

1989 TEMA MINISTERIALE ITI (SOLUZIONE DOCENTI 3^ COMMISSIONE).....	2
1991 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI	4
1992 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI	6
1993 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI SPERIMENTALE PROGETTO 92.....	8
1994 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI (SOLUZIONE PROF. GIULIO PIVA).....	9
1994 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI (SOLUZIONE PROF. CLETO AZZANI).....	12
1994 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI SPERIMENTALE PROGETTO 92	14
1995 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI	16
2003 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI (SOLUZIONE PROF. CRAPELLA IPIA SONDRIO)	18

Raccolta Soluzioni ai Temi ministeriali 1989-2003

prof. Cleto Azzani IPSIA Moretto Brescia
prof. Giulio Piva IPSIA Moretto Brescia
prof. Vittorio Crapella IPSIA di Sondrio

1989 TEMA MINISTERIALE ITI (soluzione Docenti 3^a Commissione)

(Brescia Oggi 24/6/89) Docenti Elettronica 3^a Commissione ITIS Castelli

L'amplificazione rappresenta nel settore elettronico la tecnica fondamentale per il trattamento delle informazioni.

Il candidato illustri sinteticamente il principio e lo scopo per cui si effettua una amplificazione ed esegua, dopo aver formulato le necessarie ipotesi aggiuntive, il progetto ed il dimensionamento dei componenti delle seguenti apparecchiature:

a) convertitore-amplificatore che trasforma un segnale di corrente in un segnale di tensione. Il segnale di corrente, lentamente variabile nel tempo e compreso fra 0 e 300 mA, è fornito da un sensore di temperatura che opera linearmente fra 0 e 50 °C. Il segnale di tensione in uscita è compreso tra 0 e 5V;

b) amplificatore di potenza in classe B in bassa frequenza con potenza di uscita $P_L=10W$ su carico resistivo $R_L=4\Omega$;

c) sommatore-mediatore di tre tensioni lentamente variabili nel tempo, ciascuna compresa fra 0 e 5V, con tensione di uscita compresa nello stesso intervallo 0-5V.

Il candidato infine rappresenti, mediante schema a blocchi, un sistema di controllo di temperatura di un ambiente che faccia uso, tra l'altro, delle apparecchiature a) e c) sopra elencate. Detto sistema deve rilevare i valori della temperatura da tre sensori, convertirli, farne la media e azionare un dispositivo di riscaldamento o di raffreddamento, se la tensione media è rispettivamente inferiore a 1.5V o superiore a 3V.

Soluzione :

Tralasciando la parte descrittiva, si sviluppano i punti a, b, c:

a) Convertitore amplificatore

Una semplice soluzione è proposta in fig. 1; R_1 opera la conversione I/V; l'amplificatore con $A_v=1$ disaccoppia

$$I = (0 - 300) \text{ mA}$$

$$V_1 = V_2 = (0 - 5) \text{ V}$$

$$R_1 = \frac{V_M}{I_M} = \frac{5}{0,3} = 16,67 \Omega$$

V_2 esce come generatore ideale di tensione.

b) Amplificatore di Potenza Classe B (a simmetria Complementare fig.2)

Si ritengano i transistor ideali ($V_{cemin}=0$) C tendente ad infinito. Si dimensiona solo la parte di potenza e non il circuito pilota e il recupero soglia. Si valutano le potenze in gioco e la tensione di alimentazione. Sul carico i valori massimi di V ed I (valori di picco-picco).

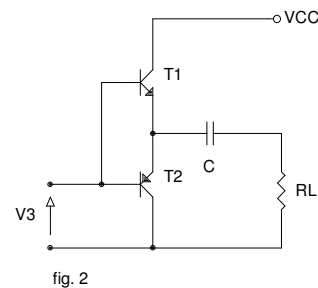
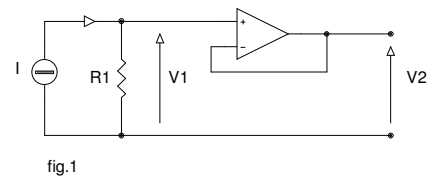
$$V_{pp} = V_{CC} \quad I_{pp} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

La potenza convertita massima è data dall'espressione :

$$P_{CM} = \frac{V_{pp} \cdot I_{pp}}{8} = \frac{V_{CC}^2}{8 \cdot R_L}$$

da cui immediatamente risulta :

$$V_{CC} = \sqrt{8 \cdot R_L \cdot P} = \sqrt{8 \cdot 4 \cdot 10} = 17,9 \text{ V}$$



La potenza di alimentazione massima P_{AM} è data dall'espressione :

$$P_{AM} = V_{CC} \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \frac{V_{CC}}{2 \cdot R_L} = 12,7W$$

Il rendimento di conversione massimo è dato da :

$$\eta_{CM} = \frac{P_C}{P_A} = 78,5\% \quad (\text{tipico del classe B ideale})$$

c) Sommatore Mediatore fra tre tensioni (fig. 3)

Deve uscire con :

$$V_E = -V_D = R_r \cdot \left(\frac{V_A}{R_A} + \frac{V_B}{R_B} + \frac{V_C}{R_C} \right) = \frac{V_A + V_B + V_C}{3}$$

deve risultare quindi :

$$\frac{R_r}{R_A} = \frac{R_r}{R_B} = \frac{R_r}{R_C} = \frac{1}{3}$$

$$R_A = R_B = R_C = 3 \cdot R_r$$

ad esempio :

$$R_r = 10K\Omega \quad R_A = R_B = R_C = 30K\Omega$$

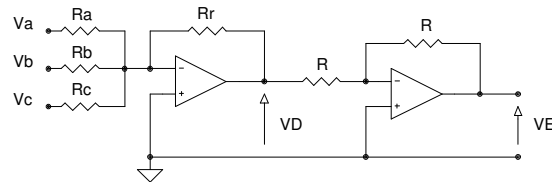


fig. 3 Circuito Sommatore - Mediatore

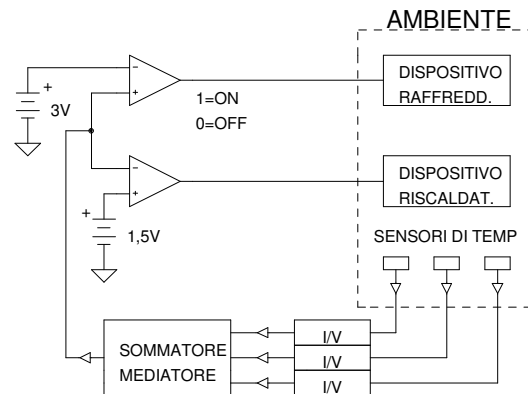


fig. 4 Schema a blocchi Sistema di Controllo della Temperatura

1991 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI

(Elettronica -Tecnici Industrie Elettriche ed Elettroniche)

Sopra un nastro trasportatore passano, alla velocità costante di 1 m/sec. barre della lunghezza massima di 5 m. In un punto del nastro è posizionato un interruttore che viene chiuso quando una barra arriva in quel punto, resta chiuso per tutto il tempo del passaggio della barra e si riapre appena la barra è passata.

Si vuole realizzare un dispositivo elettronico capace di fornire su un lettore a cifre, con l'approssimazione di 1 cm, la lunghezza di ogni barra che passa.

Il candidato, formuli le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie,

a) disegni uno schema a blocchi di un sistema capace di svolgere il compito richiesto, illustrandone il principio di funzionamento.

b) indichi una possibile realizzazione circuitale, con componenti discreti o integrati, di due blocchi a scelta, spiegandone il funzionamento.

c) illustri il criterio di dimensionamento degli elementi circuitali che eventualmente compaiono in uno dei due blocchi oppure esegua il dimensionamento di tali elementi facendo riferimento alle caratteristiche di componenti reali a lui noti o da lui ipotizzati.

Soluzione :

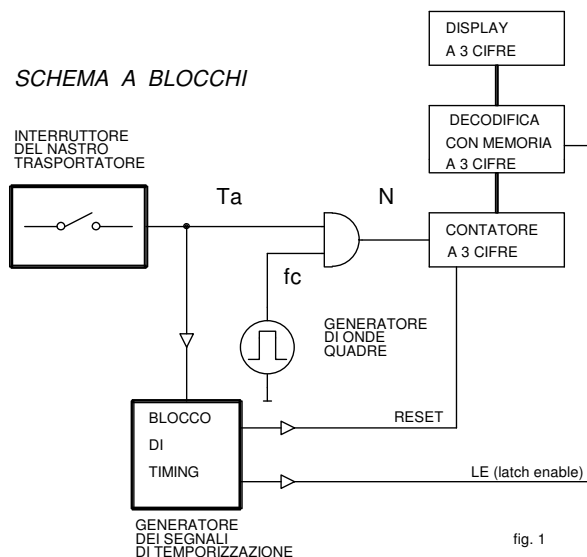
Dal testo ministeriale si desume che l'interruttore I collocato sul nastro trasportatore rimarrà chiuso per un tempo massimo pari a 5 secondi (infatti si conosce la lunghezza massima della sbarra pari a 5 mt. e la velocità del nastro trasportatore pari a 1 m/sec.).

Si può inoltre pensare di effettuare una misura indiretta risalendo alla lunghezza della sbarra dalla misura del tempo in cui sta chiuso l'interruttore I (il nastro si muove a velocità costante per cui esiste proporzionalità fra tempo e lunghezza della sbarra).

Dovendo effettuare la misura con l'approssimazione di 1 cm. è evidente che il "lettore a cifre" di cui parla la traccia ministeriale dovrà disporre almeno di tre cifre (una per i metri, una per i decimetri ed una per i centimetri).

Ciò premesso, ipotizzando che l'interruttore del nastro trasportatore sia assimilabile a un perfetto contatto elettronico privo di rimbalzi, ci si può riferire lo schema a blocchi di fig. 1.

a) In detto schema compare un generatore di onde quadre di frequenza nota f_c , un contatore elettronico digitale a tre stadi BCD (conteggio massimo fino a 999) un sistema di tre decodifiche con memoria che pilotano tre display a 7 segmenti, una porta AND funzionante da "porta di transito" nei confronti del segnale proveniente dal generatore di onde quadre e attivata dall'interruttore del nastro trasportatore ed infine un blocco di temporizzazione per la generazione automatica dei segnali di "Latch Enable" e di "Reset".



