

M049 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE a.s. 1999

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE

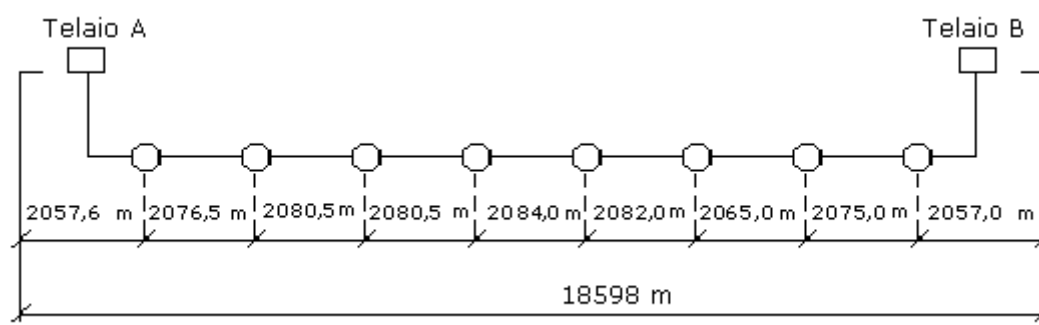
CORSO DI NUOVO ORDINAMENTO

Tema di: ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI E APPLICAZIONI

Il candidato svolga almeno due dei seguenti esercizi:

Esercizio 1

Lo schema di giunzione di figura riporta le caratteristiche di posa di un cavo ottico multifibre (monomodali e step index), tra due terminazioni (Telaio A e B).



Il collegamento è caratterizzato dai seguenti valori nominali:

$\alpha = 0,22$ dB/km attenuazione fibra in terza finestra ($\lambda = 1550$ nm)

$a_g = 0,06$ dB attenuazione giunto a fusione

$a_c = 1,2$ dB attenuazione connettore se

$B_T = 66$ MHz banda totale canale

$f_r = 68.736$ MHz frequenza di cifra in codice MCM1

$P_{t \min} = -2$ dBm potenza minima uscita trasmettitore

$P_{r \min} = -32,5$ dBm potenza minima ingresso ricevitore

$P_{t \max} = 1$ dBm potenza massima uscita trasmettitore

$P_{r \max} = -25,6$ dBm potenza massima ingresso ricevitore

Il candidato, fatte le eventuali considerazioni aggiuntive, riporti:

1. l'andamento completo dell'attenuazione (attenuazione in dB in funzione dei chilometri)
2. calcoli (trascurando la complementazione) i margini in dB superiori e inferiori del collegamento tenendo conto della penalizzazione di banda

$$\eta_P = 1,5 \cdot \left(\frac{f_r}{B_T} \right)^2$$

3. valuti se il collegamento soddisfa i requisiti di progettazione e consideri l'eventuale necessità di introdurre attenuatori.

Esercizio 2

Una trama PCM è impiegata per trasmettere N canali telefonici. Ogni canale analogico, con una banda lorda di 4 kHz, è campionato, quantizzato con 256 livelli e codificato con m bit.

Il candidato, formulate le ipotesi aggiuntive ritenute necessarie:

1. determini per ogni singolo canale: la frequenza di campionamento, il numero di bit m del convertitore A/D e la capacità (in bps) necessaria per la trasmissione;
 2. descriva la struttura di una trama PCM, secondo le norme internazionali ITU, indicando il numero N di canali riservati a quelli telefonici utenti.
 3. illustri le funzioni svolte dagli intervalli temporali della trama non occupati dai canali telefonici;
 4. calcoli la capacità trasmissiva complessiva necessaria per trasmettere una trama.
-

Esercizio 3

Un'interfaccia commerciale permette di inviare sul medesimo mezzo trasmissivo due canali PCM (che chiameremo B-Channel) e un canale digitale di controllo (D-Channel). Ogni B-Channel può trasmettere dati oppure voce a 64 kbps, mentre il D-Channel, impiegato per la configurazione e il controllo, può raggiungere una velocità di 16 kbps.

Il candidato, formulate le ipotesi aggiuntive ritenute necessarie, determini:

1. lo schema a blocchi di un moltiplicatore in grado di trasmettere i 3 canali su un unico mezzo trasmissivo;
2. la capacità complessiva necessaria per trasmettere i 3 canali;
3. la banda minima del mezzo trasmissivo, dopo avere scelto un tipo di modulazione.

M049 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE

CORSO DI NUOVO ORDINAMENTO a.s. 2000/2001

Tema di: **ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI E APPLICAZIONI**

Il candidato, formulando di volta in volta tutte le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie, risolve almeno due degli esercizi proposti.

Esercizio 1

La modulazione ad impulsi codificati riveste una particolare importanza nel campo della telefonia digitale. Il candidato, dopo aver illustrato sinteticamente i principali vantaggi dei sistemi digitali di comunicazione rispetto a quelli analogici;

1. illustri lo schema a blocchi di un codificatore/decodificatore PCM (CODEC), spiegando la funzione di ciascun blocco;
2. descriva, come esempio, l'impiego del CODEC nella realizzazione di Un sistema TDM/PCM a 4 canali fonici;
3. determini, per un segnale PCM ottenuto campionando ogni $125 \mu\text{S}$ un segnale analogico quantizzato su 128 livelli:
 - il numero di bit trasmessi per campione;
 - la velocità di trasmissione;
 - la frequenza più elevata consentita nello spettro del segnale analogico;
 - la banda passante minima richiesta al canale per la trasmissione del segnale PCM.

Esercizio 2

Si desidera effettuare una esperienza didattica di laboratorio per visualizzare su un oscilloscopio il campionamento di un segnale sinusoidale di frequenza 1500 Hz e di ampiezza 1 Vpp. A tale scopo, si impiega:

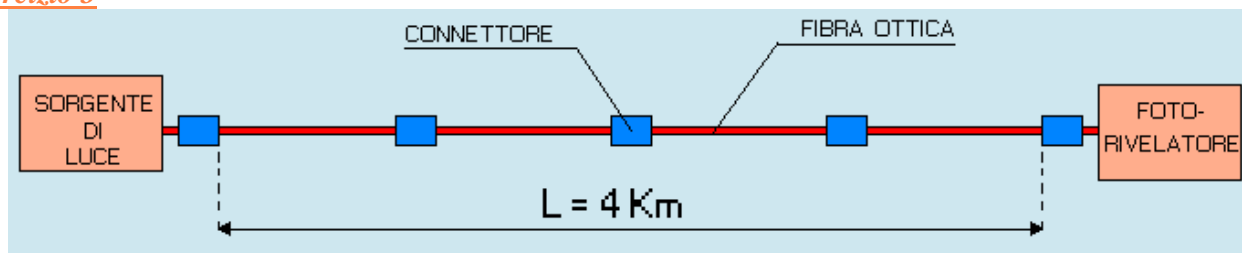
- un circuito Sample & Hold che, con un condensatore da $1 \mu\text{F}$, presenta un tempo di acquisizione $T_{\text{ACQ}} = 40 \mu\text{S}$;
- un generatore di impulsi per il comando dell'apertura e della chiusura dell'interruttore analogico del Sample & Hold.

