



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1593A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Rosso

MATERIA: Bioingegneria Elettronica Esercizi. Prof.Knaflitz

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

ERRATA CORRIGE

- In tutti gli esercizi di prelievo bipolare è presente il seguente errore: quando il testo dell'esercizio fornisce (2 FEBBRAIO 2012): $\Delta R_e = 5\%$ del valore NOMINALE non bisogna usare il valore R_{ix} trovato nei passaggi ma il valore di R_{ix} dato dal testo, quindi:

$$\frac{5}{100} \cdot 40 \cdot 10^3 = 2 \text{ K}\Omega$$

16 GENNAIO 2007

$$1) R_i = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$CMRR = 120 \text{ dB}$$

a) ΔR_e per avere un contributo al rumore di rete in uscita dovuto allo sbilanciamento degli elettrodi uguale o minore a quello dovuto al rumore fono.

RISOLTO

$$V_c \cdot A_d \cdot \frac{1}{CMRR} = V_c \cdot A_d \cdot \frac{\Delta R_e}{R_i}$$

ma $CMRR = 120 \text{ dB}$

$$120 = 20 \log_{10} x \rightarrow 10^6 = x$$

$$\Delta R_e = R_i / CMRR = \frac{1,5 \cdot 10^3}{10^6} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ k}\Omega$$

questo perché:

$$V_o^{DO} = V_c A_d \frac{1}{CMRR} + V_c A_d \frac{\Delta R_e}{R_i}$$

$$\frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_i + R_i} \cdot \frac{1 + S C_e R_e}{1 + S C_e R_e R_i / R_e + R_i}$$

$$C_e = 6,28 \mu S$$

$$R_e = \frac{1}{6,28} \cdot 10^6$$

$f_z = \frac{1}{2\pi C_e R_e} = 200 \text{ Hz}$ → **FREQ. DI TAGLIO INFERIORE**

$$f_p = \frac{1}{2\pi C_e R_e R_i / R_e + R_i} = \frac{1}{2\pi \cdot 5,03 \cdot 10^{-9} \cdot 6,28 \cdot 10^6 \cdot 10^6 / (6,28 \cdot 10^6 + 10^6)}$$

$f_p = 231 \text{ Hz}$ → perché $S = 2 \text{ Hz}$ e prima della freq di taglio inferiore f_z .

b) $20 \log_{10} \left(\frac{R_i}{R_e + R_i} \right) = -1,28 \text{ dB}$

c) $\Delta R_e = 5\% R_e = \frac{5}{100} \cdot \frac{1}{6,28} \cdot 10^6 = 0,79 \cdot 10^4 \Omega$

ridisegno circuito perché ora ho V_c

$$V_u = V_c \cdot \frac{1}{C_{in}} + V_c \cdot \frac{\Delta R_e}{R_i}$$



$$V_u = V_c \cdot \frac{\Delta R_e}{R_i} = 1 \cdot \frac{0,79 \cdot 10^4}{10^6} = 0,79 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$

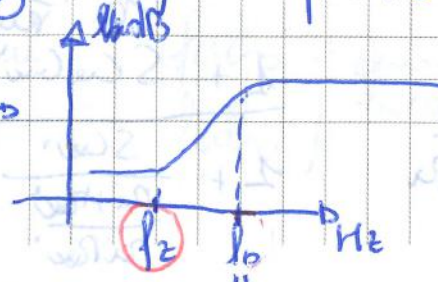
$$\frac{S}{N} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,79 \cdot 10^{-2}} = \frac{20}{0,79} \cdot 10^{-4} = 25 \cdot 10^{-4} \text{ ora lo esprimi in dB.}$$

$$20 \log_{10} 25 \cdot 10^{-4} = -51,9 \text{ dB}$$

ii) NB è f_p la freq di taglio inferiore, perché:

$$\lim_{S \rightarrow 0} \frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_e + R_i}$$

$$\lim_{S \rightarrow \infty} \frac{V_u}{V_i} = 1$$

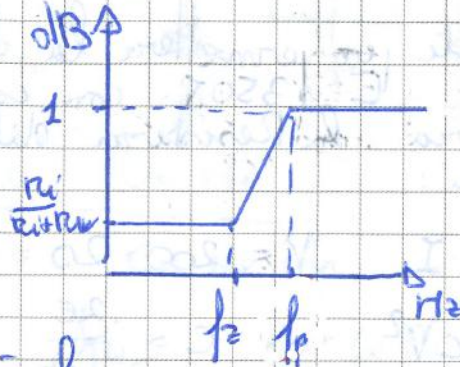


$$\frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_i + R_i} \cdot \frac{1 + s C_i R_i}{1 + s \frac{C_i R_i R_i}{R_i + R_i}}$$

$$f_z = \frac{1}{2\pi C_i R_i} = \frac{1}{2\pi \cdot 250 \cdot 10^{-9} \cdot 10^9} = 0,63 \text{ MHz}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi C_i \frac{R_i R_i}{R_i + R_i}} = \frac{1}{2\pi \cdot 250 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{10^9 \cdot 10^9}{10^6 + 10^9}} = 0,63 \text{ Hz}$$