Lo schema a blocchi di figura riporta in sostanza un misuratore digitale di tempo; il sistema funziona come segue :

Il contatore conta i fronti (in salita o discesa) che provengono dal generatore di onde quadre solo e solamente quando l'interruttore è chiuso. Il legame matematico esistente fra tempo di apertura della porta T_A , frequenza campione f_c , ed numero N che appare sul contatore è il seguente :

$$N = T_A \cdot f_c \quad (\text{valida se } N \gg 1)$$

per cui letto il valore di N sul contatore e noto il valore di f_c risulta facilmente:

$$T_A = \frac{N}{f_c}$$

dalla misura di T_A si può quindi risalire alla lunghezza della barra. E' facile convincersi che scegliendo $f_c=100$ Hz l'indicazione numerica presente su display coincide direttamente con la lunghezza della barra espressa in cm. (si rammenta che 1m di lunghezza corrisponde a $T_A = 1$ sec. e deve dare un'indicazione 100 sul display !). Al termine del pezzo termina il conteggio dei fronti provenienti dal generatore di onde quadre; il sistema elettronico di figura deve trasferire il risultato del contatore all'interno dei latch presenti nella decodifica e successivamente il contenuto dei contatori dovrà essere forzato a 0 attraverso una operazione di RESET che potrà essere effettuata in modo automatico prima che giunga il successivo pezzo sul nastro trasportatore.

b) Si sceglie la possibile realizzazione circuitale di due blocchi e precisamente il generatore di onde quadre che costituisce la base dei tempi del sistema e il blocco contatore decodifiche e display. Per quanto riguarda il generatore di onde quadre molte sono le soluzioni circuitali che possono essere adottate se ne citano alcune: astabile con NE555, astabile con porta NOT triggered, astabile con Amplificatore Operazionale, generatore di clock a 100Hz sincronizzato sulla rete o generatore di clock a quarzo con rete di divisori.

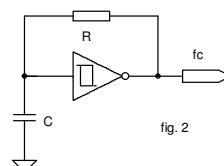
Astabile con porta NOT triggered

Facendo riferimento al circuito di fig. n. 2 si può notare che all'accensione C risulta scarico, l'uscita della porta risulta perciò essere a livello logico 1 $V_u = V_{dd}$; C inizia a caricarsi con legge esponenziale attraverso R. Quando V_c raggiunge il livello di commutazione superiore V_{t+} l'uscita della porta commuta da livello 1 a livello 0 $V_u = 0$; C inizia a scaricarsi. Quando V_c raggiunge il livello di commutazione inferiore V_{t-} l'uscita della porta commuta da livello 0 a livello 1; il processo continua indefinitamente; il periodo del segnale ottenuto in uscita, scelto il componente e quindi fissati i livelli di commutazione V_{t-} e V_{t+} risulta perciò dipendente solo da R e da C.

$$T = k \cdot RC$$

il valore di K è desumibile dai manuali ($k=1,39$ nel caso di componenti in tecnologia C-MOS).

GENERATORE DI ONDE QUADRE



Blocco Contatore, Decodifiche, Display

Facendo riferimento al circuito di fig. 3 la catena contatore decodifica e display relativa ad una cifra (quella delle unità ad esempio) è realizzata con componentistica CMOS: il contatore 4518 e la decodifica con memoria 4511. Il display a 7 segmenti FND500 è l'elemento visualizzatore; si tratta di un display a catodo comune che viene alimentato dalle uscite a,b,c,..g della decodifica; le 7 resistenze limitano la corrente nei segmenti ad un valore tipico medio attorno ai 10 mA; per il loro dimensionamento occorre fissare la tensione Vdd.

Il contatore 4518 avanza sui fronti di salita del segnale di CLOCK, il suo ingresso di RESET è attivo a livello 1. Gli ingressi LT "Lamp Test" e BI "Blanking Input" della decodifica 4511 attivi a 0 vengono collegati a Vdd; l'ingresso LE "Latch Enable" a livello 0 rende il "latch" trasparente mentre a livello 1 attiva la funzione di memorizzazione. Il segnale CARRY prelevato dall'uscita Q3 del contatore 4518 serve per fare avanzare lo stadio di conteggio successivo; esso va connesso all'ingresso EN del contatore successivo (l'ingresso CLK va portato a livello 0).

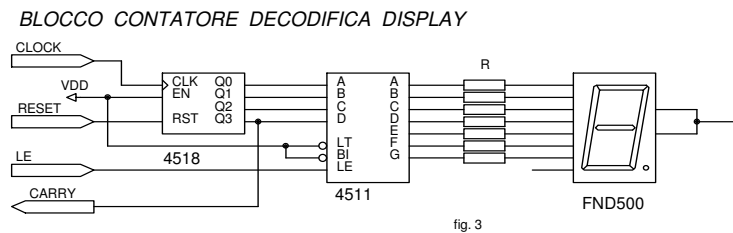


fig. 3

risoluzione a cura dell'ing. Cleto Azzani IPSIA Moretto Brescia

1992 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI

(Elettronica -Tecnici Industrie Elettriche ed Elettronichei)

Sull'asse di un motore elettrico è montato un dispositivo che genera 10 impulsi elettrici ogni giro. Si desidera realizzare un sistema che svolga le seguenti funzioni :

a) su un display digitale viene indicato il valore della velocità del motore in giri al sec.

b) se la velocità dell'asse supera i 50 giri/sec. viene generato un segnale che ferma il motore facendo scattare un interruttore sul suo circuito di alimentazione.

Il candidato, fatte le necessarie ipotesi aggiuntive:

1) proponga uno schema a blocchi del sistema spiegando la funzione dei singoli blocchi; i blocchi possono essere costituiti anche da strumenti normalmente disponibili in laboratorio di elettronica.

2) proponga per un blocco a scelta una soluzione circuitale con componenti di sua conoscenza e ne faccia il dimensionamento.

Soluzione

PUNTO 1 della traccia

Il trasduttore calettato sull'asse del motore elettrico genera 10 impulsi di forma d'onda rettangolare (ipotesi aggiuntiva). Se N è il numero di giri al secondo dell'albero motore,

$$N * 10$$

rappresenterà la frequenza del segnale uscente dal trasduttore di velocità; frequenza che in condizioni normali (ipotesi b) non deve superare i 500 Hz. Ciò premesso si ritiene che una

soluzione proponibile sia la seguente : (schema a blocchi che si rifà alla strumentazione digitale di base)

- Il blocco Trasduttore fornisce il segnale SM (10 impulsi/giro)
- Il blocco Base dei Tempi deve fornire il segnale SB di apertura della porta AND che deve trovarsi a livello logico alto per una durata di 1 sec. per consentire che il contatore effettui la misura della frequenza del segnale proveniente dal trasduttore.
- La terna di blocchi Contatore BCD a 3 cifre, Decodifica (con memoria), Visualizzatore a 3 cifre costituisce il corpo principale del sistema di misura. Tre decadi di conteggio (contatori BCD 0-9) ricevono segnali di clock dall'uscita della porta AND solamente quando quest'ultima risulta aperta. L'uscita delle decadi viene inviata ad altrettante decodifiche con latch le quali pilotano display a 7 segmenti a catodo comune (per la visualizzazione del dato).

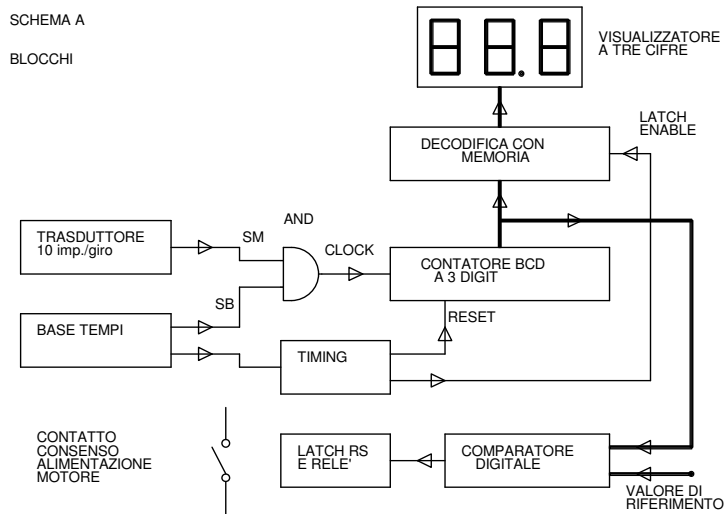
Precisazione : Il dato visualizzato sul display a tre cifre rappresenta la velocità dell'albero motore moltiplicata per 10 per cui si dovrà predisporre sul sistema di visualizzazione l'accensione del punto decimale destro delle cifra delle decine.

-Il circuito di Timing o sincronizzazione provvederà a fornire al blocco Decodifica il segnale Latch Enable non appena la porta AND si chiude per effetto del passaggio da 1 a 0 del segnale SB;

successivamente dovrà generare il segnale di RESET al blocco Contatore in modo da consentire la ripetizione della misura non appena il segnale SB proveniente dalla base dei tempi passa da 0 a 1.

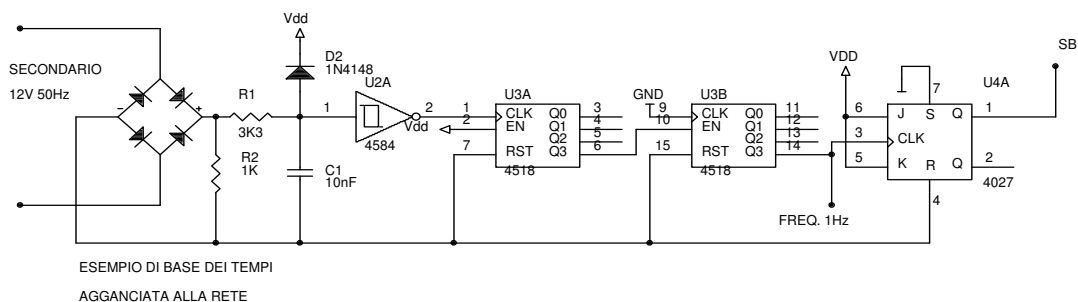
-Il blocco Comparatore Digitale riceve il segnale proveniente dalle uscite dei tre contatori lo compara con un valore digitale di riferimento supponiamo pari a 500 e da in uscita un livello 1 quando il valore di riferimento viene superato.

-Il blocco Memoria e relè riceve il segnale proveniente dal comparatore, memorizza attraverso un latch RS tale segnale e provvede ad attivare un relè che apre il contatto disposto in serie al circuito di eccitazione del teleruttore di avviamento del motore.



-Il blocco Comparatore Digitale riceve il segnale proveniente dalle uscite dei tre contatori lo compara con un valore digitale di riferimento supponiamo pari a 500 e da in uscita un livello 1 quando il valore di riferimento viene superato.