Si tenga presente che il segnale campionato dovrà essere applicato, in una successiva esperienza ad un convertitore analogico-digitale con tempo di conversione $t_{\text{CONV}} = 100 \mu\text{S}$.

Il candidato

1. proponga uno schema circuitale per il dispositivo di campionamento, descrivendone il principio di funzionamento;
2. scelga valori appropriati di frequenza e di ciclo utile per il segnale di comando dell'interruttore analogico del circuito Sample & Hold;
3. illustri il criterio di dimensionamento degli elementi circuitali che costituiscono il generatore di impulsi.

Esercizio 3



Un collegamento in fibra ottica, realizzato secondo lo schema in figura, è caratterizzato dai seguenti dati:

- potenza prodotta dalla sorgente: $P_o = 0,5 \text{ mW}$
- lunghezza d'onda della radiazione: $\lambda = 0,82 \mu\text{m}$
- attenuazione della fibra: $A_F = 2 \text{ dB/Km}$
- attenuazione dei connettori: $A_c = 2 \text{ dB}$
- attenuazione trasmettitore-fibra: $A_{TF} = 15,6 \text{ dB}$
- attenuazione fibra-ricevitore: $A_{FR} = 0,4 \text{ dB}$
- responsività del fotorivelatore: $R = 0,65 \mu\text{A}/\mu\text{W}$

Il candidato, dopo aver illustrato sinteticamente i vantaggi dell'uso delle fibre ottiche

nella trasmissione dei segnali:

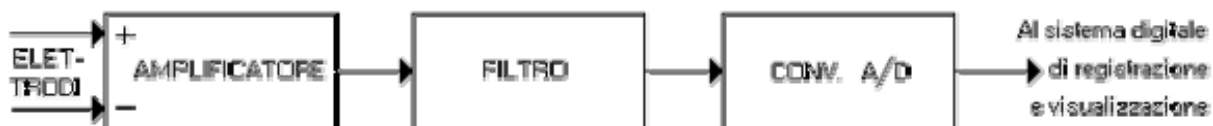
- 1 . calcoli l'attenuazione complessiva lungo tutta la linea;
 2. calcoli la potenza che giunge al fotorivelatore, espressa in μ W e in dBm;
 3. calcoli la corrente all'uscita dei fotorivelatore espressa in μ A;
 4. proponga ed illustri una configurazione circuitale di principio per il blocco fotorivelatore.
-

M048 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE
a.s. 2002-2003

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE
CORSO DI NUOVO ORDINAMENTO

Tema di: ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI E APPLICAZIONI

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 $+0.8\text{ mV}$ con componenti armoniche significative in banda $0.1 \div 40\text{ Hz}$. 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 $+5\text{V}$;
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.

SOLUZIONE

-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 50 Hz e al di sopra di quella massima di 40 Hz del segnale utile da amplificare, sarà opportuno che tale filtro sia di tipo escludi banda detto filtro Notch così da avere una forte attenuazione solo per i 50 Hz . L'ideale sarebbe far precedere il notch da un filtro passa basso del 6o ordine con frequenza di taglio a 45 Hz 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.

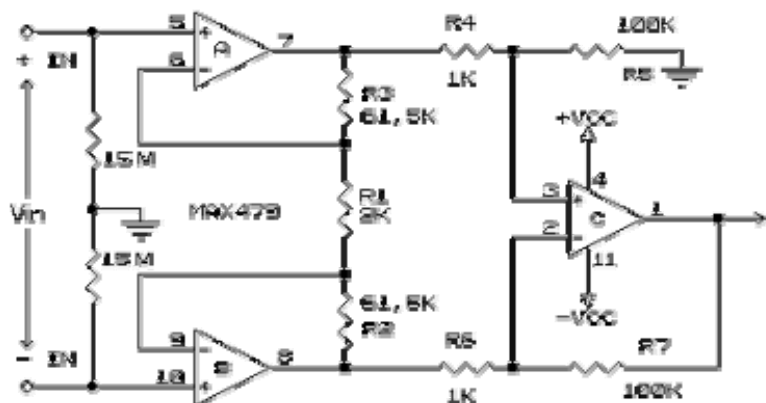
Convertitore A/D:

Il convertitore riceverà i segnali da -5V a $+5\text{V}$ 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 40 Hz $\rightarrow T=25\text{ ms}$), la frequenza di campionamento dell'ADC potrà essere pure non eccessivamente alta. Secondo il teorema di Shannon dovrebbe essere minimo $2 F_{\text{max}}$ 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 punto 3.

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 $\Delta V_{in} = 1,6 \text{ mV}$, ne consegue che l'amplificazione totale deve essere:

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

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 è 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

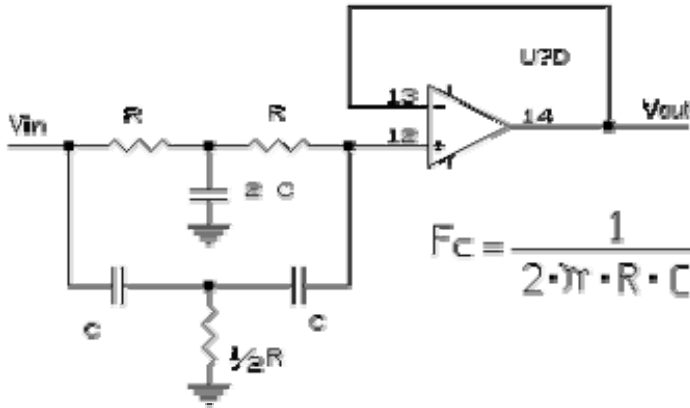
$$G_C = R_7 / R_6 \quad \text{fissando } R_7 = 100K \quad \text{sarà } R_6 = R_7 / 100 = 1K$$

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 controreazione 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.



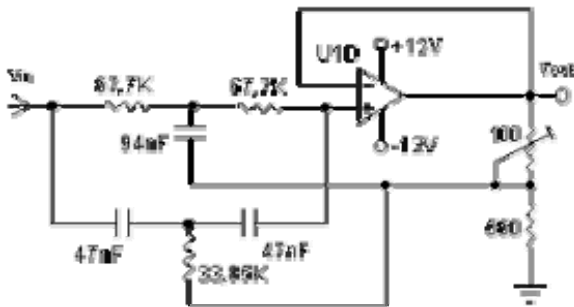
La frequenza F_c del filtro è espressa dalla formula indicata nello schema sopra riportato, di conseguenza imponendo $C = 47 \text{ nF}$ si avrà $2C = 94 \text{ nF}$ cioè due capacità da 47 nF in parallelo mentre il valore della resistenza R sarà:

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

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.

