 V$

$V_{max} = +60°C \cdot 10 mV/°C = 0.6 V$

2a) Guadagni $G = \frac{D_{ADC}}{D_{segnale}}$

$G_1 = \frac{2V}{6.22V} = 0.32 \rightarrow G_1 = 1$ bipolare

$G_2 = \frac{2V}{9V} = 0.22 \rightarrow G_2 = \frac{1}{10}$ unipolare

$G_3 = \frac{1V}{4} = \frac{1}{4} = 0.25 \rightarrow G_3 = \frac{1}{10}$ unipolare

$G_4 = 1$ bipolare

2b) velocità di conversione e # di bit

$f_1 = 50Hz$ f_2 -? è continua $f_3 = 10Hz$ f_4 è lento

$f_c \geq 2 f_{max}$ $f_c \geq 100 Hz$ per 4 canali in single ended $f_{ca} = 400$ sa/s

ci viene chiesta una risoluzione di $\Delta = 1$ mK

$\Delta V = 1mK \cdot \frac{10 mV}{K} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3} V = 1 \cdot 10^{-5} V$

$N = \frac{D}{\Delta V} = \frac{2V}{1 \cdot 10^{-5} V} = 200\,000$ livelli

$n > \log_2 N = 17.6 \rightarrow n = 18$ bit

2c) l'uscita di S_4 presenta un ripple di rete con $V_{eff} = 2mV$ viene letta con un voltmetro integratore a doppia rampa a 22 bit, din bipolare $D = \pm 20V$

Il voltmetro deve avere almeno 3 letture al secondo con $f_c = 20 MHz$

scegliere T_I e se ne valuti la reiezione in dB a $f = 313 Hz$ $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$

$r = \frac{\pi f T_1}{|\sin(\pi f T_1)|}$ $T_{mis} = T_u + T_D$ $T_D = N_D \cdot T_C$ $T_u = N_u \cdot T_c$ $V_p = V_{eff} \sqrt{2} = 2.828 \cdot 10^{-3} V$

$T_u = 4.194 \cdot 10^{13}$

$N_{TOT} = 2^{22} = 4.194 \cdot 10^6$ letture

$= 4\,194\,304$ letture

$T_D = \frac{1}{f_D} = \frac{1}{50Hz} = 0.02 s$

$N_u = \frac{N_{TOT}}{2} =$

$N_{D,MAX} = \frac{N_T}{2} = 2 \cdot 10^6$ letture

$T_1 = T_u = m\, T_D$ con m intero

$f_{mis} = 3 Hz$ $T_{mis} = \frac{1}{f_{mis}} = 0.333 s$

$T_{DMAX} = \frac{N_{DMAX}}{f_c} = 0.1 s$

$T_u = T_{mis} - T_{DMAX} = 0.233 s$

$T_u = T_i = 0.220 s$

$r = \left|\frac{\pi f T_u}{\sin(\pi f T_u)}\right| = \frac{216.33}{0.42577} = 508.08 = 54$ dB

2d) se la $T_{MIS} = 25.555°C$ si valuti il valore della tensione ($S = 10\,mV/°C$) letta dal voltmetro corrispondente.

$$V = 25.555°C \cdot 10\,mV/°C = 0.25555\ V \quad \text{effettiva}$$

$$V_x = 0.25555\ V$$

$$V_x = -V_r \frac{T_D}{T_u} = -V_r \frac{N_D}{N_u}$$

BoH

2e) si ha un rumore interno di $0.2\,mV = V_{N\,eff}$ $n_e - ?$

$$n_e = n - \frac{1}{2}\log_2\left(\frac{\sigma_{2N}^2 + \sigma_{2q}^2}{\sigma_q^2}\right) =$$

$$= 22 - 6 = 16\ bit\ eff.$$

$$\sigma_q^2 = \left(\frac{\Delta V}{\sqrt{12}}\right)^2 = 7.579 \cdot 10^{-12}$$