-Il blocco Memoria e relè riceve il segnale proveniente dal comparatore, memorizza attraverso un latch RS tale segnale e provvede ad attivare un relè che apre il contatto disposto in serie al circuito di eccitazione del teleruttore di avviamento del motore.



Punto 2 della traccia

Fra le scelte possibili si propone di sviluppare il circuito della base dei tempi. Svariate possono essere le soluzioni: generatore di clock quarzato (che assicura la migliore precisione in frequenza), multivibratori astabili con NE555, operazionali oppure gates NOT di tipo triggered. Si propone di seguito un circuito agganciato alla rete di alimentazione a 50 Hz che assicura una buona precisione del sistema. Dal circuito secondario di un trasformatore si preleva un segnale a 12V 50Hz che passando attraverso il ponte di Graetz subisce il raddoppio della frequenza; il filtro

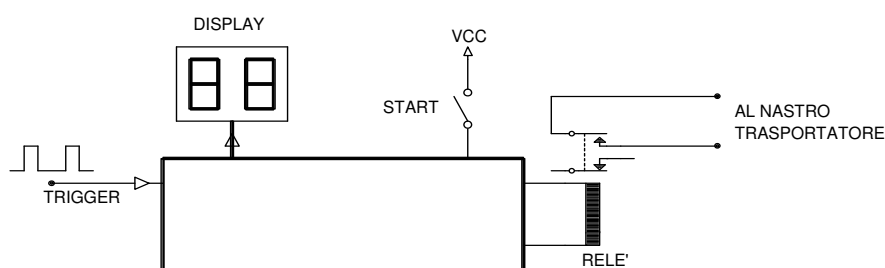
R1 C1 passa basso con fTS attorno ai 5 KHz assicura una buona immunità ai disturbi provenienti dalla rete. U1A provvede a squadrare il segnale, U2A e U2B effettuano globalmente una divisione di frequenza per 100 (frequenza di clock di U3A pari ad 1 Hz) infine U3A realizza una ulteriore divisione di frequenza per 2 per garantire che il segnale SB sia a livello alto esattamente per 1 secondo.

(a cura dell'ing. Cleto Azzani IPSIA Brescia)

1993 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI Sperimentale Progetto 92

(Elettronica - Sistemi - Tecnici Industrie Elettroniche Prog.92)

Su un nastro trasportatore sono poste delle bottiglie che devono essere contate al loro passaggio davanti ad un sensore. Si vuole progettare un dispositivo di controllo al quale sono connessi, come in figura, i seguenti elementi:



- un tasto di start;
- un sensore che, al passaggio di ogni bottiglia, genera un impulso di trigger Tg, con ampiezza 5 Vpp;
- un visualizzatore con due display Led a 7 segmenti;
- il contatto RL, normalmente aperto, di un relè (VRL= 12V, IRL=50mA) che alla chiusura aziona il nastro trasportatore.

Le specifiche richieste dal problema sono:

- abilitando il tasto Start il nastro trasportatore si mette in funzione;
- al passaggio di ogni bottiglia il sensore invia un impulso di trigger che ne permette il conteggio e la visualizzazione sul display;
- dopo il conteggio di 16 bottiglie il nastro si ferma per 5 secondi per poi ripartire dopo avere azzerato il display;
- in qualsiasi momento il processo si può fermare disabilitando il tasto di Start.

Il candidato, dopo aver formulato le ipotesi progettuali che ritiene necessarie ed aver scelto i componenti appropriati:

- a) proponga uno schema a blocchi del dispositivo, descrivendo la funzione di ciascun blocco;
- b) progetti almeno uno dei blocchi a suo avviso particolarmente significativo.

Durata massima della prova ore 6.

È consentito soltanto l'uso di manuali tecnici e calcolatrici tascabili.

Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

1994 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI (soluzione prof. Giulio Piva)

(Elettronica -Tecnici Industrie Elettriche ed Elettronichei)

Si desidera realizzare un dispositivo generatore di impulsi dei quali si vuole variare manualmente sia la frequenza, sia la durata.

Il candidato formulate le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie :

a) proponga ed illustri una soluzione di principio disegnandone lo schema generale e le forme d'onda

b) disegni lo schema circuitale del dispositivo utilizzando i componenti di sua conoscenza.

c) illustri, anche con esempi numerici ed assumendo valori di sua scelta, i criteri di dimensionamento dei componenti che ritiene piu' significativi.

Soluzione:

Il dispositivo richiesto genera un'onda in uscita formata da impulsi a durata variabile, ossia duty-cycle variabile, dove il duty-cycle è definito come:

$$\text{duty - cycle} = \frac{T_1}{T_1 + T_2}$$

con T1 parte del periodo in cui T1 è alto T2 = parte rimanente del periodo; periodo $T=T_1+T_2$

Le ipotesi o criteri aggiuntivi richiesti dal tema potrebbero essere i seguenti:

1) valore dell'ampiezza dell'uscita (livello di tensione)

Si potrebbe per esempio scegliere il dispositivo in modo che la tensione in uscita vari fra 0 e 5V, che sono valori tipici in logica digitale.

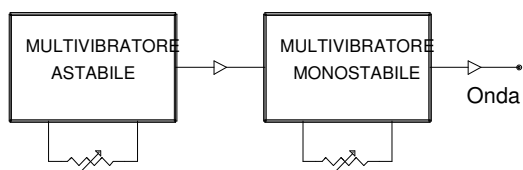
2) economicità della soluzione trovata a parità di prestazioni.

3) sembra tuttavia, dalla formulazione del testo, che l'ipotesi aggiuntiva puù importante sia di garantire una separazione del comando manuale delle due variabili in gioco, frequenza e durata dell'impulso, in modo da variarle indipendentemente tra loro.

Detto questo, passiamo al dettaglio dei vari punti del tema.

PUNTO 1

Dal punto 3) della premessa, appare intuitivamente immediata (e più semplice) la seguente soluzione, espressa dallo schema a blocchi



Funzione dei vari blocchi

BLOCCO ASTABILE : CONTROLLA LA FREQUENZA DELL'ONDA

Genera in uscita una forma d'onda di frequenza variabile, (l'ampiezza dell'impulso non conta in questo stadio), in cui la frequenza è variata mediante un potenziometro inserito nel dispositivo scelto.

BLOCCO MONOSTABILE : CONTROLLA LA DURATA DEGLI IMPULSI

Ha il compito di controllare la durata del livello alto degli impulsi precedenti (e quindi il duty cycle), agendo sui fronti di discesa o salita, a seconda del dispositivo scelto; la durata è pure variata mediante un potenziometro inserito nel dispositivo scelto. Si potrebbe dire che il limite superiore di durata T_3 del livello alto (ulteriore specifica possibile) deve essere tale che:

$$T_3 < T \text{ (periodo)}$$

in modo da evitare irregolarità nell'onda generata.

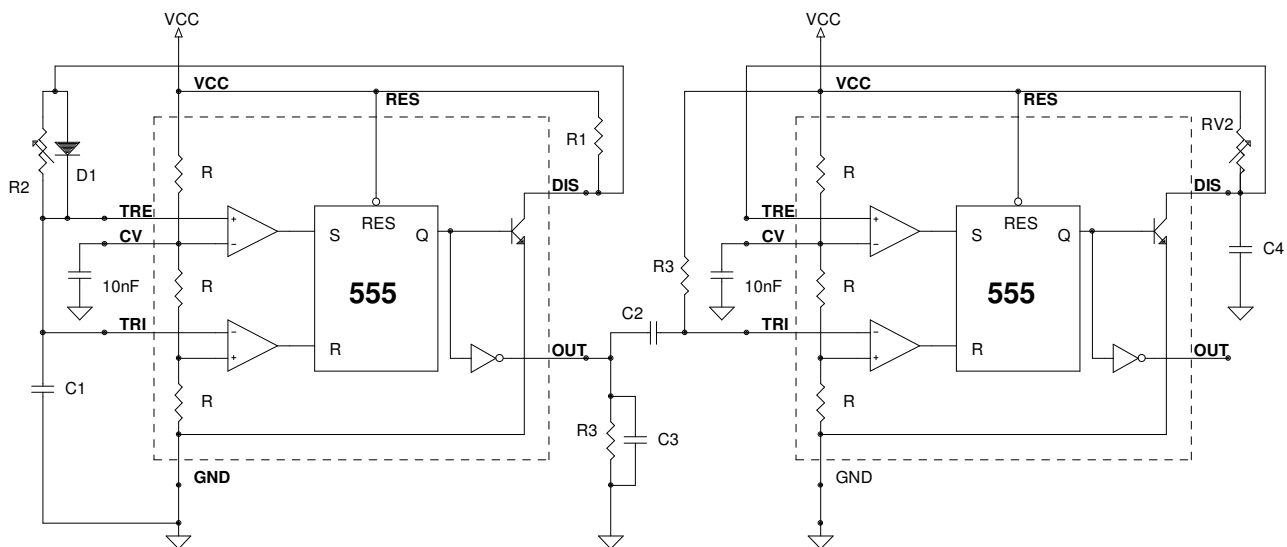
PUNTO 2

Le soluzioni circuitali possibili sono molteplici (uso NE555, uso astabile con porta NOT triggered, uso rete con operazionale, ecc. per l'astabile, uso NE555, uso generatori con porte logiche, uso integrati 4538 CMOS, 74122, 74123 TTL, ecc per il monostabile).

Scegliamo di usare la soluzione con il timer integrato NE555.

L'onda in uscita al monostabile commuta sui fronti di discesa degli impulsi di ingresso (comportamento tipico del NE555).

Lo schema elettrico complessivo è la seguente:



In essa sono chiaramente visibili i potenziometri di comando di frequenza e durata.

Le relazioni utilizzabili per il dimensionamento successivo (vedere punto c) del tema) sono le seguenti:

ASTABILE

$$T = T_1 + T_2 \quad (\text{periodo dell'onda})$$

$$T_2 = 0,693 \cdot R_2 \cdot C \quad (\text{durata parte bassa impulso})$$

$$T_1 = 0,693 \cdot R_1 \cdot C \quad (\text{durata parte alta impulso})$$

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + R_2) \cdot C}$$

$$\text{duty - cycle} = \frac{T_1}{T_1 + T_2}$$

T1 = tempo di carica del condensatore esterno C1

T2 = tempo di scarica del condensatore esterno C1

Il duty-cycle può essere tenuto molto basso (onda impulsiva), scegliendo $R_1 \ll R_2$ (valore di f.s. del potenziometro). Esso evidentemente varierà in funzione dell'azione manuale sul potenziometro R2, per cui la condizione $R_1 \ll R_2$ sarà vera solo in un intorno del valore di f.s. di R2. Non è comunque un aspetto critico.