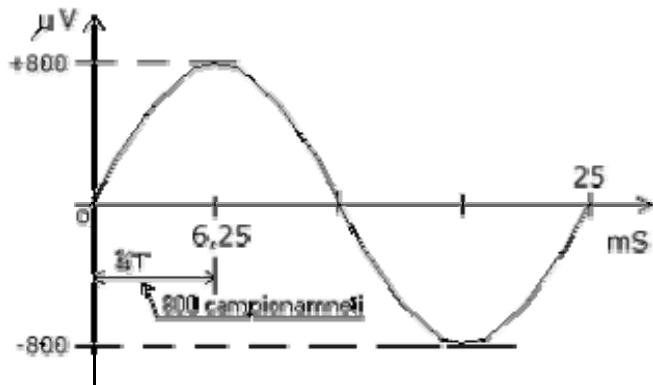
Il filtro notch si può rendere più selettivo collegando anziché a massa la $33,85 \text{ K}$ e il 94 nF , al centrale di un partitore alimentato con il segnale d'uscita. Il circuito modificato è il seguente:



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 $1/4T = 25 / 4 = 6,25 \text{ mS}$

In 6,25 mS devono avvenire 800 campionamenti pertanto il clock di campionamento avrà un periodo di $T_{\text{camp}} = 6,25 / 800 = 78,1 \mu\text{S}$ e la $F_{\text{camp}} = 1 / T = 1 / 78,1 = 128 \text{ KHz}$

4- CARATTERISTICHE DELL'A/D

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 ($V_{\text{in}} = 0\text{V}$).

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 $V_{\text{in}} = 0\text{V}$.

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 é 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 é 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.

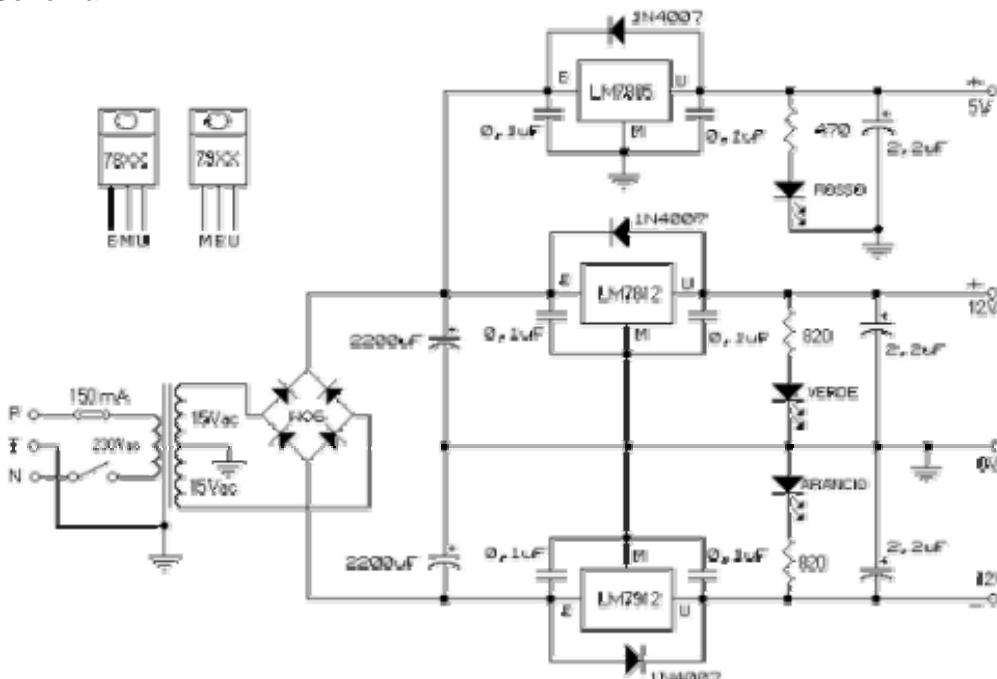
L'ADC oltre la tensione -12V ha bisogno anche di un +5V.

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

Essendo un circuito classificabile come elettromedicale é 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

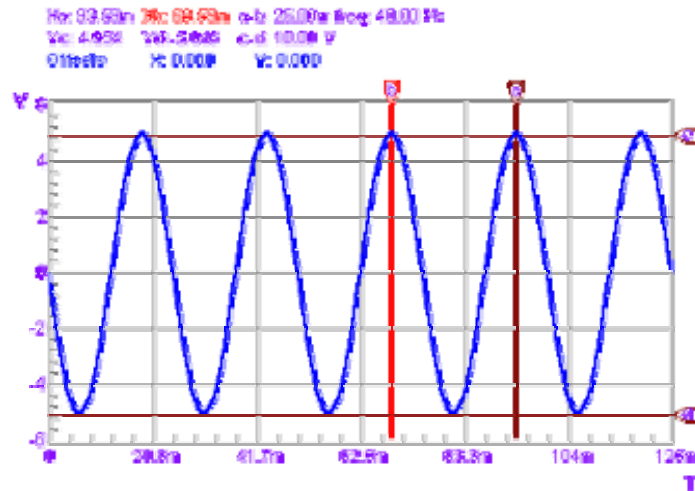
Per ridurre il segnale rumore indesiderato indotto sui fili degli elettrodi é opportuno prevedere l'utilizzo, per la lunghezza del cavo-sonda dall'apparato al paziente, un cavo bipolare "twinstato" e schermato con la calza di schermo collegata a massa/terra dal lato apparato.

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](#)]

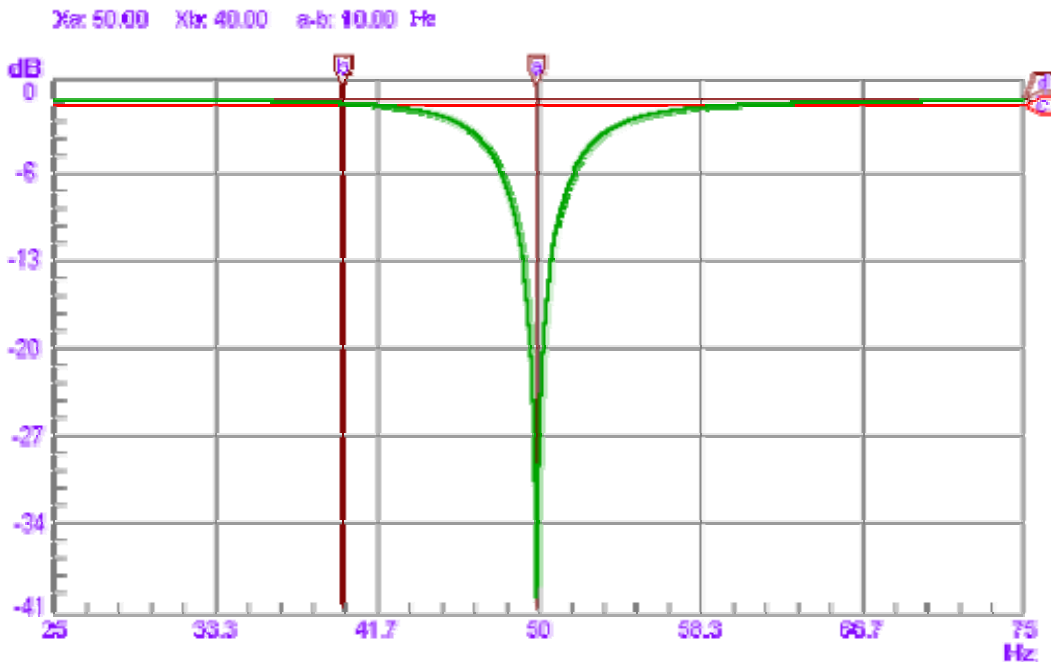
Dalla barra comandi scegliere SIMULATION poi ANALYSES SETUP, selezionare AC e cliccare sopra per impostare START-F. a 25,0 Hz, STOP-F. a 75,0 Hz e TEST POINT a 1000.