$$\Delta V = \frac{D}{N} = \frac{D}{2^{22}} = 9.536 \cdot 10^{-6}\ V$$

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

$$n_e = n - \frac{1}{2}\log_2\left(1 + \frac{\sigma_N^2}{\sigma_q^2}\right)$$

45 min

Es 4 AS $s(t) = A_1 \sin(2\pi f t) + A_2 \sin(4\pi f t) + A_3 \sin(16\pi f t)$

$f = 100\,kHz$ $A_1 = 200\,mV$ $A_2 = 100\,\mu V$ $A_3 = 20\,mV$

4a) Potenze nelle frequenze in dBm su $R_{in} = 50\Omega$

$f_1 = 100\,kHz$ $f_2 = 200\,kHz$ $f_3 = 800\,kHz$ $A_{eff} = \frac{A_1}{\sqrt{2}}$

$$A_{1\,eff} = \frac{200\,mV}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{10} = 0.1414\ V$$

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

$$A_{2eff} = \frac{100\,\mu V}{\sqrt{2}} = 7.071 \cdot 10^{-5}$$

$$P_2 = \frac{(A_{2eff})^2}{R} = 1 \cdot 10^{-10}\ W \qquad P_{2\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_2}{1\,mW}\right) = -70\,dBm$$

$$A_{3eff} = \frac{20\,mV}{\sqrt{2}} = 0.01414$$

$$P_3 = \frac{A_{3eff}^2}{R} = 4 \cdot 10^{-6} \qquad P_{3\,dBm} = 10\log_{10}\left(\frac{P_3}{1\,mW}\right) = -24\,dBm$$

4b) NF = 34 dB per visualizzare 30 schermate al secondo

$$f_s = 30\,Hz \qquad ST = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{30} = 0.0333 = \frac{3\,SPAN}{(RBW)^2}$$

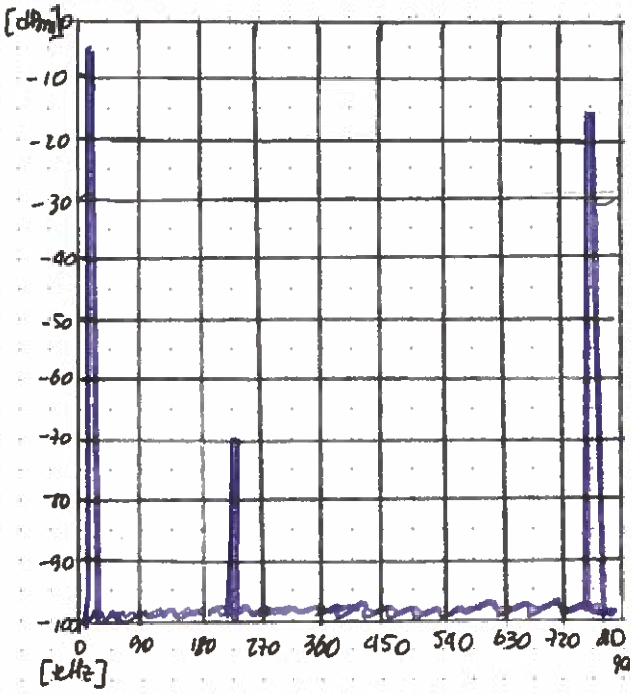
$f_{start} = 0\,kHz$ $f_{stop} = 900\,kHz$ $SPAN = 900\,kHz$

$$(RBW)^2 \cdot ST = 3\,SPAN \rightarrow RBW = \sqrt{\frac{3\,SPAN}{ST}} = 9000\ Hz = 9\,kHz$$

Dunque abbiamo RBW = 9kHz SPAN = 900 kHz $ST = \frac{1}{30}$ s

$P_{FLOOR} = NF_{dB} + Pr_{dBm} + RBW_{dB_{Hz}} = 34\,dB - 174\,dBm + 40\,dB_{Hz} = -100\,dBm$