$\lim_{s \rightarrow \infty} \frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_i + R_i}$
 $\lim_{s \rightarrow 0} \frac{V_u}{V_i} = 1$



quindi la freq inferiore di taglio è f_p

ma

$$A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \cdot 16 = 50 \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ cm}^2$$

~~$R_{ix} = 500 \cdot 10^6 \text{ per } 2 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,5 \text{ cm}^2 \rightarrow 500 \cdot 10^8 = 250 \text{ M}\Omega$~~
 ~~$R_{ix} = 500 \cdot 10^9 \text{ per } 2 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,5 \text{ cm}^2 \rightarrow 500 \cdot 10^8 = 250 \text{ M}\Omega$~~

$R_{ix} = 500 \cdot 10^6 \text{ per } 2 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,5 \text{ cm}^2$; $R_{ix} = 1000 \text{ M}\Omega = 1 \text{ G}\Omega$

$C_e = 500 \cdot 10^{-9} \text{ per } 2 \text{ cm}^2 \rightarrow 0,5 \text{ cm}^2$; $C_e = 250 \text{ mF}$.

b) $V_{cc} \gg I_b \cdot R_{ix}$

ma $+I_b \cdot R_{ix} = 10 \cdot 10^{-9} \cdot 10^9 = 10 \text{ V}$

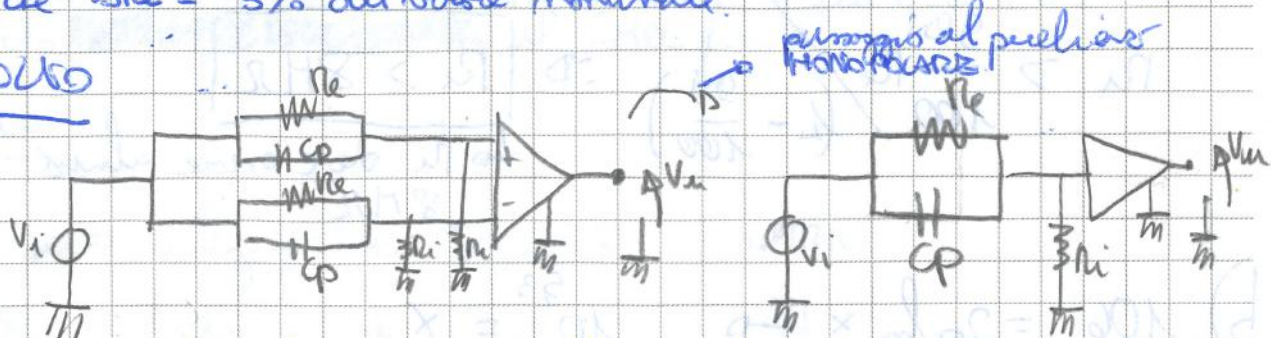
ma $+V_{cc} > I_b \cdot R_{ix}$? falso } quindi lo I_{bias} porta
 $5 > 10$? falso } a saturazione.

2 FEBBRAIO 2012 → SI PARLA DI SEGNALE ECG

1) Ag-AgCl $R_{w} = 40 \text{ k}\Omega$ } 1 cm^2
 $C_{el} = 40 \text{ mF}$ }
 $d = 8 \text{ mm}$

- a) Valore minimo di R_i che consente di avere una attenuazione del segnale dovuta all'accoppiamento dell'elettrodo con l'amply del 1%
 b) Trovare R_i , e un po' determinare il contributo dell'interferenza di rete riferita all'ingresso supp. $\text{CMRR} = 106 \text{ dB}$, $e_{Vi} = 1 \text{ V}$ e $\text{de SRe} = 5\%$ del valore nominale.