MONOSTABILE

$$T_3 = 1,1 \cdot R \cdot C \quad (\text{durata dell'impulso})$$

(nel caso di altre scelte: CMOS 4538, TTL, ecc. si rimanda ai testi specifici, anche se formalmente gli aspetti di dimensionamento e i problemi sono simili).

PUNTO 3

DIMENSIONAMENTO ASTABILE

Gli elementi da dimensionare sono: C1, R1, R2 (potenziometro).

Criteri di dimensionamento :

- campo di frequenze possibili dell'onda generata
- scelta di componenti presenti in commercio (valori normalizzati)

Esempio numerico di riferimento:

- Campo frequenze: 1KHz - 10KHz

Per il dimensionamento è critica la frequenza minima (1 KHz)

$$10^3 = \frac{1,44}{(R_1 + R_2) \cdot C} \quad (*)$$

Fisso R1, C1 e trovo R2 facendo in modo comunque che sia $R_1 \ll R_2$. Pongo ad esempio $C_1 = 10\text{nF}$, $R_1 = 1\text{K}\Omega$. Risolvendo l'equazione di primo grado (*) trovo come valore per R2:

$$R_2 = 142,9\text{K}\Omega$$

Si sceglierà il valore commerciale (maggiore di quello trovato) e più vicino a questo.

DIMENSIONAMENTO MONOSTABILE

Gli elementi da dimensionare sono C ed R (potenziometro).

Criteri di dimensionamento

- duty-cycle massimo che si vuole avere
- valore massimo di frequenza dell'onda generata

Esempio numerico di riferimento:

frequenza massima : 10KHz

Duty-cycle massimo : tendente al 100%

Fisso C e trovo R.

$$T_3 \text{ (durata impulso)} = T \quad (\text{duty-cycle } 100\%)$$

per $f = 10\text{KHz}$, $T = 0,0001 \text{ sec}$

$$\text{se } C = 10\text{nF} \quad R = \frac{T_3}{1,1 \cdot C} \cong 10\text{K}\Omega$$

anche qui si sceglierà il valore commerciale (minore di quello trovato) più vicino a questo.

Soluzione a cura del prof. prof. Giulio Piva Ipsia Moretto Brescia per Giornale Brescia

1994 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI (soluzione prof. Cleto Azzani)

(Elettronica -Tecnici Industrie Elettriche ed Elettroniche)

Si desidera realizzare un dispositivo generatore di impulsi dei quali si vuole variare manualmente sia la frequenza, sia la durata.

Il candidato formuli le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie :

a) proponga ed illustri una soluzione di principio disegnandone lo schema generale e le forme d'onda

b) disegni lo schema circuitale del dispositivo utilizzando i componenti di sua conoscenza.

c) illustri, anche con esempi numerici ed assumendo valori di sua scelta, i criteri di dimensionamento dei componenti che ritiene piu' significativi.

Soluzione

Il testo non è particolarmente difficile ma poichè lascia molto spazio alla iniziativa personale (scelte di tipo circuitale e di tipo componentistico), richiede al candidato una certa attenzione.

A) Schema a blocchi

Il dispositivo citato dalla traccia deve essere in grado di *generare impulsi con possibilita' di "variazione manuale" della frequenza f e della durata TA* (vedi fig. 1). Diverse possono essere le soluzioni adottabili poichè il candidato non ha particolari vincoli imposti dalla traccia e inoltre può introdurre autonomamente ipotesi aggiuntive semplificative (da lui ritenute necessarie).

Può essere utilizzato un qualsiasi circuito astabile studiato nel corso di Elettronica ove sia possibile variare sia la frequenza che il "duty-cycle" (Astabile con NE555, con Amplificatore Operazionale OVA LM741, con gate triggered 40106, VCO, ecc.).

Una soluzione sufficientemente accurata, e progettualmente semplice puo' essere quella di scomporre il circuito in due blocchi distinti: un circuito astabile ed un circuito monostabile; ciò permette due regolazioni manuali indipendenti (ma che ovviamente poi dovranno risultare compatibili), di frequenza e di "duty-cycle". Il circuito astabile determina con il valore dei suoi componenti passivi RC la frequenza di lavoro del circuito; il monostabile determina il "duty-cycle" o la durata solitamente a livello alto, del segnale V2 in uscita al sistema.

Lo schema elettrico puo' essere redatto usando soluzioni di tipo discreto (astabile e monostabile a BJT), soluzioni con circuiti integrati di tipo lineare (amplificatori operazionali OVA) o soluzioni con circuiti integrati di tipo digitale (tecnologia CMOS). Adotteremo quest'ultima che risulta semplice funzionale e di facile realizzazione.

In fig. 2 e' riportata una soluzione circuitale al problema realizzata con integrati digitali della famiglia CMOS. Il primo blocco e' un circuito astabile realizzato con NOT triggered (40106) in esso il periodo $T1$ del segnale generato è dato dalle relazioni (una per il valore minimo e una per il massimo):

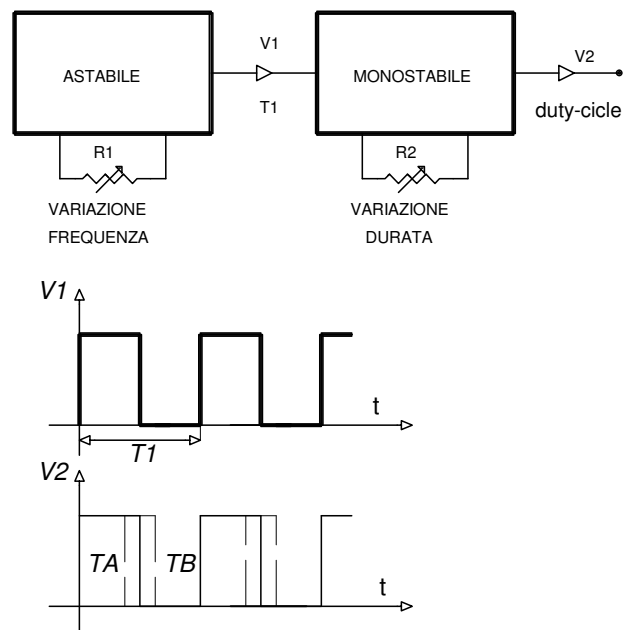


fig. 1 Schema a blocchi e Grafici di V1 e V2

$$T_{1MAX} = 1.38 \cdot (R_4 + R_1) \cdot C_1 \quad 1.1$$

$$T_{1min} = 1.38 \cdot R_4 \cdot C_1 \quad 1.2$$

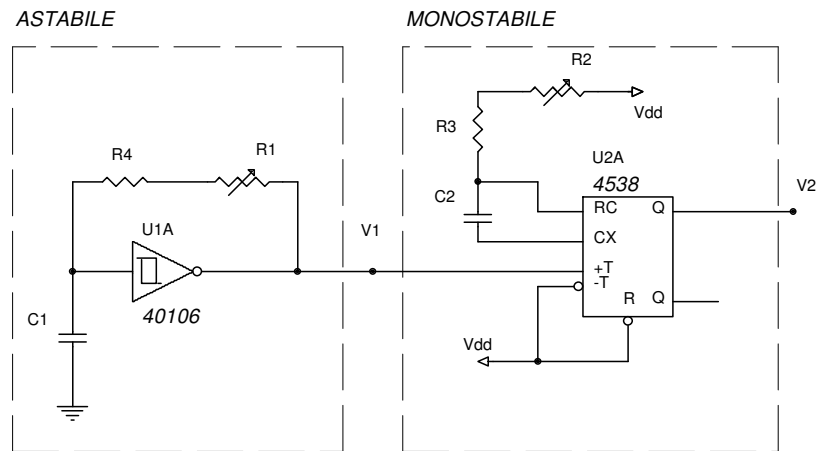


fig. 2 Schema circuitale

Progetto del Circuito Astabile

Si suppone che la frequenza del segnale V2 vari fra 100Hz ($T_{max}=10ms.$) e 1KHz ($T_{min}=1ms.$).

Dalla relazione 1.2 si può ricavare la costante di tempo $R_4 C_1$ che vale 0,72 ms. da cui prefissando ad esempio $C=100$ nF risulta $R_4=7250$ Ohm. Dalla 1.1 si può ricavare il valore da attribuire ad R_1 che risulta uguale a 65.250 Ohm.

Progetto del Monostabile

Utilizzando in circuito integrato CMOS 4538 (doppio monostabile di precisione) la durata a livello logico lato del segnale di uscita V2 (vedi schema di fig.2) risulta data dall'espressione:

$$T_{AMAX} = (R_3 + R_2) \cdot C_2 \quad 1.3$$

$$T_{Amin} = R_3 \cdot C_2 \quad 1.4$$

Si suppone che la durata del segnale di uscita V2 sia compresa fra 50 us. e 9,5 ms.

Il valore di 50 us è scelto superiore al minimo valore ottenibile con il circuito integrato 4538 che è pari a 25 us. il valore di 9,5 ms. è scelto leggermente inferiore al periodo di ingresso massimo al monostabile (T_{1max}).

Dalla relazione 1.4, fissato C_2 pari a 10 nF, si ricava R_3 che risulta pari a 5000 Ohm. Dalla relazione 1.3, si ricava R_2 pari a 945 KΩ.

Nota Bene

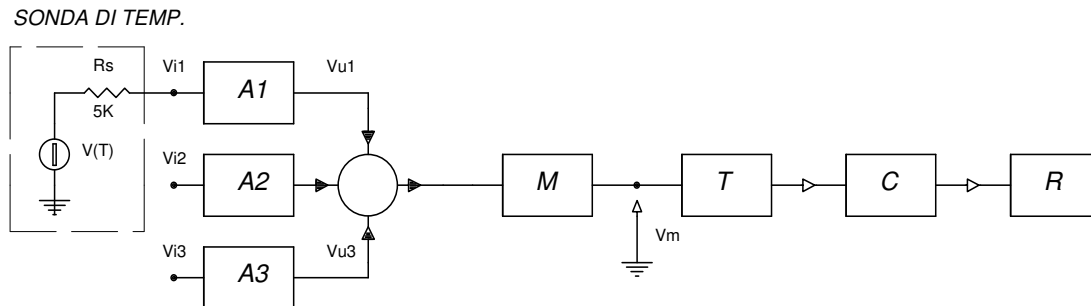
E' evidente che le regolazioni circuitali effettuate da R_1 sull'astabile (regolazione di frequenza) e da R_2 sul monostabile (regolazione di durata), devono essere fra di loro compatibili. Non è infatti possibile imporre ad una forma d'onda quadra una durata T_A maggiore del periodo T . Pertanto dovrà sempre essere verificata la condizione:

$$T_A \leq T_1$$

in caso contrario in uscita non avremo un onda quadra ma un segnale di ampiezza costante e pari al valore scelto per l'alimentazione del circuito (valori possibili fra 5 e 15V).

