

SIMULAZIONE 2° PROVA D'ESAME : TEMA DI ELETTRONICA

Un'azienda vuole monitorare vari parametri ambientali (Temperatura dell'aria, Pressione atmosferica, Velocità del vento) e la Potenza elettrica continua generata da un pannello fotovoltaico.

- Per la Temperatura si utilizza il sensore **AD590**, avente una sensibilità **S=1 [$\mu\text{A} / \text{K}$]**, con uscita **nulla** per **T = 0 [K]**. Si assuma un funzionamento lineare su un Range di Temperatura di **- 10 ÷ + 40 [° C]**
- Il sensore di Pressione Atmosferica, risponde con un' uscita di **4 ÷ 20 [mA]**, lineare su un Range di Pressione di **800 ÷ 1100 [mBar]**
- Il sensore di Velocità del vento (Anemometro), già condizionato, genera in uscita una tensione sinusoidale con ampiezza variabile tra **0 ÷ 5 [V]** e frequenza variabile tra **0 ÷ 600 [Hz]**, con funzionamento lineare su un Range di Velocità di **0 ÷ 150 [Km/h]**
- Il pannello fotovoltaico può produrre una corrente massima di **3 [A]** e una tensione massima di **18 [V]**
Questi valori massimi si riducono notevolmente a seconda della quantità di luce solare che raggiunge gli elementi.
Per monitorare, nelle ore diurne, la potenza elettrica prodotta nelle varie condizioni climatiche, si misurano la tensione e la corrente fornite dal pannello.
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 **0 [A]**, in uscita la corrente vale **0 [mA]**
- Se la corrente misurata è **15 [A]**, in uscita la corrente vale **15 [mA]**

Le due grandezze (tensione e corrente) da misurare devono essere convertite in due tensioni comprese tra **0 e 5 [V]** per essere adattate all'ingresso del convertitore analogico-digitale impiegato, che deve garantire un **Rapporto Segnale / Rumore** di almeno **72 [dB]**
Tutti questi dati devono essere rilevati ogni **3** minuti, conservati in una memoria di tipo flash e una volta al giorno devono essere inviati ad un personal computer per produrre una statistica.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute opportune :