$RBW_{dB_{Hz}} = 10\log_{10} RBW = 40\,dB_{Hz}$



Mettiamo il RL a 0 dBm

con $A_y = 10\,dB/div$

$A_x = \frac{SPAN}{10} = \frac{900\,kHz}{10} = 90\,kHz/div$

4d) vogliamo vedere s(t) nel tempo con un'oscill. digitale con B = 100 MHz

$s(t) = A_1 \sin(2\pi f t) + A_2 \sin(4\pi f t) + A_3 (16\pi f t)$

Accoppiamo il segnale su CH1 in AC poiché abbiamo solamente componenti alternate

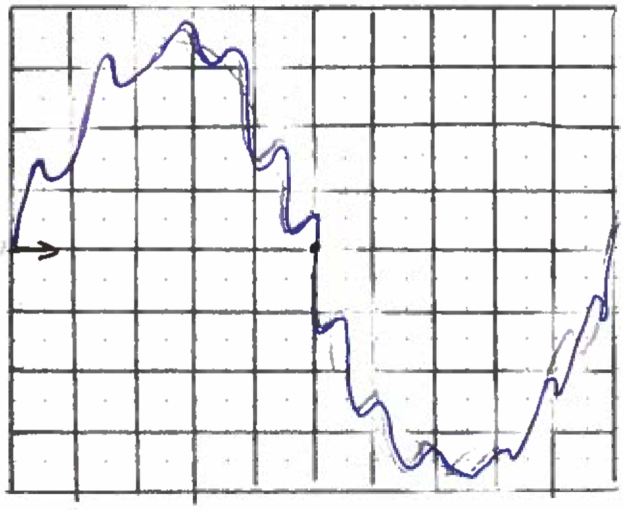
• sez. defless. verticale

Determiniamo innanzitutto il periodo di ciascuna armonica

$T_1 = \frac{1}{f_1} = 1 \cdot 10^{-5}\,s = 10\,\mu s$

$T_2 = \frac{1}{f_2} = 5 \cdot 10^{-6}\,s = 5\,\mu s$

$T_3 = \frac{1}{f_3} = 1.25 \cdot 10^{-6}\,\mu s$



la portante ha un ampiezza $V_{PP_1} = 2 \cdot A_1 = 0.4\,V$

a cui va sommata la $V_{PP2} = 2 \cdot 10^{-9}\,V$ e

$V_{PP3} = 0.04\,V$

$V_{picco\,risultante} = A_1 + A_2 + A_3 = 0.2 + 10^{-9} + 0.02 = 0.2202\,V$

$V_{PP\,ris} = 0.44004\,V$

$C_y = \frac{V_{PPris}}{8} = 0.055005\,V/div$

Vertical position: a centro schermo

• sez. deflless. orizzontale

Poiché la portante è la frequenza più ampia allora

$C_x = \frac{T_1}{10 div} = 1\,\mu s/div$ così ne vediamo un periodo della portante e tanti periodi nelle altre.

trigger su CH1 ma meglio scegliere LINE

slope +

ES 3 Fisica

$R_1 = 30\,\Omega$ $R_2 = 15\,\Omega$ $R_3 = R_1 \parallel R_2$ $R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10}}\,\Omega = 10\,\Omega$

$P_1 = +56$ dBm $P_2 = +59$ dBm $P_3 = +61$ dBm

$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

$\boxed{P = \frac{V^2}{R}}$ $P_{dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{10^{-3}}\right)$

$+56 \text{ dBm} = 10 \log_{10} \frac{P_1}{10^{-3}}$ $\frac{56}{10} \log_{10} 10 = \log_{10}\left(\frac{P_1}{10^{-3}}\right)$ $\frac{P_1}{10^{-3}} = 10^{\frac{56}{10}}$

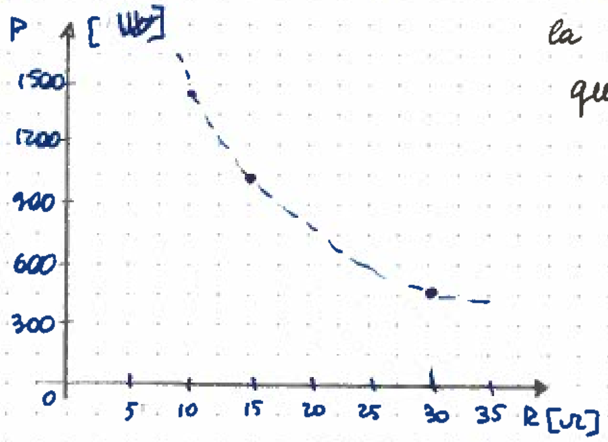
$P_1 = 10^{\frac{56}{10}} \cdot 10^{-3} = 398.1071$ W