RISOLTO

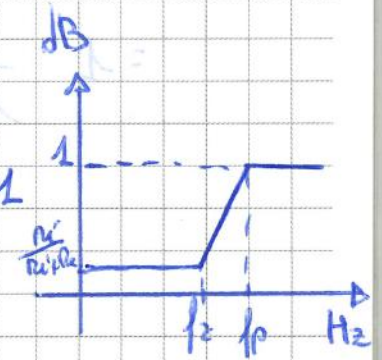


$$V_u = V_i \cdot \frac{C_e + C_e}{C_e + C_e + G_i} \rightarrow \frac{V_u}{V_i} = \frac{C_e + C_e}{C_e + C_e + G_i}$$

$$\frac{V_u}{V_i} = \frac{C_e}{C_e + G_i} \cdot \frac{1 + s C_e R_e}{1 + s C_e R_e / G_i} = \frac{1/R_e}{\frac{1}{R_e} + \frac{1}{R_i}} \cdot \frac{1 + C_e R_e}{1 + s C_e}$$

$$\frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_e + R_i} \cdot \frac{1 + s C_e R_e}{1 + s C_e \cdot \frac{R_e R_i}{R_e + R_i}}$$

$$\lim_{s \rightarrow 0} \frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_e + R_i} \quad \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{V_u}{V_i} = 1$$



$$f_c = \frac{1}{2\pi C_e R_e} = \frac{1}{2\pi \cdot 80 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-9}} = 100 \text{ Hz}$$

con $S = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 50 \text{ mm}^2 \rightarrow \frac{1}{4} \approx 0,5 \text{ cm}^2$

R_w a $0,5 \text{ cm}^2 \rightarrow R_w = 80 \text{ k}\Omega$

C_{el} a $0,5 \text{ cm}^2 \rightarrow C_{el} = 20 \text{ mF}$

4 settembre 2008

$$1) \text{CMRR} = 114 \text{ dB}$$

$$r_i = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$A_d = 54 \text{ dB}$$

a) Max valore di sbilanciamento dei moduli delle impedenze d'ingresso (elettrici perfettamente non polarizzabili) che consente di avere un contributo all'interferenza di rete all'uscita dovuto allo sbilanciamento dei resistori minore o uguale a quello dovuto al CMRR finito.

Risultato

$$114 = 20 \log_{10} x \rightarrow 50,1187 \quad : \text{CMRR}$$

$$54 = 20 \log_{10} x \rightarrow 50,1 \quad : A_d$$

$$V_{u0} = V_c \cdot \frac{1}{\text{CMRR}} A_d + V_c \cdot \frac{\Delta R_e}{r_i} A_d$$

$$\frac{\Delta R_e}{r_i} \leq \frac{1}{\text{CMRR}} \rightarrow \Delta R_e \leq \frac{r_i}{\text{CMRR}} \quad \Delta R_e = 3 \text{ k}\Omega$$

10 luglio 2008

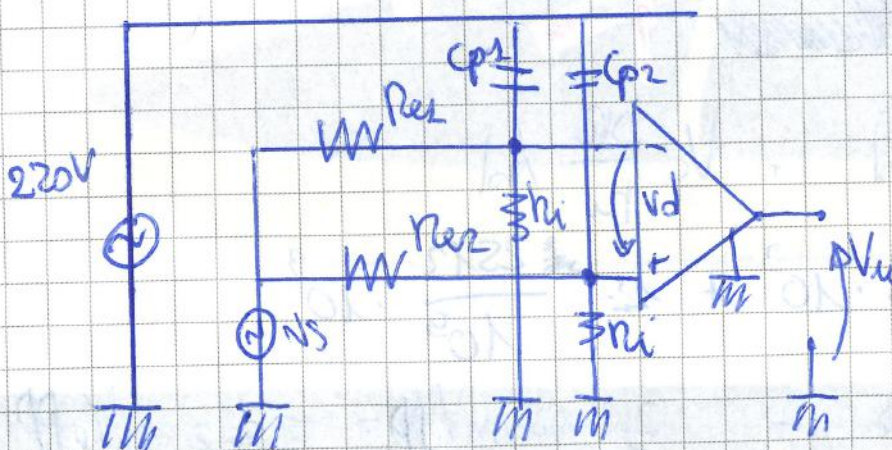
- 1) Una registrazione elettrocardiografica è svolta da un disturbo di rete o d'ampiezza tale da renderne difficile l'interpretazione. Provando a riferire il paziente alla terra di protezione (PRATICA DA EVITARE in quanto potrebbe esporre il paziente stesso a pericoli elettrici) temporaneamente, non si osserva una sensibile variazione dell'ampiezza dell'interferenza. Indicare, la causa più verosimile del problema tra le seguenti e motivare la risposta in modo chiaro e conciso facendo un disegno schema elettrico semplificato:
- I) CHRR dell'amplificatore troppo basso.
 - II) Impedenza di ingresso dell'amplificatore troppo bassa.
 - III) Accoppiamento capacitivo tra i cavi che collegano gli elettrodi dell'amplificatore troppo elevato.