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.

M049 - ESAME DI STATO ISTRUZIONE PROFESSIONALE

a.s. 2004/2005

CORSO DI NUOVO ORDINAMENTO

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE

Tema di: ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI ED APPLICAZIONI

Una [scuola](#) vuole monitorare la potenza elettrica continua di un pannello fotovoltaico per la generazione d'energia elettrica di cui è dotata.

Il pannello fotovoltaico può produrre una corrente massima di 3,3 Ampere e una tensione massima di 16,5 Volt. Questi valori massimi si riducono notevolmente a seconda della quantità di luce solare che raggiunge gli elementi.

Per monitorare la potenza elettrica prodotta durante la giornata e nelle, varie condizioni climatiche, si misurano tensione prodotta e la corrente prodotta.

Questi dati devono essere rilevati ogni 5 minuti e convertiti in una memoria di tipo flash.

Una volta al giorno devono essere inviati ad un personal computer per produrre una statistica.

Per misurare la corrente si utilizza un sensore ad effetto Hall che ha un'uscita lineare in corrente, secondo la seguente proporzione:

- Se la corrente misurata è nulla (0 Ampere), in uscita la corrente vale 0 mA.
- Se la corrente misurata è 15 Ampere, in uscita la corrente è pari a 15 mA.

Le due grandezze da misurare devono essere convertite in tensioni comprese tra 0 e 2,5 Volt per essere adattate all'ingresso del convertitore analogico-digitale impiegato.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute opportune:

1. descriva lo schema a blocchi del sistema d'acquisizione dati per le grandezze elencate;
2. progetti il condizionamento dei segnali in uscita dai sensori;
3. indichi il tipo di convertitore analogico-digitale idoneo per questo impiego;
4. descriva il sistema di memorizzazione dei valori acquisiti;
5. illustri le metodologie di collaudo dei circuiti.

IPOTESI AGGIUNTIVE

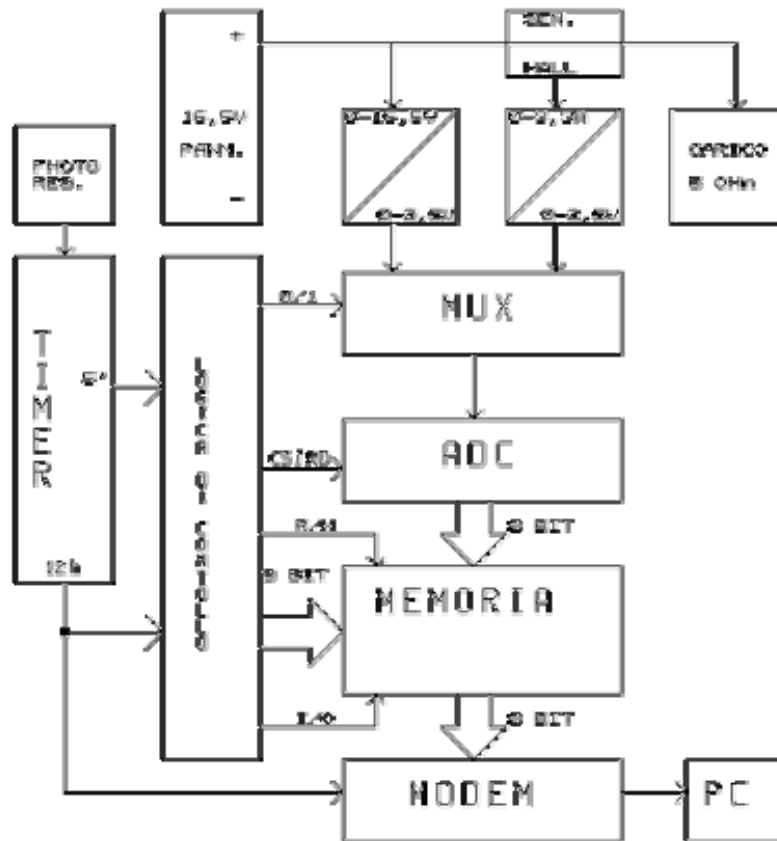
Se il [pannello fotovoltaico](#) eroga 3,3A massimi alla massima tensione di 16,5V evidentemente alimenta un carico di resistenza pari a

$$R=V/I = 16,5/3,3=5 \text{ Ohm.}$$

Ne consegue che la potenza massima sarà $P_p = V_p \times I_p = 16,5 \times 3,3 = 54,45 \text{ Watt}$

Considerato che ha senso il monitoraggio della potenza soltanto durante il giorno e non durante la notte, si ipotizzano 12 ore di sole utile ai fini del campionamento ogni 5 minuti.

SCHEMA A BLOCCHI



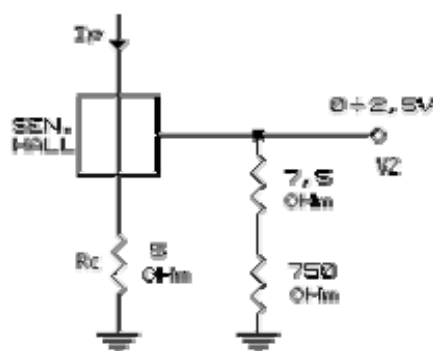
CONVERTITORE CORRENTE/TENSIONE

Sapendo che il sensore di Hall restituisce 15 mA quando sollecitato da un campo magnetico creato dal filo percorso da 15A ne consegue che alla sua uscita otterremo 1 mA per ogni Ampere di corrente circolante nel filo tra pannello e carico.

Pertanto quando il pannello genera la sua massima potenza a 3,3A il sensore mi darà 3,3 mA. In queste condizioni il circuito di condizionamento deve fornire 2,5V.