1994 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI Sperimentale Progetto 92

(Elettronica - Sistemi - Tecnici Industrie Elettroniche Prog.92)



Schema a blocchi fornito con il testo Ministeriale

Tre sonde di temperatura, con resistenza interna $R_s=5K\Omega$, forniscono ai loro capi una tensione di uscita a vuoto V_1, V_2, V_3 secondo la seguente legge

$$V(T) = V_0 + K \cdot T \quad T \text{ in } ^\circ\text{C}, \quad V_0=0.5 \text{ V}, \quad K=0.015 \text{ V}/^\circ\text{C}$$

1) A_1, A_2, A_3 sono tre stadi amplificatori in grado di fornire in uscita al variare della temperatura T fra 0°C e 60°C tre segnali proporzionali di tensione V_{u1}, V_{u2}, V_{u3} compresi fra 0 e 5V.

2) M è un dispositivo analogico in grado di fornire all'uscita la media aritmetica V_m dei tre segnali provenienti dagli stadi precedenti.

3) T è un dispositivo di Trasmissione.

4) C è un canale di Trasmissione.

5) R è un dispositivo di ricezione.

Il candidato formulate le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie:

a) scelga il canale di Trasmissione e una adeguata modalità di realizzazione del collegamento a distanza, illustrando in particolare gli aspetti relativi al sistema di modulazione e demodulazione proposto.

b) commenti nella sua globalità il sistema mettendo in evidenza le funzioni svolte da ogni blocco.

c) progetti scegliendo opportunamente gli elementi elettronici i blocchi descritti ai punti 1 e 2.

Soluzione

In questa sede affronteremo principalmente gli aspetti progettuali fondamentali (punti c e a) per ovvie ragioni di brevità. Dalla relazione matematica che esprime la legge di funzionamento delle tre sonde termiche si ricavano i valori della tensione a vuoto alle due temperature $T_1=0\text{ }^\circ\text{C}$ e $T_2=60\text{ }^\circ\text{C}$. È immediato verificare che risulta:

$$V(0^\circ) = V_0 = 0,5V$$

$$V(60^\circ) = V_0 + K \cdot T = 1,4V$$

Al punto 1 della traccia si afferma che i blocchi A1, A2, A3 debbono fornire in uscita, al variare della temperatura T fra $0\text{ }^\circ\text{C}$ e $60\text{ }^\circ\text{C}$, tre segnali proporzionali di tensione $Vu1$, $Vu2$, $Vu3$ compresi fra 0 e 5V. La struttura circuitale che permette di adattare la dinamica d'uscita delle sonde termiche alla dinamica richiesta dalla traccia (stadio amplificatore A1, A2, A3) potrà perciò essere rappresentata dal circuito di fig. 2. In esso è presente un primo amplificatore operazionale U1 in connessione inseguitore: serve a evitare assorbimenti di corrente dalla "sonda termica" e perciò ci permette di ragionare in termini di "tensione a vuoto"; U2, in connessione differenziale elimina lo "zero vivo" della tensione in uscita alla sonda termica (valore di V a zero gradi pari a 0,5V) e adatta la dinamica alle esigenze poste al punto 1.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\Delta V_U}{\Delta V_E} = \frac{5}{1,4 - 0,5} \cong 5,56 \text{ per cui fissato il valore di } R_1 = 10K\Omega \text{ risulta } R_2 = 55,6K\Omega$$

In fig. 3 è infine presentato un circuito che esegue il calcolo della media aritmetica fra tre segnali provenienti dai blocchi A1, A2, A3 precedentemente progettati. In esso è possibile scegliere per R3 il valore usuale di $10K\Omega$.

Il candidato al punto a) doveva effettuare la scelta del canale di trasmissione e, in base a ciò doveva poi indicare il sistema di modulazione proposto per realizzare il blocco trasmettitore T e il sistema di demodulazione necessario per realizzare il blocco ricevitore R.

La scelta del canale trasmissivo C poteva essere effettuata dopo avere prefissato (ipotesi aggiuntiva) la distanza che intercorre fra apparato Trasmettitore T e apparato ricevitore R.

Una soluzione largamente impiegata in campo industriale quando la distanza fra sistema trasmittente e apparato ricevente è dell'ordine di alcune centinaia di metri in ambiente elettricamente disturbato è proposta in fig. 4. Il canale di trasmissione è una linea fisica costituita da un doppino telefonico schermato; l'apparato trasmittente è un VCO (oscillatore non sinusoidale) controllato in tensione attraverso

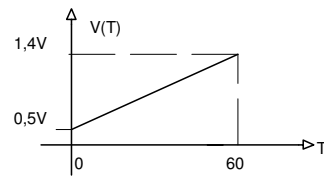
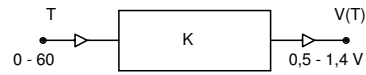


fig. 1 Dinamica del segnale in uscita alla sonda termica

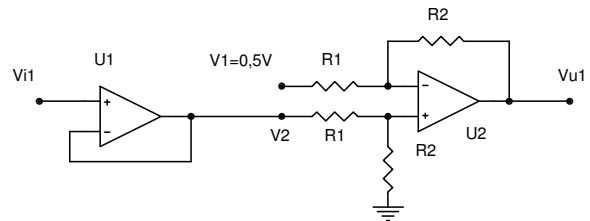


fig. 2 Schema elettrico di uno dei tre stadi Amplificatori

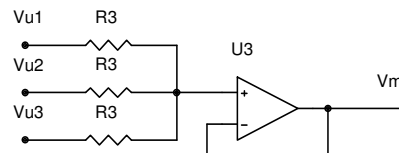


fig. 3 Circuito che effettua la media aritmetica fra $Vu1, Vu2, Vu3$

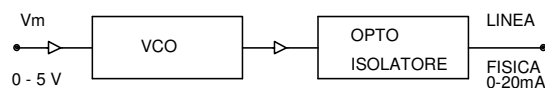


fig. 4a Esempio di apparato trasmettitore industriale



fig. 4b Esempio di apparato ricevitore industriale

il quale viene effettuata una modulazione impulsiva di frequenza o conversione f/V. In uscita al VCO viene collegato un circuito che isola galvanicamente il modulatore vero e proprio dalla linea fisica (per assicurare una buona immunità ai disturbi ambientali) su cui circola una corrente che può assumere due valori distinti: a livello basso 0 mA, a livello alto attorno ai 20 mA (Interfaccia Current Loop). L'apparato ricevitore (fig. 4b) è costituito da un circuito di isolamento galvanico identico al precedente, un monostabile ed un filtro passa basso che costituiscono un semplice sistema di convertitore f/V (demodulatore).

Soluzione a cura del prof. Azzani Cleto IPSIA Moretto per Brescia Oggi

1995 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI

(Elettronica -Tecnici Industrie Elettriche ed Elettroniche)

Con riferimento allo schema a blocchi di figura, nell'ipotesi che:

- all'atto dell'accensione il monostabile A generi subito una temporizzazione, e il monostabile B rimanga bloccato;
 - siano disponibili due tensioni di alimentazione +5V (Vcc) e -5V (Vee);
 - i componenti abbiano caratteristiche ideali;
 - la tensione di uscita abbia una frequenza pari a 1 KHz ed uno stato alto pari al 25 % del periodo.
- Il candidato, dopo avere formulato le eventuali ipotesi aggiuntive:

- illustri il funzionamento del dispositivo e
- ne proponga una soluzione circuitale con componenti di sua conoscenza.

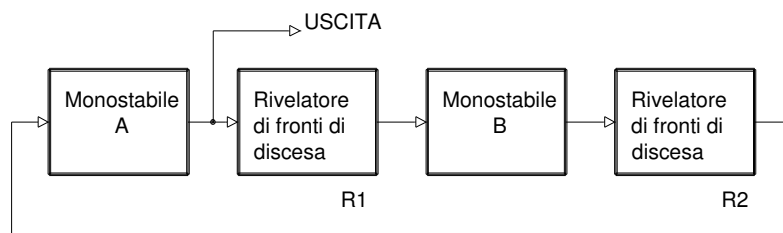


fig.1 Schema a blocchi del dispositivo

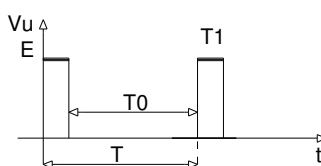


fig. 2 Andamento della tensione d'Uscita

Soluzione :

Il tema di quest'anno poichè fornisce lo schema a blocchi (riportato in fig. 1) stabilisce dei binari molto rigidi entro i quali il candidato deve muoversi per cui ci sembra che di "eventuali ipotesi aggiuntive" se ne possano fare ben poche.

L'unica ipotesi ragionevole è quella di stabilire i livelli di tensione del segnale in uscita al monostabile A: considerato che si dispone di due sorgenti di alimentazione con caratteristiche indicate nel punto b) della traccia si potrebbe scegliere o una dinamica -5V +5V oppure, una dinamica 0 +5V; delle due ipotesi possibili la seconda ci sembra la più indicata. Come conseguenza logica di questa scelta i circuiti integrati che verranno presentati nella discussione del punto 2) dovranno essere alimentati fra 0 e Vcc.