$P_2 = 10^{\frac{59}{10}} \cdot 10^{-3} = 794.33$ W

$P_3 = 1258.93$ W

la potenza è proporzionale al quadrato della tensione applicata al carico e inversamente proporzionale alla resistenza del carico

3b) asse da 0 a 25 kW in funzione della resistenza R in Ω asse da 0 a 50Ω



la curva P – R è una curva di tipo quadratico, cioè un ramo di parabola

3c) Linearizzare l'uscita scegliendo una x e y

P	R	1/R
398.1	30	$\frac{1}{30}$
794.93	15	$\frac{1}{15}$
1258.93	10	$\frac{1}{10}$

$P = \frac{V^2}{R}$ $\underset{y}{P} = \underset{x}{\boxed{\frac{1}{R}}}\, V^2$

$y = mx + q$ offset

incognita la determiniamo attraverso la regressione lineare

B

$m = 12912.45$

dunque $P = \frac{12912.45}{R} - 43.51$ $V_{eff} = \sqrt{m} = 113.633$ V

il coefficiente angolare è la tensione al quadrato

$V_p = \frac{V_{eff}}{\sqrt{2}} = 80$ V

TDE 05.02.15

$\boxed{ES1}$ $V_i\,[cm^3] = 3.03 \quad 2.99 \quad 3.01 \quad 2.97 \quad 3.00$

1a) V?

$$\bar{V} = \frac{1}{5}\sum_{k=1}^{5} V_k = 3\,cm^3 \qquad u(V) = \frac{s(V)}{\sqrt{5}} = 0.01\ cm^3$$

$$V = (3 \pm 0.01)\,cm^3$$

1b) $\rho = 19.3\ g/cm^3 \qquad u_r(\rho) = 0.01 \qquad g = 9.81\ m/s^2$

$$P = mg = \rho V g = 3cm^3 \cdot 19.3\frac{g}{cm^3}\cdot 9.81\ m/s^2 = 57.9\,g \cdot 9.81\frac{m}{s^2} = 0.0579 \cdot 9.81\ \frac{kg\cdot m}{s^2} =$$

$$= 0.567999\,N = 0.57\,N$$

$$u_r(P) = \sqrt{u_r^2(V) + u_r^2(\rho) + u_r^2(g)} = 0.01054$$

$u_r(g) = 0$

$u_r(V) = 3.33\cdot 10^{-3}$

$$u(P) = u_r(P)\cdot P = 5.99\cdot 10^{-3}\,N$$

$$P = (0.57 \pm 5.99\cdot 10^{-3})\,N = 0.57(599)\,N$$

1c) $\Delta = 0.01\,N$ accuratezza del fattore di scala pari a 3% del valore misurato

$P_c = 0.51\,N$

$$u_A = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} = 2.887\cdot 10^{-3}\,N \qquad u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 0.0156$$

$$u_B = 0.03\cdot 0.51 = 0.0153\,N$$

$$P_c = 0.51(156)$$

1d) compatibilità?

$$|P - P_c| \le k\sqrt{u^2(P) + u^2(P_c)} \rightarrow 0.06 \le k\cdot 0.0167 \qquad k \geq 3.59$$

non compatibili

scegliamo allora come miglior stima il valore del braccialetto ~~misurato con la bilancia~~ (5min)