Il più semplice circuito di condizionamento in questo caso è una semplice resistenza che per la legge di Ohm $R=V/I$ pertanto sarà

$$R=2,5/(3,3 \cdot 10^{-3}) = 0,75757 \text{ Kohm} = 757,57 \text{ Ohm}$$

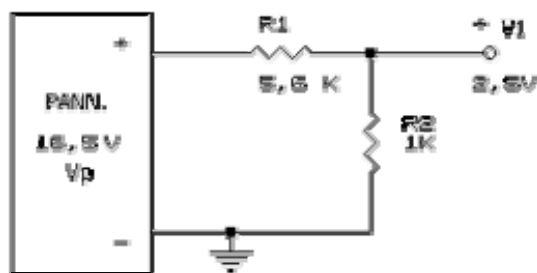


Il valore commerciale più vicino è 750 Ohm al 1% di precisione, mettendo in serie pure un 7,5 Ohm si arriva ad un valore più che accettabile pari a 757,5 Ohm.

CONDIZIONAMENTO DELLA TENSIONE

Per condizionare la tensione del pannello tra 0V e 16,5V in una tensione compresa tra 0V e 2,5V si può utilizzare un partitore che dovrà attenuare:

$$A=16,5/2,5 = 6,6 \text{ volte.}$$



Fissando una delle due resistenze si può calcolare l'altra affinché il partitore soddisfi le specifiche richieste.

Fisso $R2 = 1 \text{ Kohm}$, con precisione all'1%, ne consegue che la sua corrente con $V1 = 2,5\text{V}$ varrà $2,5 \text{ mA}$ infatti $I = V/R = 2,5/10^3 = 2,5 \text{ mA}$

Di conseguenza sapendo che su $R1$ ho una tensione

$Vr1 = Vp - V1 = 16,5 - 2,5 = 14\text{V}$ sarà $R1 = Vr1/I = 14/(2,5 \cdot 10^{-3}) = 5,6 \text{ Kohm}$ che è pure già un valore commerciale e si userà di precisione all'1%.

CONVERSIONE CON ADC

Scegliendo un ADC a 8 bit con $2,5 \text{ V}$ d'ingresso massimi sono possibili 2^8 combinazioni cioè 256, (una combinazione per il valore 0 V) pertanto ogni bit ha un peso di $2,5\text{V}/255 = 0,009804 \text{ V}$ cioè circa 10 mV/bit .

Rapportato alla tensione massima del pannello sarà $16,5/255 = 64,7 \text{ mV}$.

Ipotizzando un errore di conversione di ± 1 bit, l'errore massimo nell'apprezzare la lettura della tensione del pannello solare è di $\pm 65 \text{ mV}$, più che accettabile per la grandezza da misurare.

L'integrato ADC non deve avere altre particolari caratteristiche ad esempio la velocità di conversione non è affatto critica considerato che il campionamento avviene ogni 5 minuti ed inoltre il pannello non cambia repentinamente la sua tensione d'uscita. Reputo più che sufficiente l'utilizzo di un normale ADC801.

Con un [microcontrollore](#) usando il suo ADC interno si potrebbe effettuare più conversione e continuare a sommare gli 8 bit dell'ADC per 256 volte contando i riporti ottenuti in un altro byte che rappresenterebbe la media; in tal modo il valore letto sarebbe molto più preciso essendo mediato su ben 256 campionamenti.

Anche per la corrente si può sapere il peso di un bit cioè $3,3\text{A}/255 = 0,01294 \text{ A}$ pari a $\cong 13 \text{ mA}$ pertanto l'errore ipotizzabile sarà di $\pm 13\text{mA}$ anche questo accettabile.

LOGICA DI CONTROLLO MUX, ADC, MEMORIA

Per non utilizzare due ADC e due memorie si è pensato di utilizzare un dispositivo che seleziona prima $V1$ e poi $V2$ (multiplexer) da inviare in successione ad un unico ADC. Per tale scopo si può utilizzare o un relè con contatto di scambio a deviatore oppure un deviatore analogico integrato tipo il CD4051 o meglio un MAX4644 (mux).

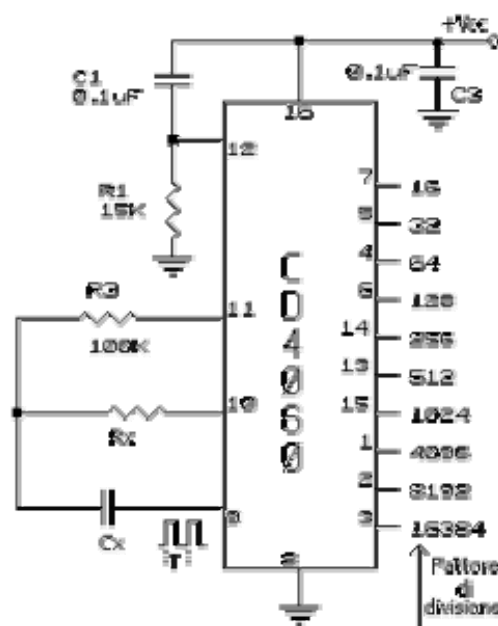
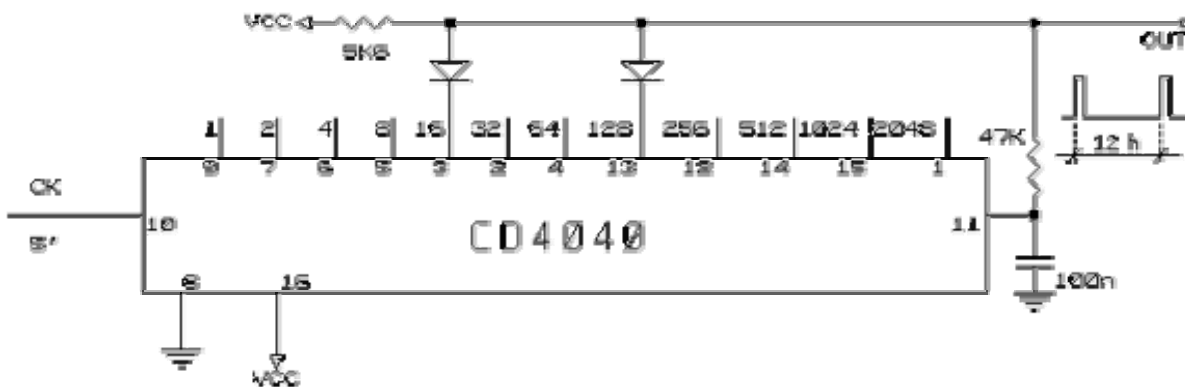
La logica di controllo sarà abilitata dal timer ogni 5 minuti per i campionamenti e ogni 12 ore per l'invio giornaliero al PC; questa dovrà sovrintendere alla selezione del canale (mux), all'abilitazione/lettura (CS-RD) dell'ADC e alla predisposizione dell'indirizzamento della memoria con adeguati livelli in sequenza temporale per la selezione Scrittura/lettura (R/W) e Input/Output (I/O).

TIMER

In base alla premessa d'inizio, il timer si resetta dopo che sono trascorsi 12 ore ed inviato al PC i dati memorizzati nella flash e rimane fermo fino a che il circuito, comandato dalla foto resistenza, non passa dal buio della notte alla luce dei primi raggi di sole.