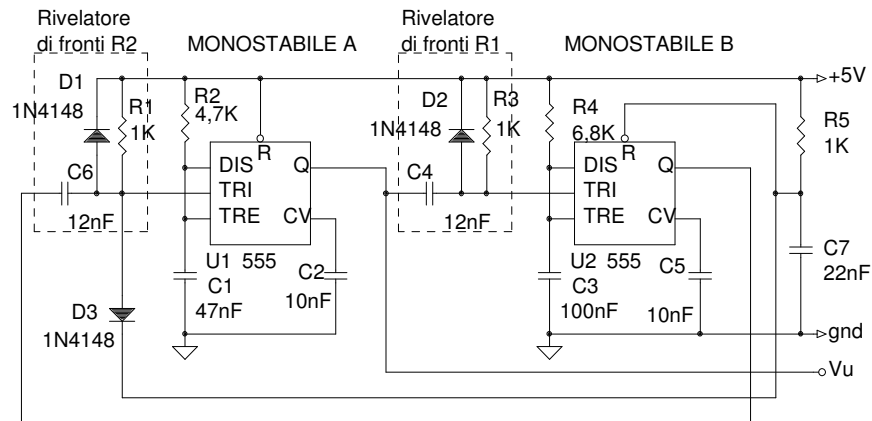


fig. 3 Soluzione circuitale con il Timer Universale NE555

Punto 1

Il funzionamento del dispositivo non è difficile da descrivere:

all'atto dell'accensione (ipotesi a) il monostabile B deve rimanere bloccato (la sua uscita QB deve trovarsi nello stato logico 0) mentre il monostabile A deve iniziare un ciclo di temporizzazione (la uscita QA deve trovarsi nello stato logico 1) per un tempo T_1 determinato dall'analisi delle specifiche contenute nell'ipotesi d) della traccia. Infatti :

$$T = T_0 + T_1 = \frac{1}{f} = 1ms \quad T_1 = 25\%T = 0,25ms \quad T_0 = T - T_1 = 0,75ms$$

Trascorso il tempo T_1 sulla uscita QA si presenta un fronte di discesa (passaggio da livello 1 a livello 0); il rivelatore di fronti attiva perciò il monostabile B per cui QB passa a livello 1 e rimane in questo stato per un tempo pari a T_0 (0,75 ms). Quando il monostabile B ha concluso il proprio ciclo di temporizzazione QB passa da livello 1 a livello 0 (fronte di discesa); il rivelatore di fronti R2 attiva quindi il monostabile A e il ciclo si ripete da capo. In fig. 2 è riportato l'andamento temporale del segnale QA.

Punto 2

La soluzione più ovvia, visto la struttura dello schema a blocchi fornito nel testo ministeriale, ci sembra quella rappresentata nello schema elettrico di fig. 3 ove si è utilizzato l'arcinoto timer universale NE555. Procediamo al dimensionamento del circuito. La formula che fornisce la durata T_{pw} del ciclo di temporizzazione nella connessione monostabile dell'NE555 è la seguente:

$$T_{pw} = 1,1 \cdot RC$$

per cui nel caso del monostabile A risulta

$$R_2 C_1 = \frac{T_1}{1,1} = 227 \mu s \quad \text{fissato } C_1 = 47nF \text{ si determina } R_2 = 4,84K \text{ (valore commerciale } 4,7K)$$

nel caso del monostabile B risulta analogamente:

$$R_4 C_3 = \frac{T_0}{1,1} = 682 \mu s \quad \text{fissato } C_3 = 100nF \text{ si determina } R_4 = 6,8K \text{ (valore commerciale } 6,8K)$$

La costante di tempo τ dei due rivelatori di fronti deve essere molto inferiore alla durata del ciclo di temporizzazione. Scegliendo τ molto minore di T_1 essa risulta ovviamente molto minore anche di T_0 .

$$R_1 C_6 = R_3 C_4 = \frac{T_1}{20} = 12,5 \mu s \quad \text{fissato } R_1 = R_3 = 1K \text{ si determina } C_6 = C_4 = 12,5nF \text{ (valore comm. } 12nF)$$

Da ultimo il gruppo R5 C7 assicura che all'accensione venga scrupolosamente rispettata l'ipotesi a) in quanto inizialmente C7 risulta scarico ($V_{C7} = 0$) il monostabile B viene quindi sicuramente "resettato" all'accensione; il diodo D3 porta contemporaneamente a livello logico 0 l'ingresso Trigger di U1 assicurando che il monostabile A avvii il suo ciclo di temporizzazione. E' evidente che C7 deve rapidamente caricarsi attraverso R5 prima che si concluda il ciclo di temporizzazione

T1 (del monostabile A) quindi ci sembra opportuno fissare come segue il valore della costante di tempo.

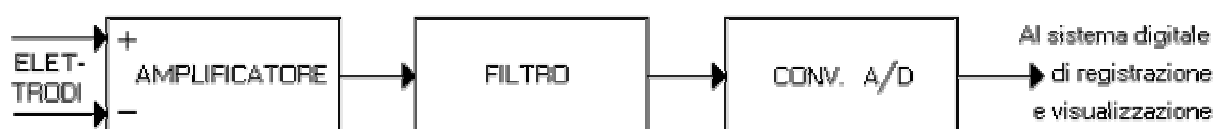
$$R_5 C_7 = \frac{T_0}{10} = 25 \mu s \quad \text{fissato } R_5 = 1K \text{ si determina } C_7 = 25nF \text{ (valore commerciale } 22nF)$$

Il circuito poteva certamente essere sviluppato anche utilizzando soluzioni circuitali di altro tipo: Monostabile CMOS 4538 dotato di rivelatore di fronti incorporato nel circuito integrato, Monostabili a componenti discreti (BJT o JFET), Monostabili con amplificatori operazionali OVA.

2003 TEMA MINISTERIALE PROFESSIONALI (soluzione prof. Crapella IPIA Sondrio)

(Elettronica - Telecomunicazioni Tecnici Industrie Elettroniche)

Un sistema elettronico di registrazione e visualizzazione dell'attività elettrica del cuore è realizzato secondo lo schema a blocchi riportato in figura.



Il segnale elettrico, proveniente dai due elettrodi applicati al paziente, si presenta all'amplificatore in modo differenziale ed ha valore compreso fra -0.8 mV e +0.8 mV con componenti armoniche significative in banda 0.1 ÷ 40 Hz. Detto segnale è disturbato dalla tensione di rete a 50 Hz presente nell'ambiente.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute necessarie:

1. spieghi il funzionamento di ciascun blocco dello schema;
2. dimensiona l'amplificatore e determini i parametri di funzionamento del filtro, in modo che sia eliminato il disturbo di rete e all'ingresso del convertitore A/D vi sia un segnale compreso fra -5V e +5V;
3. determini la frequenza di campionamento necessaria per la corretta acquisizione del segnale;
4. indichi il tipo e le caratteristiche di un convertitore A/D adeguato all'impiego nel sistema;
5. identifichi la strumentazione e la modalità con cui collaudare il funzionamento dei primi due blocchi costituenti il sistema;
6. esprima le proprie considerazioni sul tipo di alimentazione necessaria per il funzionamento del sistema.

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito soltanto l'uso di manuali tecnici e di calcolatrici tascabili non programmabili. Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

SOLUZIONE @ by Vittorio Crapella

-1- SPIEGAZIONE SCHEMA A BLOCCHI

Amplificatore:

Considerato che il segnale utile proveniente dai due elettrodi viaggia su due fili che possono raccogliere, per induzione, segnali di disturbo rispetto alla massa è opportuno utilizzare un amplificatore di tipo differenziale che tenda a neutralizzare il segnale di rumore comune amplificando solo quello differenza. Considerato inoltre che la fonte del segnale è il corpo umano, sarà opportuno utilizzare degli operazionali oltre che ad amplificazione differenziarle anche connessi nel modo chiamato "strumentale" con impedenza d'ingresso elevata.

Filtro:

Considerato che il disturbo è prevalentemente a frequenza di rete a 50Hz e al di sopra di quella massima di 40 Hz del segnale utile da amplificare, sarà opportuno che tale filtro sia di tipo esclusi banda detto filtro Notch così da avere una forte attenuazione solo per i 50Hz. L'ideale sarebbe far precedere il notch da un filtro passa basso del 6o ordine con frequenza di taglio a 45Hz così da lasciare passare praticamente inalterati tutti i segnali da 0,1 a 40 Hz come dalle specifiche richieste, attenuando già tutte quelle al di sopra.

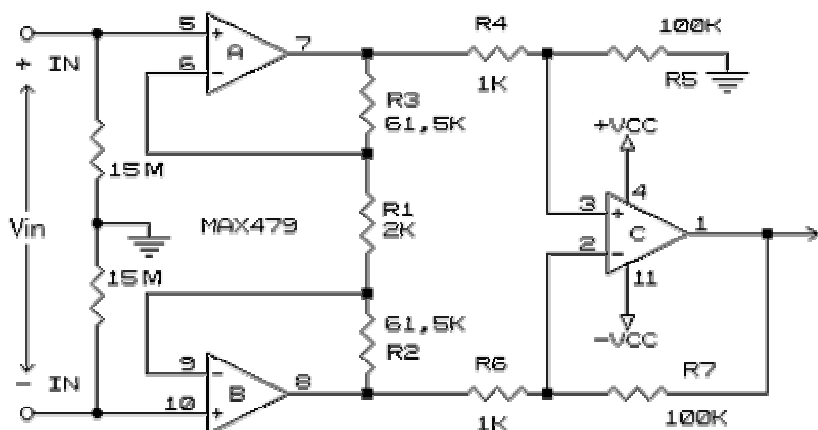
Convertitore A/D:

Il convertitore riceverà i segnali da -5V a +5V provenienti dall'amplificatore opportunamente filtrati così da convertirli in valori binari in base alla risoluzione dell'ADC che verrà scelta nello svolgimento del punto -4-. Essendo la frequenza con cui varia il segnale molto bassa (massimo 40Hz -> T=25mS), la frequenza di campionamento dell'ADC potrà essere pure non eccessivamente alta. Secondo il teorema di Shannon dovrebbe essere minimo 2 Fmax del segnale da campionare ma in pratica per avere una campionatura accettabile si usa una F di campionamento almeno 8 volte quella massima da convertire. In questo caso sarà opportuno tenere conto anche della risoluzione voluta come spiegherò nella trattazione del punto3.