RISOLTO

$$1) V_{uso} = V_c \cdot A_d \frac{1}{CHRR}$$

$$2) V_{uso} = V_c \cdot A_d \frac{\Delta R_e}{R_i}$$

$$3) V_u = V_o \cdot A_d = (V_{\oplus} - V_{\ominus}) A_d$$



ACCOUPLAMENTO CAPACITIVO

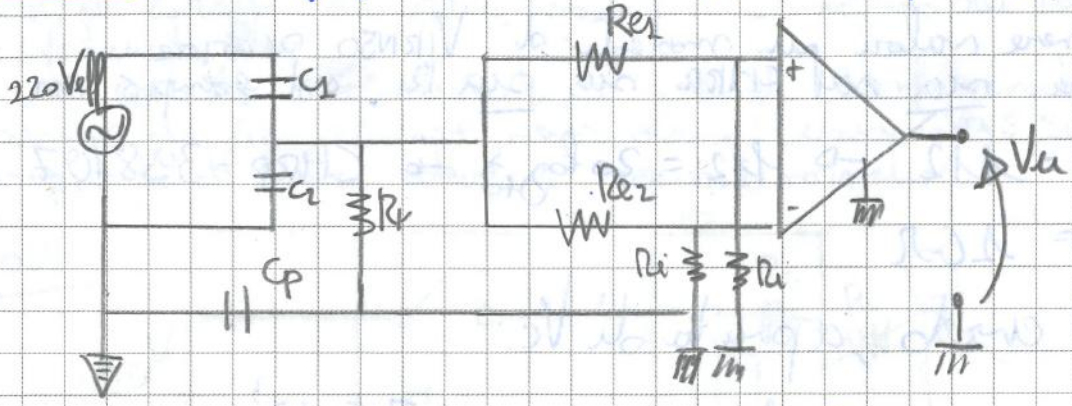
5 settembre 2013

- 1) 220 V_{eff} → tensione di alimentazione ~~CHRR~~ CHRR = 88 dB
 R_i = 500 kΩ R_e = 50 kΩ → comportamento puramente resistivo.
 ΔR_e = 10% valore nominale
 C₁ = 200 pF → C_p che riferisce parzialmente alla rete.
 C₂ = 2 mF → C_p che riferisce parzialmente a terra.
 C₃ = 100 mF → (tra ingresso e terra)

$R_e = R_r$

a) Calcolare intensità dell'interferenza di rete dovuta all'ingresso dell'amplificatore sapendo che l'elettrodo di riferimento è passivo (quindi no pilotaggio janka dx) ed è uguale agli elettrodi esploranti.

RISOLUZIONE = se la freq non è indicata, quindi per H_p: f = 50 Hz.



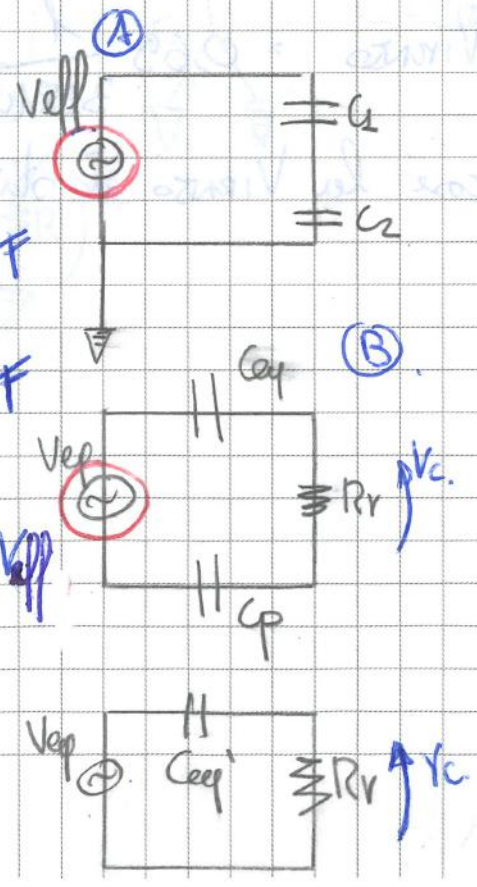
A) $V_{eq} = V_{eff} \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 20 V$

B) $C_{eq} = C_1 + C_2 = 2,2 \text{ mF}$

$C'_{eq} = \frac{(C_1 + C_2) C_{p3}}{C_1 + C_2 + C_{p3}} = 2,15 \text{ mF}$

$V_c = V_{eq} \frac{R_r C_{eq}}{\sqrt{1 + (R_r C_{eq})^2}} = 0,69 \text{ Vpp}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
 f = 50 Hz → ECG a 50 Hz rete.