Terminato l'invio dei dati al PC la logica di controllo deve azzerare il contatore di indirizzo della memoria affinché, con il nuovo ciclo del giorno dopo, punti alla prima cella di memorizzazione. L'indirizzo si incrementerà dopo ogni conversione e relativa scrittura in memoria.

Il circuito timer per generare il tempo base di 5 minuti può essere realizzato con un integrato CMOS CD4060 mentre per il ritardo di 12 ore si utilizza un CD4040 configurato come divisore a modulo 144 e che ha come clock gli impulsi provenienti dal 4060 ogni 5 minuti.



Sul pin 9 del 4060 nasce un onda quadra che diventa il clock dei divisori interni e il suo periodo è direttamente proporzionale a Rx, Cx e ad un coefficiente pari a circa 2,2 cioè $T = 2,2 R_x C_x$. Dovendo ricavare un impulso ogni 5 minuti pari a 300000 mS, fissando un fattore di divisione pari a 16384 si dovrà avere un periodo $T = 300000/16384 = 18,31$ mS, pertanto fissando Cx ad un valore di 47 nF si può calcolare Rx.

$$R_x = (18,31 * 10^{-3}) / (47 * 10^{-9} * 2,2) = 177 \text{ Kohm}$$

Si potrebbe utilizzare una resistenza con valore commerciale di 180K e soddisferebbe comunque le specifiche, il tempo di 5 minuti diventerebbe leggermente più lungo di qualche secondo.

Oppure si può scindere la Rx in una resistenza fissa da 150K con in serie una da 27K oppure in serie un trimmer multigiri da 50K per una taratura più accurata.

FOTO RESISTENZA

Il blocco indicato con FHO TO RES. é basato su un sensore fotoresistivo che trasforma il buio/luce in un segnale 0/1 utilizzando ad esempio un circuito a scatto del tipo trigger di schmitt per abilitare col sole e bloccare col buio il timer.

Questo circuito potrebbe funzionare anche senza la fotoresistenza sfruttando la tensione stessa del pannello solare e riconoscere quando la sua tensione diventa nulla o sotto ad una

certa soglia ed associare questo al buio viceversa se la tensione fornita supera un'altra soglia siamo in presenza di sole.

MEMORIA

La memoria FLASH utilizzata è di tipo programmabile e cancellabile elettricamente pertanto facile da gestire con il vantaggio di non perdere i dati anche se viene a mancare l'alimentazione. Le più comuni sono quelle realizzate con architettura di tipo NOR e NAND. In quelle di tipo NOR le singole celle sono connesse in parallelo il che consente l'accesso casuale alle celle di memoria, ideali pertanto per basse densità e alta velocità di lettura. Quelle di tipo NAND sono ottimizzate per l'accesso sequenziale, ovvero per la lettura di grandi quantità di dati memorizzati in indirizzi adiacenti. In base a quanto affermato in precedenza i campionamenti totali saranno $12 \times 60/5 = 144$ e ogni volta vengono salvati in memoria 2 byte (V1 e V2) pertanto la capacità della flash deve essere di almeno 288 byte.

Basterebbe pertanto una memoria da 512 byte ($512 \times 8 = 4096$ Bit) ma forse sono obsolete vista la esigua capacità, infatti oggi si trattano memorie con capacità minime da 8 / 16 o più Kbyte per non dire Mbyte.

Il contatore di indirizzo in questo caso basterebbe a 9 bit cioè $2^9 = 512$.

MODEM

Il blocco indicato con modem si intende un sistema che, abilitato con il segnale del timer 12h, sia capace di acquisire i dati uscenti su un BUS di 8 bit dalla memoria e inviarli in modo seriale al PC.

Se la distanza fra il circuito di acquisizione e il PC è breve la comunicazione può avvenire utilizzando il protocollo RS232 oppure con RS485 su doppino telefonico per distanze anche di diverse decine di metri. Si può optare anche per un sistema WIRELESS basato su un sistema radiotrasmittente gestito sia in trasmissione che in ricezione con protocollo RS232.

COLLAUDO

Supponendo di aver finito la realizzazione dell'intero circuito e di trovarsi in un laboratorio attrezzato il collaudo per la verifica del funzionamento può avvenire anche senza il pannello fotovoltaico in quanto simulabile con un adeguato alimentatore a tensione variabile (0÷ 20V - 0÷ 5A).

Con un multimetro digitale effettuerei la misura di tensione V1 per valutare se il suo valore va da 0V a 2,5 quando vario la tensione tra 0V e 16,5 V dell'alimentatore che sostituisce il pannello.

Stessa cosa per la verifica di V2 controllando che questa vari tra 0V e 2,5 quando la corrente assorbita dal carico di 5 Ohm varia tra 0A e 3,3 A.

Sempre con l'alimentatore posso verificare il discorso del riconoscimento buio/ giorno e verificare se avviene regolarmente il blocco/sblocco del timer.

Accertato il corretto condizionamento dei segnali passerei alla taratura del timer verificando con frequenzimetro/periodimetro la corretta durata del periodo sul pin 9 del 4060. Per non aspettare sia i 5 minuti sia le 12 ore, sposterei il collegamento (predisposto nel montaggio) con apposito ponticello anziché sul pin 3 che divide per 16384 sul pin 14 che divide solo per 256 riducendo il tempo a 4,6 secondi.

Per il collaudo delle 12 ore si può ulteriormente accelerare prelevando i 5 minuti sul pin 7 che divide solo per 16 così 12h corrisponderanno a soli circa 42 secondi. Pertanto ogni 42 secondi osserverei con oscilloscopio l'uscita dal 4040 osservando un impulso in salita di breve durata (circa 5 mS).

A questo punto dovrei pure osservare che il modem legge ed invia i dati al PC.

Il PC con il suo adeguato software mi dovrebbe pure mostrare a video i dati ricevuti e dopo la rielaborazione avrà a video la potenza generata dal pannello fotovoltaico.

A tal proposito il programma di monitoraggio dovrà ricostruire i valori di tensione e corrente reali partendo dai valori ricevuti dal sistema.

Sapendo che il 16,5V condizionato a 2,5 verrà convertito nel numero corrispondente a 255 per ritornare al valore reale di tensione il software dovrà prendere il valore numerico ricevuto e moltiplicarlo per il fattore di riconversione, cioè:

$$V_p = N_r \times (2,5V/255 \times 6,6)$$

ad esempio se $N_r = 127$ la tensione del pannello $V_p = 127 \times 0,06470588 = 8,217 V$

Nel caso di $N_r = 255$ la tensione del pannello $V_p = 255 \times 0,06470588 = 16.5 V$

Come si può constatare risponde a quanto previsto.