2-DIMENSIONAMENTO AMPLIFICATORE E FILTRO

Dimensionamento Amplificatore:

In base a quanto esposto al punto -1- inerente l'amplificatore lo schema che intendo utilizzare è il seguente:



Considerato che all'ingresso dell'A/D devono arrivare segnali tra -5V e +5V, cioè $\Delta V_{tot} = 10V$ a fronte di una variazione del segnale d'ingresso tra -0,8mV e +0,8mV, cioè $\Delta V_{in} = 1,6 mV$, ne consegue che l'amplificazione totale deve essere:

$$G = \Delta V_{tot} / \Delta V_{in} = 10 V / 1,6 mV = 6250$$

Intendo attribuire una amplificazione di 100 all' amplificatore differenziale C e il rimanete 62,5 ai due operazionali A e B. Il segnale differenza in entrata sul differenziale C è dato dalla somma del segnale d'uscita dell'operazionale A con il segnale d'uscita dell'operazionale B ma ognuno è come se prendesse $\frac{1}{2}V_{in}$ e l'amplificasse per il proprio guadagno che essendo una configurazione non invertente sarà $A = 1 + R_o / R_i$ ma in questo caso $R_i = \frac{1}{2} R_1$ pertanto in uscita si avrà una tensione:

$$V_{oB} = \frac{V_{in}}{2} \left(1 + \frac{R_3}{\frac{R_1}{2}} \right) = \frac{V_{in}}{2} \left(1 + \frac{2 R_3}{R_1} \right)$$

$$V_{oA} = \frac{V_{in}}{2} \left(1 + \frac{R_2}{\frac{R_1}{2}} \right) = \frac{V_{in}}{2} \left(1 + \frac{2 R_2}{R_1} \right)$$

Essendo $R_3=R_2$ la tensione differenza in entrata al differenziale C sarà :

$$V_{dif} = V_{oA} + V_{oB} = 2 \left[\frac{V_{in}}{2} \left(1 + \frac{2 R_3}{R_1} \right) \right]$$

semplificando, la tensione differenza diventa:

$$V_{dif} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{2 R_3}{R_1} \right)$$

sapendo che il Guadagno é il rapporto tra il segnale d'uscita e quello d'entrata si può scrivere:

$$\frac{V_{dif}}{V_{in}} = G_{Tot(AeB)} = 1 + \frac{2 R_3}{R_1}$$

e pertanto dovendo valere 62,5 sarà $2 R_3 / R_1 = 62,5 - 1 = 61,5$
fissando $R_1 = 2K$ sarà $R_3 = R_2 = 61,5 K$

L'amplificatore differenziale C deve amplificare 100 pertanto sapendo che il suo guadagno

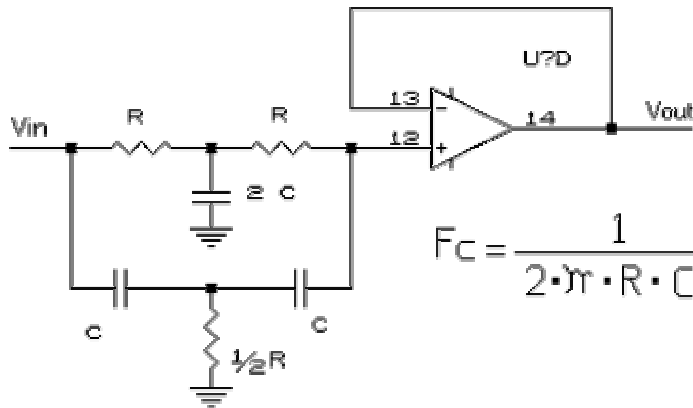
$$G_C = R_7 / R_6 \quad \text{fissando } R_7 = 100K \quad \text{sarà } R_6 = R_7 / 100 = 1K$$

Ne consegue che $R_4 = R_6 = 1K$ e $R_5 = R_7 = 100 K$

Per una migliore stabilità e un corretto funzionamento complessivo dell' amplificatore le resistenze vanno scelte con tolleranza allo 0.5% massimo 1%.

Dimensionamento Filtro Notch:

Intendo utilizzare un filtro a doppio T e per non attenuare il segnale da inviare all'ADC è opportuno interporre tra l'uscita del filtro e l'ADC un operazionale a guadagno unitario (Voltage follower - inseguitore di tensione con contro-reazione totale) così da avere un'impedenza d'entrata molto alta ($\geq 10 \text{ MOhm}$) tale da non caricare il filtro e pertanto senza perdite di segnale verso l'A/D.



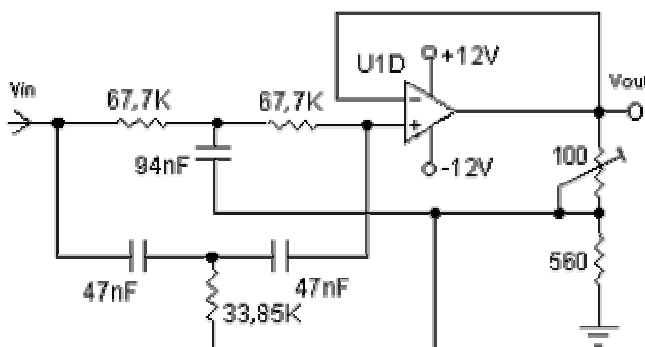
La frequenza F_c del filtro è espressa dalla formula indicata nello schema sopra riportato, di conseguenza imponendo $C = 47 \text{ nF}$ si avrà $2C = 94 \text{ nF}$ cioè due capacità da 47 nF in parallelo mentre il valore della resistenza R sarà:

$$R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot F_c \cdot C} \quad \text{sostituendo} \quad R = \frac{1}{6,28 \cdot 50 \cdot 47 \cdot 10^{-9}} = 67,7 \text{ K}$$

pertanto $\frac{1}{2}R$ sarà $= 67,7 / 2 = 33,85 \text{ K}$

Per avere una buona attenuazione centrata nella frequenza desiderata di 50 Hz i componenti debbono essere di alta stabilità termica e con tolleranza almeno dello $0,5\%$ o migliore.

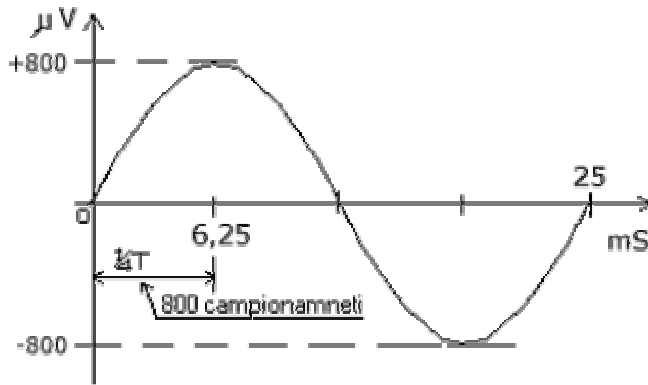
Il filtro notch si può rendere più selettivo collegando anziché a massa la $38,85 \text{ K}$ e il 94 nF , al centrale di un partitore alimentato con il segnale d'uscita. Il circuito modificato è il seguente:



Mediante il trimmer si potrà effettuare una taratura per il miglior compromesso tra perdita d'inserzione e maggior attenuazione sulla frequenza desiderata di 50 Hz .

3-DIMENSIONAMENTO FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO

Supponendo di essere nella condizione peggiore della conversione e cioè alla variazione massima del segnale di 40 Hz e che vari tra il livello minimo e il massimo previsto (tra $-0,8 \text{ mV}$ e $+0,8 \text{ mV}$) e supponendo che tale variazioni sia rappresentata da una sinusoide e supponendo di voler apprezzare nel campionamento variazioni di $1 \mu\text{V}$ significa che l'ADC dovrà eseguire 800 campionamenti ogni $\frac{1}{4}$ di periodo T .



$F = 1 / T$ da cui $T = 1 / F = 1 / 50 = 25 \text{ mS}$ pertanto $\frac{1}{4}T = 25 / 4 = 6,25 \text{ mS}$

In 6,25 mS devono avvenire 800 campionamenti pertanto il clock di campionamento avrà un periodo di

$T_{\text{camp}} = 6,25 / 800 = 78,1 \text{ } \mu\text{S}$ e la $F_{\text{camp}} = 1 / T = 1 / 78,1 = 128 \text{ KHz}$

4- CARATTERISTICHE DELL'AD

Dalle considerazioni fatte al punto -3- significa che l'ADC dovrà essere in grado di convertire il segnale in equivalenti valori (pesi) binari capaci di contenere le cifre tra - 800 e + 800 considerato che un bit si utilizza per il segno sarà necessario altri 10 bit per i numeri infatti 2 elevato alla 10cima si arriva a 1024 più che sufficiente per contenere i nostri numeri.

Ci vorrebbe un ADC a 11 bit, in commercio esistono a 8, 10 o 12 bit pertanto si utilizzerà un ADC a 12bit.

A tal proposito un ADC che può essere impiegato in un simile progetto é il [MAX176](#) le cui caratteristiche principali sono:

- 12 bit Resolution and linearity (Risoluzione e linearità)
- 3,5 μS Max Conversion Time (massimo tempo di conversione)
- 250 Ksps Sampling rate (250 K campionamenti al secondo)
- SPI - QSPI - Microwire - Compatible serial output
(Comunicazione dati nei modi SPI - QSPI e in modo seriale)
- +/- 5V Input Voltage Range (Accetta in ingresso +/- 5V)

Considerate le sue caratteristiche, si presta anche ad essere gestito da un microprocessore considerate anche le specifiche del progetto la dove parla di "*registrazione*" il che fa pensare ad archiviazione dei dati letti in modo seriale da un PC e salvati su memoria di massa tipo H.D.

5- MODALITÀ DI COLLAUDO

Strumenti per il collaudo:

Per il collaudo amplificatore e filtro mi servirei di un:

1. multimetro digitale
2. generatore di funzioni (a tensione e frequenza variabile)
3. oscilloscopio

Collaudo amplificatore:

Supponendo il circuito alimentato con il suo alimentatore (vedi punto -6-) mi accerterei delle tensioni in gioco soprattutto sull'uscita dell'operazionale C mettendo gli elettrodi in corto circuito tra loro ($V_{in} = 0V$).

In queste condizioni sull'uscita dell'OP C si dovrebbe misurare 0,00mV o comunque valori molto vicini allo 0. Qualora così non fosse significherebbe avere un errore di OFFSET. Per ovviare a questo si tratterebbe di mettere un trimmer sui pin dell'operazionale previsti per una taratura di OFFSET e cioè uscita = 0V quando ho $V_{in} = 0V$.

Avendo optato per un operazionale [MAX479](#) (quadruplo operazionale come indicato nello schema) questo problema non si dovrebbe porre in quanto le sue specifiche lo danno con un OFFSET massimo di 70 μV cioè molto prossimo allo zero come desiderato.

Passerei ora alla verifica funzionale in regime dinamico simulando un segnale d'ingresso sugli elettrodi, mediante il generatore di funzioni posizionato su onde sinusoidali di frequenza 40 Hz e livello d'uscita del segnale di 1,6 mV.

Con la sonda dell'oscilloscopio posta sull'uscita dell'operazionale C valuto il livello e forma d'onda facendo variare la frequenza del generatore tra gli 0,1Hz e i 40Hz, se tutto è funzionante dovrei avere un segnale costante di 10Vpp.