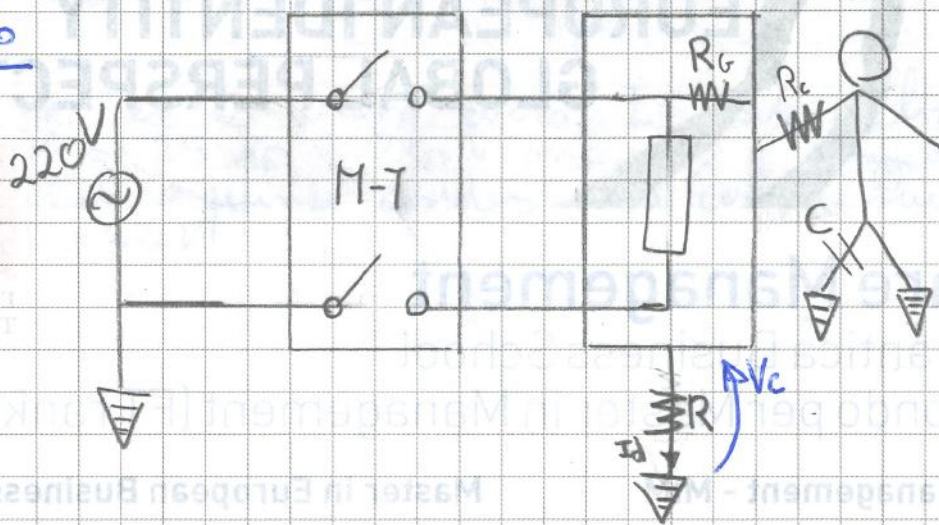
22 febbraio 2013

1) $I_d = 20A \rightarrow$ corrente d'intervento del M-T.
 $R = 10 \Omega$

In un locale la rete di distribuzione dell'energia elettrica è protetta mediante interruttore M-T ($I_d = 20A$) e nel locale è presente un impianto di terra con resistenza verso terra pari a 10Ω .

- Indicare il valore della tensione di contatto in caso di perdita di isolamento di un utilizzatore.
- Supponi poi che un potenziale infortunato è riferito a terra mediante calzatura con capacità pari a $200 nF$ (cento i piedi) calcolare la corrente che provverebbe l'infortunato se toccasse un punto al polo di contatto con il palmo umido delle mani (resist. di contatto 100Ω) si trascuri la resistenza dei tessuti dell'infortunato.
- Per un contatto della durata di 2 secondi l'infortunato è a rischio di fibrillazione ventricolare (usare curva sicurezza).
- L'impianto di terra soddisfa i requisiti normativi?

Risultato



$R = 10 \Omega$
 $R_c = 100 \Omega$
 $C = 200 nF$

a) $V_c = I_d \cdot R = 20 \cdot 10 = 200 V$

b) $Z_{eq} = \sqrt{R_c^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = 16 k\Omega$

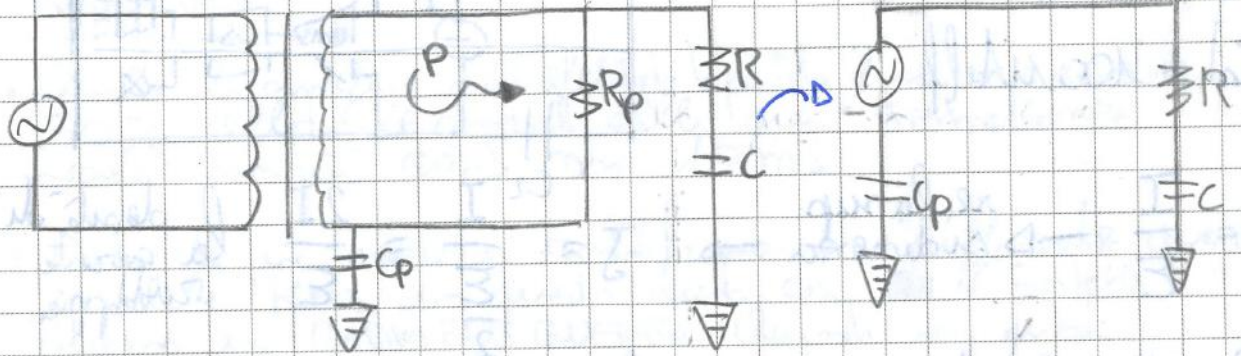
$f = 50 Hz \rightarrow \omega = 2\pi f$

8 FEBBRAIO 2013

- 2) Studio di un sistema planare
 $f = 1,5 \text{ MHz}$
 ACQUO \rightarrow (circuito continuo)
 $R_p = 200 \Omega$
 $P = 200 \text{ W}$

a) Ricavare valore efficace della corrente che percorre il percorso alternativo attraverso il circuito sapendo che il percorso è modellizzabile come la serie di un resistore con resistenza pari a $R = 2 \text{ k}\Omega$ e di un condensatore con $C_p = 50 \text{ pF}$ equivalente