Per quanto concerne la corrente sappiamo che quando il pannello fornisce 3,3A pari a 3300 mA il PC riceverà un numero pari a 255 ne consegue che per riavere i mA reali si dovrà moltiplicare il numero per un fattore di riconversione, cioè:

$$\text{Corente erogata dal pannello } I_p = N_r \times 3300/255$$

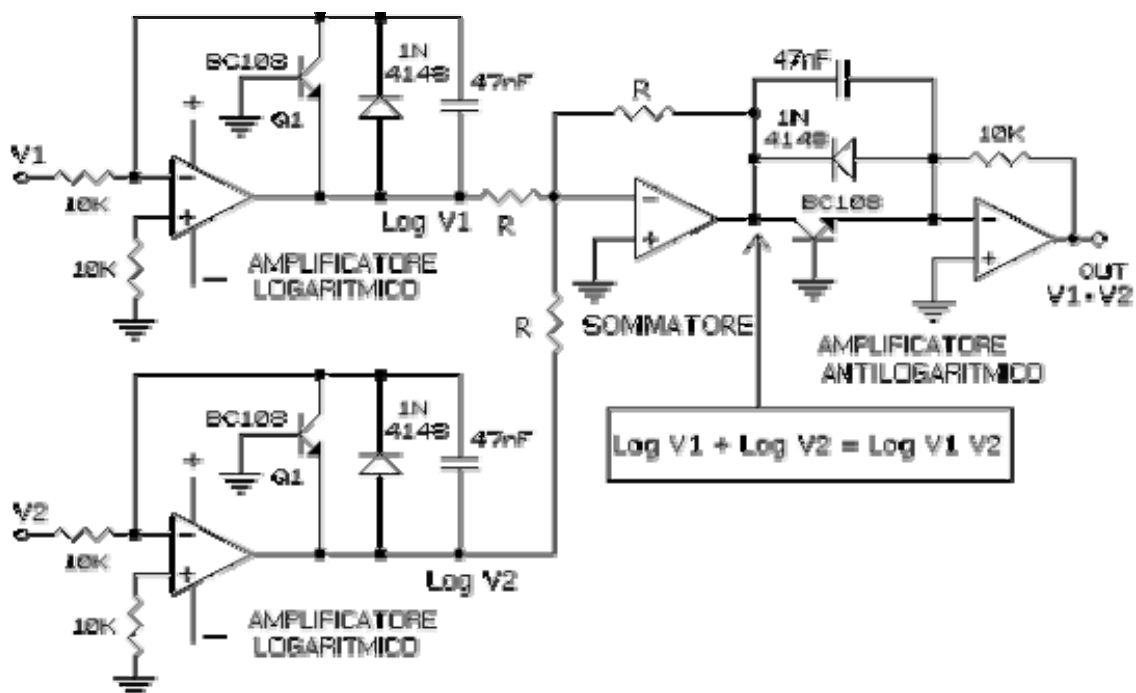
Ad esempio nel caso in cui il numero ricevuto valga $N_r=77$ si avrà $I_p = 77 \times 3300/255 = 996 \text{ mA}$ (1 A).

Trovare ora la potenza basta moltiplicare $V_p \times I_p$.

CONSIDERAZIONI FINALI

Anche se la soluzione proposta è valida e ai fini del calcolo finale della potenza è più preciso, considerato che viene eseguita dal PC, si poteva sostenere una soluzione diversa implementando subito il calcolo $V \times I$ prima del convertitore ADC mediante moltiplicatore ad operazionali configurati come amplificatore logarimico e antilogaritmico.

Lo schema di principio è il seguente:



Infatti il prodotto di due numeri si ottiene anche facendo l'antilogaritmo della somma dei logaritmi dei due numeri.

Seconda prova scritta

M049 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE**CORSO DI ORDINAMENTO****Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE**

Tema di: ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI ED APPLICAZIONI

Si voglia trasmettere un segnale audio con banda 15 kHz su un supporto fisico avente banda 1 MHz. Il segnale audio modula in AM, in FM, in PCM opportune portanti.

Nel caso della AM:

- Indicare quanti canali teoricamente potrebbero essere allocati in FDM
- Calcolare la potenza totale di ogni canale modulato sapendo che l'indice di modulazione è $m_a = 0,5$ e la potenza associata ad una banda laterale vale 10 W
- Determinare l'ampiezza della portante se il modulatore è chiuso su un carico resistivo pari a 75 Ohm.

Nel caso della FM:

- Indicare quanti canali teoricamente potrebbero essere allocati in FDM, sapendo che l'indice di modulazione vale $m_f = 6$
- Confrontare le due modulazioni in relazione al rapporto S/N.

Nel caso della PCM:

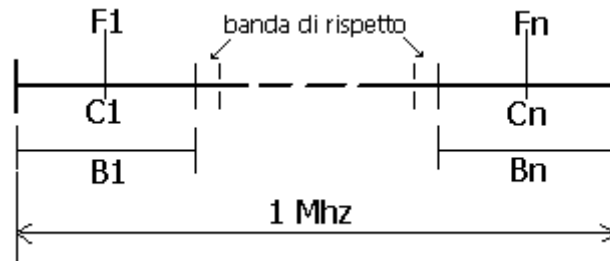
- Determinare la frequenza di campionamento con un margine del 10% rispetto alla frequenza di Nyquist
- Determinare il numero di bit di codifica necessari per ottenere un rapporto S/N = 50 dB
- Determinare la velocità di trasmissione.

Durata massima della prova: 6 ore. È consentito soltanto l'uso 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

Ne caso AM (Ampiezza Modulata) un canale per trasmettere un segnale audio avente banda di 15 KHz occuperà complessivamente 30Khz.

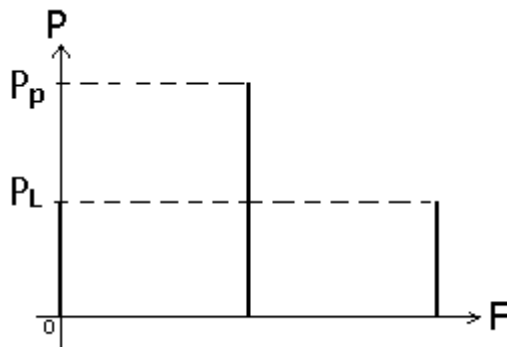
$$Bc = Bc1 = Bcn = 2 Fmax = 30 KHz$$



In FDM (Frequency Division Multiplexing) con un supporto fisico avente una banda di 1 Mhz si potranno allocare $Nc = 1Mhz / Bc = 1000 / 30 = 33$ canali teorici, dove $Nc =$ Numero Canali e $Bc =$ Banda per canale.

Ogni canale avrà una sua frequenza vettrice ($F1 \div Fn$ portanti) modulata dal segnale audio con banda di 15 KHz. In pratica, per evitare interferenze tra canali adiacenti, sarà opportuno lasciare una piccola banda di rispetto che nel nostro caso specifico se fissata a 3 KHz (pari al 10% del canale), darà origine a

$$Nc = 1000 / (30 + 3) = 30 \text{ canali reali.}$$



Indicando con:

Pp = Potenza della portante,

PL = Potenza laterale,

Pm = 2 PL,

P = Potenza totale (Portante + laterali)

e conoscendo l'indice di modulazione $m_a = 0,5$ e la potenza di una banda laterale $PL = 10W$ e sapendo che per un dato carico la potenza è proporzionale al quadrato della tensione sarà:

$$Pp = V^2 / R$$

Per una banda laterale la tensione sarà:

$$VL = m_a Vp / 2$$

Dove m_a è l'indice di modulazione.