Se il livello d'uscita fosse diverso significherebbe una amplificazione diversa da quella ipotizzata. Per ovviare a questo si potrebbe intervenire con una piccola modifica al circuito mettendo al posto di R1 da 2K una da 1K8 con in serie un trimmer multigiri (per una migliore regolazione) del valore di 470 Ohm. Con il trimmer si potranno avere valori di R1 maggiori o minori di 2K così da poter aggiustare l'amplificazione e il segnale voluto all'uscita del C.

Collaudo Filtro Notch:

Per la verifica del funzionamento del Filtro vario il generatore attorno ai 50 Hz fino ad osservare il minimo valore sull'uscita dell'op C; la frequenza letta dovrebbe essere 50Hz. Se invece apprezzo un discordanza rispetto ai 50Hz posso intervenire mettendo al posto della resistenza da 33,85 K una fissa da 27K con in serie untrimmer multigiri da 10K così da poterlo tarare per avere la massima attenuazione, cioè minimo segnale d'uscita dall'operazionale C quando in entrata ho 50 Hz. Se invece si utilizza il circuito migliorato con reazione mediante partitore sull'uscita la taratura si potrà eseguire con il trimmer da 100 Ohm.

6- ALIMENTATORE

Per il funzionamento corretto dell'intero circuito si deve utilizzare una doppia alimentazione e considerato che la massima escursione di segnale in uscita dell'amplificatore è compreso tra -5V e +5V, la tensione duale basterebbe +/-8V considerato però che l'ADC ha bisogno pure di una -12V utilizzo una duale di +/- 12V.

L'ADC oltre la tensione -12V ha bisogno anche di un +5V.

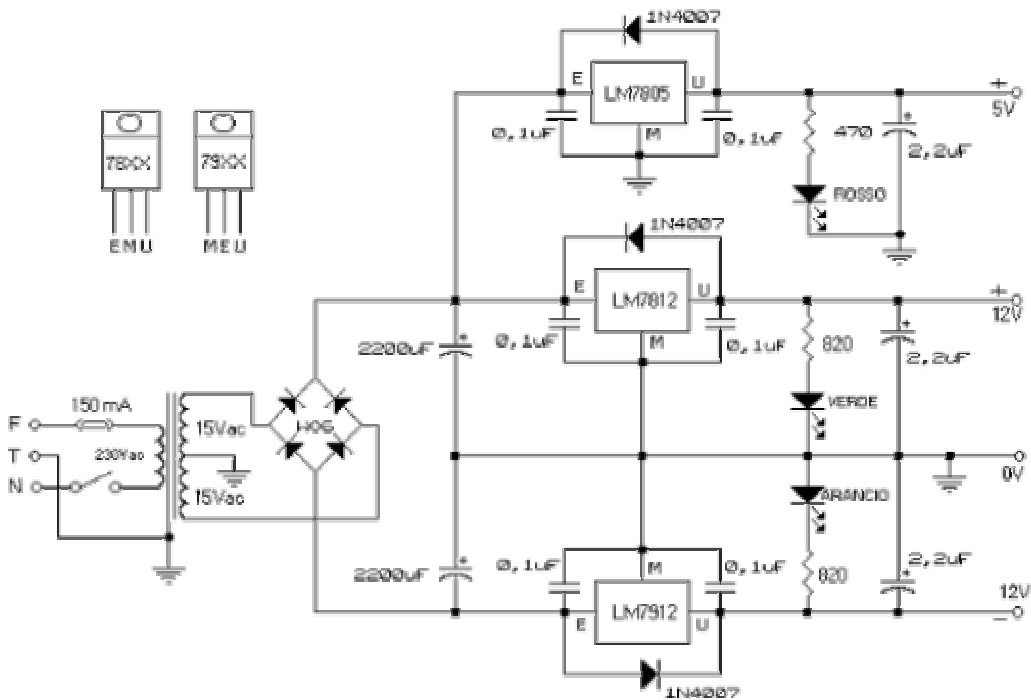
Considerati i consumi ridotti sia dell'operazionale sia dell'ADC si utilizza un trasformatore di piccola potenza, 10VA sono più che sufficienti. La tensione duale alternata sul secondario del trasformatore è opportuno sia 15+15Vac così da avere una V_{cc} sui condensatori di livellamento attorno a 20/21V ($V_{cc} = V_{ac} \times 1,41$).

Essendo un circuito classificabile come elettromedicale è d'obbligo per sicurezza utilizzare un trasformatore del tipo a doppio isolamento e con schermo elettrostatico fra primario e secondario messo a terra per evitare scariche accidentali verso il circuito e di riflesso verso il paziente.

Per avere una buona stabilizzazione senza residuo di alternata intendo utilizzare i regolatori di tensione della serie 78XX per le tensioni positive e 79XX per quella negativa. Basta entrare con una tensione superiore di 5/6V rispetto a quella necessaria in uscita per avere un'ottima stabilizzazione. Questi regolatori sopportando una corrente massima di 1A; sono pertanto anche

sovradimensionati rispetto al fabbisogno. Si sarebbe potuto utilizzare la serie 78Lxx dove L sta per LOW cioè bassa corrente (100/150 mA) ma siccome il costo dei 78xx é di poco superiore conviene usare quest'ultimi.

Schema



Considerazioni sulla sonda-elettrodi

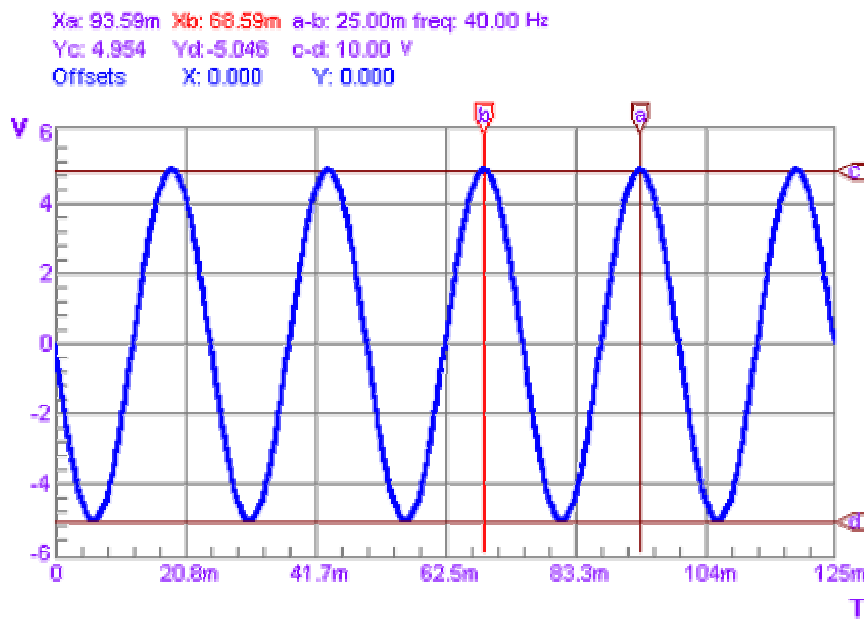
Per ridurre il segnale rumore indesiderato indotto sui fili degli elettrodi é opportuno prevedere l'utilizzo, per la lunghezza del cavo-sonda dall'apparato al paziente, un cavo bipolare "twinstato" e schermato con la calza di schermo collegata a massa/terra dal lato apparato.

PROVE DI SIMULAZIONE

Realizzando il circuito completo con [Circuit Maker](#) si é potuto verificare l'esattezza del progetto simulandone il funzionamento. [scarica il file [matu03.ckt](#) per [Circuit Maker versione studente](#)]

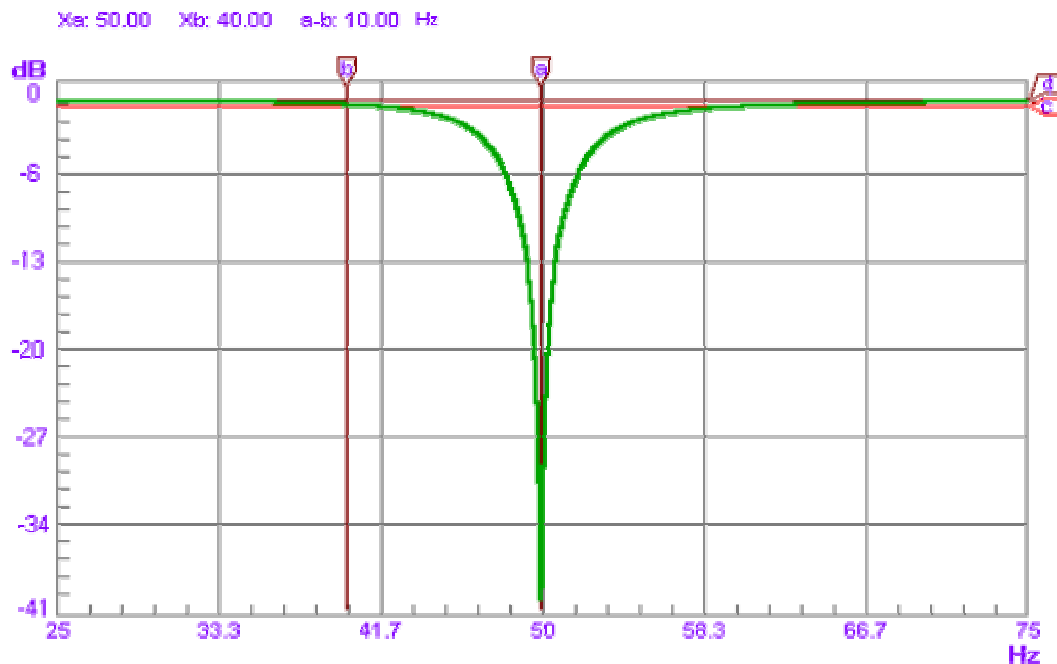
Dalla barra comandi scegliere SIMULATION poi ANALYSES SETUP, selezionare AC e cliccare sopra per impostare START-F. a 25,0 Hz, STOP-F. a 75,0 Hz e TEST POINT a 1000.

AMPLIFICATORE



In uscita all'amplificatore differenziale si ottengono i 10 V previsti quando in ingresso entrano gli 1,6 mV.

RISPOSTA DEL FILTRO NOTCH



Come si può osservare dal grafico si ha una attenuazione d'inserzione di circa -0,2 dB e una attenuazione del segnale a 50 Hz di ben 40 dB. Il che significa avere in uscita 9,8 V a 40 Hz (caso peggiore) invece che i 10 V voluti a fronte di una attenuazione di ben 100 volte del rumore a frequenza di 50 Hz.