RISOLUZIONE



a) $P = V \cdot I$ e $V = RI \rightarrow P = \frac{V^2}{R}$
 $V = \sqrt{P \cdot R} = 200 \text{ V} \rightarrow$ valore efficace di corrente

$V_{\text{eff}} = 200 \text{ V}$

$C_{\text{eq}} = \frac{C_p \cdot C}{C_p + C} = 48 \text{ pF}$

$|Z_{\text{eq}}| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_{\text{eq}}}\right)^2} = 2426 \Omega$

$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 1,5 \text{ MHz} = 9424778 \text{ rad/s}$

$I_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{eff}}}{|Z_{\text{eq}}|} = \frac{200}{2426} = 0,082 \text{ A} \rightarrow I_{\text{eff}} = 82 \text{ mA}$

ma nel caso in cui l'EB è collegato direttamente a terra ho solo V_{eq} e C_p

$$V_{eq} = Z_{eq} \cdot I_d$$

$$\text{con } |Z_{eq}| = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_p}\right)^2 + R_p^2} \quad \text{⊗}$$

~~$$\frac{1}{\omega C_p} = \frac{V_{eq}}{I_d} \rightarrow C_p = \frac{I_d}{V_{eq} \cdot \omega}$$~~

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 800 \cdot 10^3 = 5026548 \text{ rad/s}$$

~~$$C_p = \frac{I_d}{V_{eq} \cdot \omega} = 19 \text{ pF}$$~~

$$C_{eq} = \frac{C_p \cdot C}{C_p + C} = 18,5 \text{ pF}$$

$$|Z_{eq}| = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_{eq}}\right)^2 + R_p^2} = 10216 \Omega$$

$$V = I_{eff} \cdot |Z_{eq}|$$

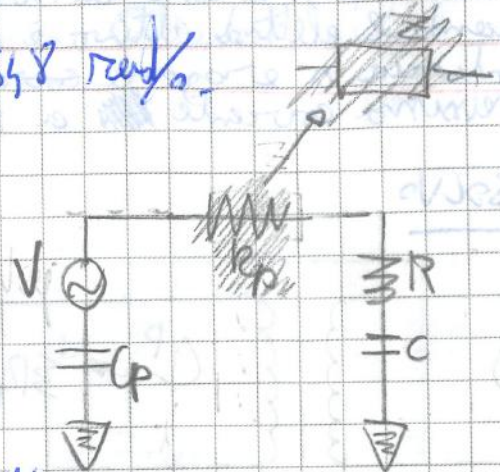
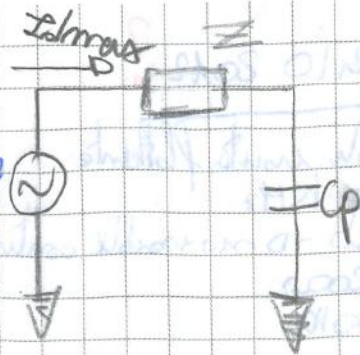
$$I_{eff} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C_{eq}}\right)^2 + R_p^2}} = 2,4 \text{ mA}_{eff}$$

devo usare V e non V_{eq} ,
 V_{eq} lo uso solo nel
 CIRCUITO CASO PARTICOLARE.

NB: CASO PARTICOLARE = quando l'EB è collegato direttamente a terra e quindi nell'elenco/circolo rappresentativo non c'è R_p ma solo (cioè) C_p e il generatore, con R_p inteso il parasito e non l'impedenza di Th.

$$\text{⊗ } Z_{eq}^2 = \frac{V_{eq}^2}{I_d^2} \rightarrow \left(\frac{1}{\omega C_p}\right)^2 + R_p^2 = \frac{V_{eq}^2}{I_d^2} \quad \left(\frac{1}{\omega C_p}\right)^2 = \frac{V_{eq}^2}{I_d^2} - R_p^2$$

$$C_p = \sqrt{\left(\frac{1}{\frac{V_{eq}^2}{I_d^2} - R_p^2}\right)} \cdot \frac{1}{\omega} = 19,8 \text{ pF}$$