$\boxed{ES2}$ Si ha una DAQ

S_1: $f_c = 100\,kHz \quad V_{pp} = 8V$ in AC $\quad \Delta_{min} = 0.1\,mV$

S_2: $D = 0;5V \quad f_c = 50\,Hz = f_c$

S_3: termocoppia $S = 40\ mV/k \quad T_J = 120°C$ con $k = 3$ di $300\ mk$

$T_0 = 20°C$

$$D_{DAQ} = \pm 5V \qquad G = 1;\ 10;\ 100;$$

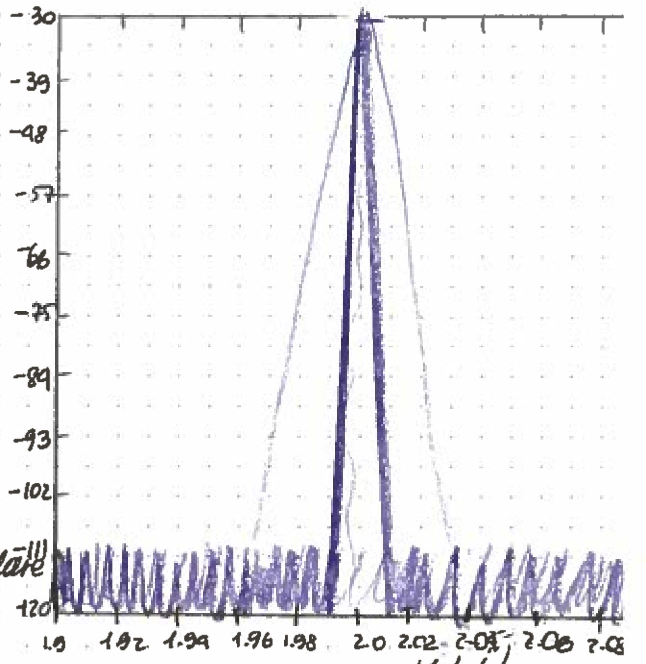
caratteristiche DAQ? $D_{ADC} = \pm 5V$ $G = 1;\ 10;\ 100$

$f_1 = 100\ kHz$

$f_2 = 50Hz$ $f_c \geq 2 f_{max}$

f_3 lento $f_{sa} = 600 \frac{kSa}{s}$

3 canali in differenziale



$V_{1pp} = 8V$ in AC $\rightarrow$ $G_1 = 1$ bipolare

$D_2 = 0;5V$ $G_2 = 1$ unipolare

$D_3 = (120°C \div 20°C) \cdot 40 \frac{mV}{K} = \boxed{4V}$

$V_{3\,min} = 20 \cdot 40 \cdot 10^{-3} V = 0.8V$ $G_3 = 1$ unipolare

$V_{3\,max} = 4.8\ V$

ci viene chiesta una $U(T) = 300\ mK$ con $k=3$ $\rightarrow$ $u(T) = \frac{U(T)}{3} = 100 mK$

$u(V) = 100\ mK \cdot 40 \frac{mV}{K} = \frac{1}{10} \cancel{K} \cdot 40 \frac{mV}{\cancel{K}} = 4\ mV$

$u(V) = \frac{\Delta}{\sqrt{12}} \rightarrow \Delta = u(V)\sqrt{12} = 0.0138564$

$N_3 = \frac{D}{\Delta} = 721.688$ livelli $n = \log_2 N = 9.49 \rightarrow n = 10$ bit 15 min

$N_1 = \frac{D}{\Delta V_1} = 1000$ $n = \log_2 N_1 = 10$ bit

Es 3 Oscilloscopio digitale $B = 500\ MHz$ 2 canali singolo polo di passa basso con banda di 20MHz

$V_p = 10\ mV$ con frequenza variabile tra 100kHz e 1 GHz

ma con tensione continua di offset variabile tra ~~±~~ 0.5V

BoH

3b) si vuole visualizzare il segnale del generatore di funzioni con un AS: $SPAN = 200kHz$

$NF = 24dB$

$f = 20\ MHz$ $P = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{V_p^2}{2R} = 1 \cdot 10^{-6} W$ $P_{dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P}{10^{-3}}\right) = -30\ dBm$

$V_p = 10mV$

RBW; poiché abbiamo lo SPAN = 200 kHz

scegliamo $RBW = \frac{SPAN}{100} = 2kHz$

$P_{FLOOR} = Pr_{dBm} + NF_{dB} + RBW_{dBHz} = -174 + 24 + 33 = -117\ dBm$

$RBW_{dBHz} = 10 \log_{10}(RBW) = 33\ dBHz$

$f_{start} = 1.9\ MHz$ $f_{stop} = 2.1\ MHz$ $SPAN = 200kHz$

$RL = -30dBm$

$A_y = 9\ dBm/div$

$A_x = \frac{SPAN}{10} = 20\ kHz$

ES9 $V_x = 7.654321\ V$ con 3 DVM diversi con $D_1 = D_2 = D_3 = \pm 10\ V$
e lo stesso $V_{N\,eff} = 8\,mV$