Ne consegue che

$$Pm = \frac{\left(\frac{m_a \cdot Vp}{2}\right)^2}{R} \quad \text{ma} \quad \frac{Vp^2}{R} = Pp \quad \text{pertanto}$$

$$Pm = \frac{m_a^2 \cdot Pp}{2} \quad \text{da cui} \quad Pp = \frac{2 Pm}{m_a^2}$$

Ma $Pm = 2 PL = 2 \times 10 = 20 W$ di conseguenza

$$Pp = 2 \times 20 / 0,5^2 = 40 / 0,25 = 160 W$$

La potenza complessiva del canale modulato AM sarà

$$P = P_p + P_m = 160 + 20 = 180 \text{ W}$$

A riprova della correttezza dei calcoli utilizzo la formula generalizzata in cui

$$P = P_p [1 + (m_a^2 / 2)] = 160 \times (1 + 0,25 / 2) = 160 \times 1,125 = 180 \text{ W}$$

Se il modulatore è chiuso su un carico R da 75 Ohm, conoscendo $P_p = 160\text{W}$ e sapendo che $P = V^2 / R$ sarà

$$V_p = \text{Radice quadrata di } P \times R = \text{Rad. di } (160 \times 75) = 109,544 \text{ V}$$

Nel caso FM (Frequency Modulation)

Conoscendo l'indice di modulazione $m_f = 6$ che rappresenta il rapporto tra la deviazione massima di frequenza e la frequenza massima modulante, sarà:

$$m_f = \Delta F_{\max} / F_{\max} \text{ da cui}$$

$$\Delta F_{\max} = m_f \times F_{\max} = 6 \times 15 \text{ K} = 90 \text{ Khz}$$

Dalle formule di Bessel si può ritenere che la banda di un canale FM, per mantenere un buon rapporto segnale / rumore (S / N), debba valere:

$$B = 2 (\Delta F_{\max} + F_{\max}) = 2 (90 + 15) = 210 \text{ Khz}$$

Ne consegue che con un supporto fisico avente banda 1 Mhz ci staranno un numero di canali pari a :

$$C_n = 1000 / 210 = 4,76$$

In pratica ci staranno **4 canali reali** con una banda di rispetto tra fine e inizio canale di 32 Khz, infatti $[210 \text{ Khz} + (32 \text{ Khz} \times 5)] = 1000 \text{ Khz} = 1\text{Mhz}$.

Sicuramente il miglior compromesso S/N di trasmissione si ha con il sistema a modulazione di frequenza a scapito della riduzione dei canali trasmissibili.

L' AM è facilmente distruttibile essendoci diverse situazioni in cui un fenomeno esterno può incidere sull'ampiezza del segnale a scapito del buon rapporto S/N.

Ad esempio scariche elettriche (fulmini, contatti elettrici che si aprono o si chiudono, campi elettromagnetici, ecc) sono fonti di deterioramento del rapporto S/N.

Al contrario, questi fenomeni non possono introdurre variazione di frequenza.

Nel caso PCM (Pulse Code Modulation)

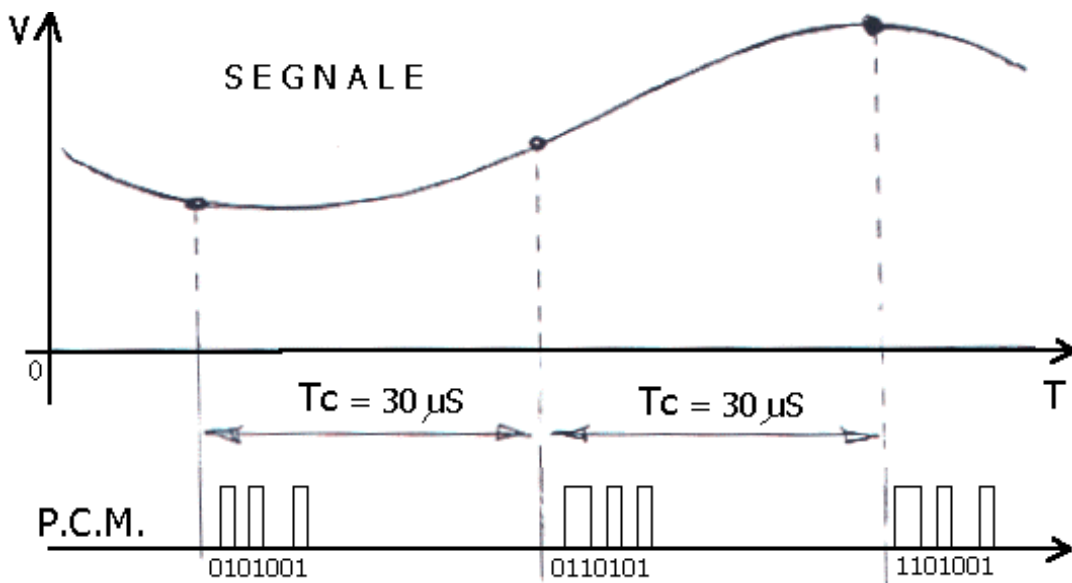
Il teorema del campionamento di Shanon afferma che un segnale compreso tra F_1 e F_2 dove $F_2 > F_1$ può essere rappresentato mediante una successione dei suoi campioni prelevati ad una frequenza di campionamento F_c , detta anche frequenza di Nyquist, almeno doppia rispetto alla sua F massima.

$$F_c = 2 F_{\max} = 2 \times 15 \text{ K} = 30 \text{ Khz}$$

Se si vuole un margine del 10% in più rispetto alla frequenza di Nyquist,

$$F_c = 30 + 10\% = 33 \text{ KHz}$$

I campionamenti avverranno con un tempo $T_c = 1 / F = 1 / 33 \text{ KHz} = 30 \mu\text{S}$



Dalla relazione di Shannon si definisce la capacità trasmissiva

$$C = B \lg_2 (1 + S/N)$$

Sapendo che $(S/N)_{dB} = 10 \lg S/N$ ne consegue che volendo $(S/N)_{dB} = 50 \text{ dB}$ dovrà essere

$$10 \lg S/N = 50 \text{ da cui } \lg S/N = 5 \text{ pertanto } S/N = 10^5$$

pertanto ipotizzando la banda minima per trasmettere i 15Khz sarà:

$$C = 15 \text{ K} \lg_2 (1 + 10^5) = 15 \text{ K} \times 16.61 = 249 \text{ Kbit/s (velocità di trasmissione max)}$$

Considerato che la frequenza di campionamento $F_c = 33 \text{ KHz}$ la codifica dovrà avvenire con ADC (Analogic Digital Converter) a N bit pari a $249 / 33 = 7,54$ bit cioè **risoluzione a 7 Bit.**