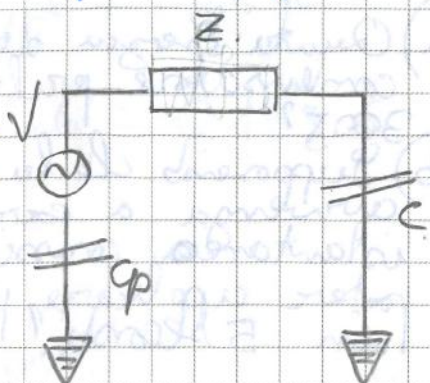
$$|Z_{eq}| = \sqrt{R_p^2 + \left(\frac{1}{\omega C_p}\right)^2} \quad V_{eq} = |Z_{eq}| \cdot I_d$$

$$|Z_{eq}| = \frac{V_{eq}}{I_d} \rightarrow R_p^2 + \frac{1}{\omega^2 C_p^2} = \frac{V_{eq}^2}{I_d^2}$$

$$\frac{1}{\omega^2 C_p^2} = \frac{V_{eq}^2}{I_d^2} - R_p^2 \rightarrow \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{V_{eq}^2}{I_d^2} - R_p^2\right) \cdot \omega^2}} = C_p = 28 \text{ pF}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^6 = 6283185 \text{ rad/s}$$

$$C_{eq} = \frac{C_p \cdot C}{C_p + C} = 26 \text{ pF}$$



$$|Z_{eq}| = \sqrt{R_p^2 + \frac{1}{\omega^2 C_{eq}^2}} = 6112 \Omega$$

$$V = |Z_{eq}| I_d \rightarrow I_d = \frac{V}{|Z_{eq}|} = \frac{283}{\sqrt{R_p^2 + \frac{1}{\omega^2 C_{eq}^2}}} = 46 \text{ mA}$$

b) $i = \text{cost} \rightarrow i_{\text{ist}} = i_{\text{media}}$

$$P_{\text{ist}} = V_{\text{ist}} \cdot I_{\text{ist}} \quad \text{ma } I_{\text{ist}} = I_{\text{media}}$$

$$P_{\text{maxist}} = V_{\text{istmax}} \cdot I \quad \text{ma } V_{\text{istmax}} = V_f$$

$$E = \frac{1}{2} C V_f^2 \rightarrow V_f = \sqrt{\frac{2E}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 320}{60 \cdot 10^{-6}}} = 3266 \text{ V}$$

$$I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = C \cdot V = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3266 = 0,195 \text{ C}$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0,195}{5} = 0,039 \text{ A}$$

$$P_{\text{istmax}} = 0,039 \cdot 3266 = 128 \text{ W}$$

NB: in questo punto b) sarebbe stato sbagliato usare $E = P \cdot t$ perché questa formula la si usa solo per calcolare quanto E si vede immagazzinare nel condensatore data costante $e t$.

NB: quando, come in questo caso mi viene fornito un I come dato $I = \text{cost}$ significa che ho un GENERATORE di corrente che eroga I fino a quando non si raggiunge il valore di tensione voluta (in questo caso a 50) e fino a non trasferisce l'energia voluta.

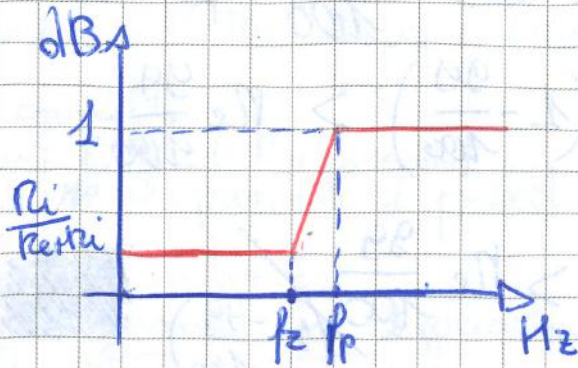
Per capire che guadagno ha due ~~capire~~ capire a che freq me lavoro:

$$\lim_{S \rightarrow 0} \frac{V_u}{V_i} = \frac{R_i}{R_e + R_i}$$

S → 0

$$\lim_{S \rightarrow \infty} \frac{V_u}{V_i} = 1$$

S → ∞



$$f_z = \frac{1}{2\pi C_e R_e} = \frac{1}{2\pi \cdot 4,5 \cdot 10^{-9} \cdot 35398} = 99 \text{ Hz.}$$

$$\text{ma } S = \pi \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 = 36\pi \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ mm}^2 = 0,113 \text{ cm}^2$$

$$R_e: \frac{1}{40 \cdot 10^3} : 1 = \frac{1}{X} : 1,13 \rightarrow \frac{1}{X} = \frac{1,13}{40 \cdot 10^3}$$

$$X = \frac{40 \cdot 10^3}{1,13} = 35398 \Omega$$

$$C_e: 40 \cdot 10^{-9} : 1 = X : 1,13$$

$$X = \frac{40 \cdot 10^{-9} \cdot 1,13}{1} = 4,52 \text{ nF}$$

$f_z = 99 \text{ Hz}$, quindi il segnale EEG (2mHz - 100mHz) è ~~oltre~~ a sinistra di f_z e quindi:

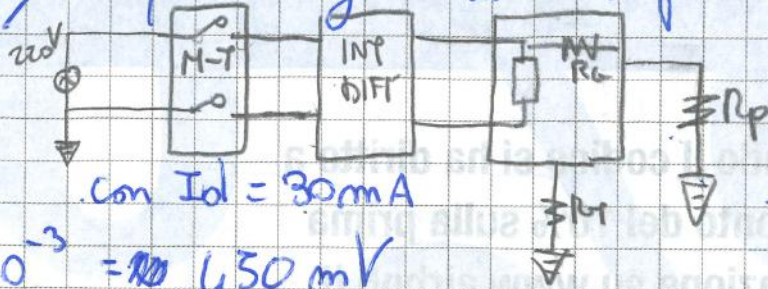
$$\frac{g_u}{g_o} = \frac{R_i}{R_e + R_i} \rightarrow \frac{R_i}{R_e + R_i} \leq 1,12 (R_e) + 1,12 R_i$$

$$R_i (1,12 + 1) \geq -1$$

3) Interruttore M-T da 16 A in cascata con un interruttore differenziale con soglia pari a 30 mA. Se la resistenza di terra è $R_T = 15 \Omega$ calcoliamo: $I_d = 30 \text{ mA}$

- a) se le dimensioni sono corrette
- b) la V_c di contatto se $R_c = 8,8 \text{ k}\Omega$ (R_c di guasto)
- c) se $R_p = 500 \Omega$ e $t = 10 \text{ s}$, ~~il~~ il paziente è protetto da macroshock indotto
- d) valore di C senza collegamento a terra
- e) quali impianti/dispositivi garantiscono l'operatore

RISOLV



a) $V_c = R_T \cdot I_d$ con $I_d = 30 \text{ mA}$
 $= 15 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 450 \text{ mV}$

$V_c \leq 24 \text{ V} \rightarrow \text{SI!}$ quindi le dim. sono corrette.

b) $V_c = \frac{R_T}{R_T + R_c} \cdot 220 = \frac{15}{8,8 \text{ k}\Omega + 15} \cdot 220 = 374 \text{ mV}$
 $V_c \geq 374 \text{ mV}$ quindi le dimensioni sono corrette.

c) sapendo che $V_c = 374 \text{ mV}$

~~$I_p = \frac{V_c}{R_p} = \frac{374 \cdot 10^{-3}}{500} = 0,748 \text{ mA}$~~

Per 10 s e $748 \mu\text{A}$ sono un 80% delle cure di prescrizione e quindi non sono effetti acuti e scutabili. In l'interruttore non intervenire

e) Il M-T non distingue tra corrente di dimensioni e corrente che dipendono da una ^{normativa} norma, per proteggere si usa IMPIANTO DI TERRA e INTERRUPTORE DIFFERENZIALE.

d) $V_c = |Z_{eq}| \cdot I_d$ $|Z_{eq}| = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2 + R_p^2}$

per I_d max 30 mA

$$\frac{V_c^2}{I_d^2} = \frac{1}{\omega^2 C^2} + R_p^2 \rightarrow R_p^2 - \frac{V_c^2}{I_d^2} = \frac{1}{\omega^2 C^2} \rightarrow C = \frac{1}{\omega \sqrt{R_p^2 - \frac{V_c^2}{I_d^2}}}$$

$C = 6,37 \mu\text{F}$

la componente continua data dai potenziali di semicella. De
 esse un filtro a COSTANZA DI FASE LINEARE con la
 FREQUENZA

A₃ = amplificatore con amplificazione pari a 25,
 oloso avere un certo delle interferenze dirette
 che alcuni possono presentarsi di qualche 100 μ V
 $100 \mu V \cdot 5 \cdot 25 = 2,5 \text{ mV}$ interferenze dirette
 $100 \text{ mV} \cdot 25 = 250 \text{ mV}$ segnale.

H₄ = filtro NOTCH ha freq di centro banda pari
 alla freq di rete, cioè abbattute al più 10 o 100
 volte il segnale dato dall'int di rete
 (più essere inserita)
 - interferenze dirette $2,5 \text{ mV} \cdot \frac{1}{100} = 25 \mu V$

A₅ = amplificatore con amplificazione variabile
 NOMINALE : 5
 META NOMINALE : 2,5
 DOPPIO NOMINALE 10

se scelgo quella nominale andrei in saturazione
 già con il segnale ECG senza tener
 conto dei disturbi attenuati quindi scelgo
 2,5

segnale 625 mV

H₆ = filtro passa basso, antibremore, ha freq di
 taglio pari a $f = 35-40 \text{ Hz}$ (più essere inserita,
 se inserita elimina una parte del segnale
 di interesse ma permette una lettura del segnale
 restante)

A₇ = amplificatore di impulso, con amplificazione
 limitata, introduce rumore in alta
 frequenze per il motivo sopra e un
 filtro passa basso ANTIALIASING.