1) Flash a 8 bit
2) approx succ 12 bit
3) integratore a doppia rampa (16 bit)

4a) valutare la risoluzione e l'inc. di quantiz. di ciascun voltmetro

flash: $N_1 = 2^n = 256$ livelli

$$N = \frac{D}{\Delta} \rightarrow \Delta V = \frac{D}{N} = 0.078125\ V$$

$$u_q = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}} = 0.02255\ V$$

approx succ: $N_2 = 2^{12} = 4096$ livelli

$$\Delta V = \frac{D}{N} = 4.883 \cdot 10^{-3} \qquad u_q = \frac{\Delta V}{\sqrt{12}} = 1.41 \cdot 10^{-3}\ V$$

integr: $N_3 = 2^{16} = 65536$

$$\Delta V = \frac{D}{N_3} = 3.052 \cdot 10^{-4} \qquad u_q = \frac{\Delta V_3}{\sqrt{12}} = 8.81 \cdot 10^{-5}$$

4b) n_e -?

$$n_e = n_1 - \frac{1}{2}\log_2\left(1 + \frac{\sigma_{N_1}^2}{\sigma_{q_1}^2}\right)$$

$$\sigma_q^2 = \left(\frac{\Delta V}{\sqrt{12}}\right)^2$$

$$\sigma_N^2 = V_{N\,eff}^2 = 6.4 \cdot 10^{-5}$$

$$\sigma_{q2}^2 = 1{,}9881 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma_{q1}^2 = 5.085 \cdot 10^{-4}$$

$$\sigma_{q3}^2 = 7.76161 \cdot 10^{-9}$$

$n_{e_1} = 8 - 0.\text{qualcosa} = 7.91 = 8$ bit

$n_{e_2} = 12 - 2.526 = 9.47 \simeq 10$ bit

$n_{e_3} = 16 - 6.5 = 9.5$ bit $\simeq 10$ bit

4c) $f_c = 100\ kHz$ $\quad T_1 = 100\ ms$

V_{mis} -? $\quad V_r$? $\quad N_D$? $\quad V_x = 7{,}654321\ V$

(1) $\boxed{N_{D_{MAX}} = \frac{N_{TOT}}{2}} = \frac{2^{16}}{2} = 32768$

$\boxed{T_u = T_1} = 100\ ms = N_u \cdot T_c \rightarrow N_u = \frac{100\ ms}{T_c} = 100\ ms \cdot f_c = 1 \cdot 10^4$ conteggi

(2) $\boxed{V_x = -V_r \frac{T_D}{T_u}} = -V_r \frac{N_D}{N_u}$ prendo ad esempio $V_x = V_{MAX} = V_{FS} = 10\ V$

e allora $N_D = N_{DMAX} = 2^{16-1} = 32768$

Per trovare V_r

$$\boxed{V_{FS} = -V_r \frac{N_{DMAX}}{N_u}}$$

$$V_r = -V_{x_{max}} \cdot \frac{N_u}{N_{DMAX}} = 3.05176\ V = 3.0518\ V$$

$$\Delta V = \frac{?}{?} = 3.0518 \cdot 10^{-5}\ V$$

$$V_{x'} = -V_r \frac{T_D}{T_u} = -V_r \frac{N_D}{N_u};$$

dalla (2) $V_x = -V_r \frac{N_{Dx}}{N_u} \rightarrow \boxed{N_{Dx} = -\frac{V_x\ N_u}{V_r}} = 25081 \cancel{33253}$ $\quad N_{Dx} = 25081$

dunque $\boxed{V_{mis} = -V_r \frac{N_{Dx}}{N_u}} = 7.654219\ V$

4d) reiezione a $f = 321$ Hz

$$\boxed{r = \frac{\pi f T_1}{|\sin(\pi f T_1)|}} = \frac{\overbrace{\frac{321}{10}\pi}^{100.845}}{0.309} = 326.341 = 50.3 \text{ dB}$$