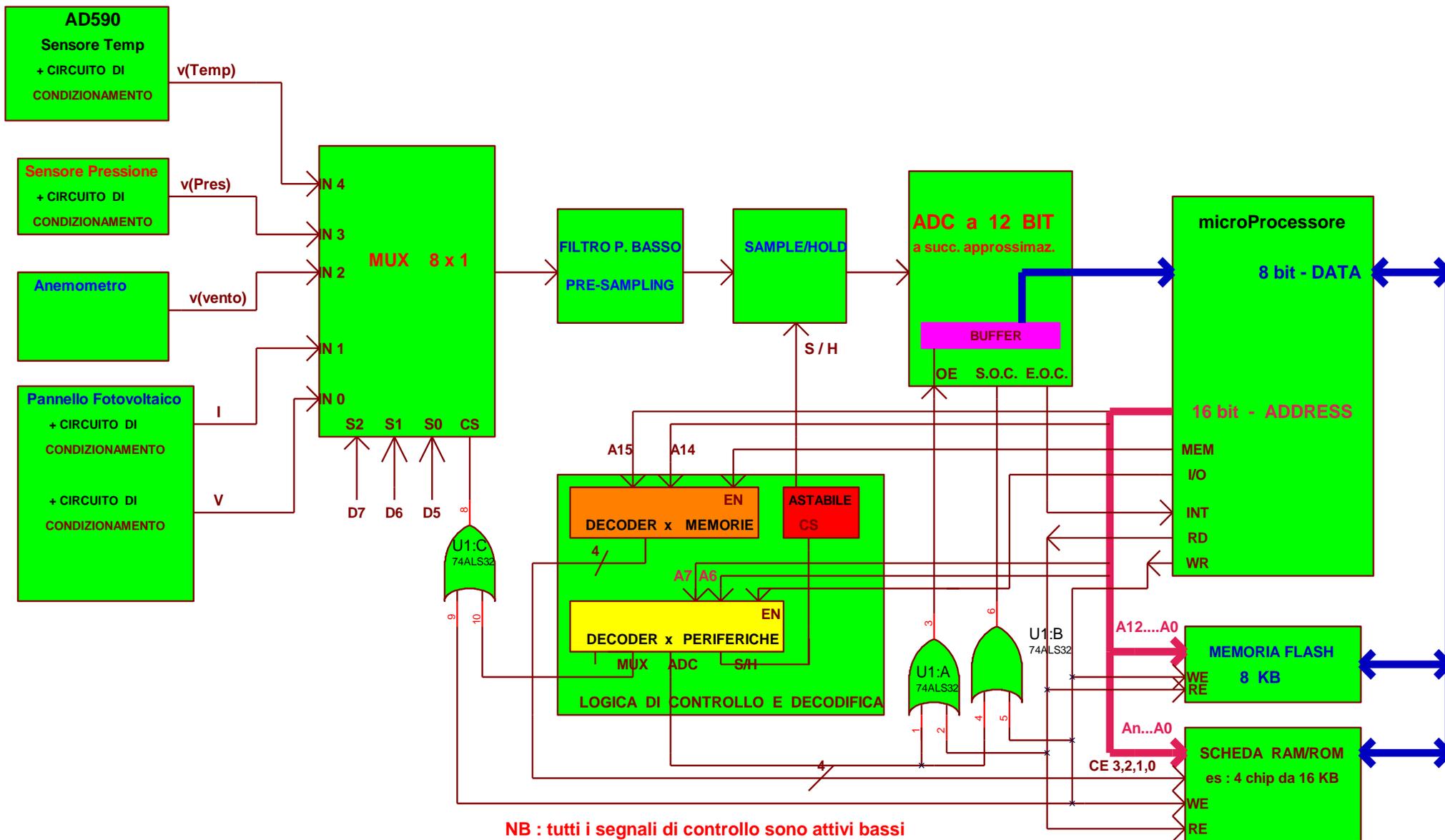
1. Determini e descriva lo schema a blocchi del sistema d'acquisizione dati per le grandezze elencate, utilizzando un microcontrollore o un microprocessore conosciuto, proponendo eventuali soluzioni alternative.
2. Progetti il condizionamento dei segnali in uscita dai vari sensori.
3. Descriva il tipo di convertitore analogico-digitale idoneo per questo impiego, determinando l' eventuale necessità di Sample/Hold e Filtri di pre-Sampling.
4. Determini la capacità minima della memoria flash (per 1 giorno di acquisizione dati).
5. Descriva l' interfacciamento tra i segnali di controllo del $\mu\text{P} / \mu\text{C}$ e i vari blocchi del sistema.
6. Individui i moduli principali del software di controllo e ne progetti uno, a scelta in pseudocodice o in un linguaggio di sua conoscenza.

(consegnare domande 1-5-6 su fogli diversi dalle 2-3-4)

PUNTO 1. *Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute opportune, determini e descriva lo schema a blocchi del sistema d'acquisizione dati per le grandezze elencate, utilizzando un microcontrollore o un microprocessore conosciuto, proponendo eventuali soluzioni alternative.*

La catena di acquisizione dei segnali dei 5 trasduttori può essere costituita da :

- 4 circuiti di condizionamento, con uscita analogica in tensione con Range $0 \div 5$ [V] :
 1. Convertitore I/V con recupero offset (a 1 solo stadio), per il sensore di Temperatura ambientale AD590
1bis. Convertitore I/V invertente + Sommatore invertente con recupero offset
 2. Convertitore I/V invertente + Sommatore invertente con recupero offset e attenuazione, per il sensore di Pressione ambientale
2bis. Convertitore I/V non invertente + Differenziale con recupero offset e attenuazione
 3. Convertitore I/V non invertente, per il sensore di corrente del Pannello Fotovoltaico
3bis. Convertitore I/V invertente + Sommatore invertente con $G = -1$
 4. Partitore resistivo bufferizzato, per il sensore di tensione del Pannello Fotovoltaico
4bis. Attenuatore invertente con A.O. + Amplificatore invertente con $G = -1$
(L'anemometro non richiede condizionamento, ma filtraggio e campionamento/mantenimento)
- Un Multiplexer analogico
- Un filtro attivo Passa-Basso del 3° ordine con $G=1$
- Un circuito Sample/Hold
- Un ADC a successive approssimazioni con numero di bit adeguato a garantire un Rapporto S/N di 72[dB] e tempo di conversione di qualche decina di [μ s]
- Una Flash Memory di sufficiente capacità per conservare i dati acquisiti in una giornata
- Una logica di controllo / decodifica per comandare il MUX, il S/H, l' ADC , la memoria flash
- Un microprocessore per gestire l'intero sistema



SCHEMA A BLOCCHI

PUNTO 2. Progetti il condizionamento dei segnali in uscita dai vari sensori.

2.1. SENSORE DI TEMPERATURA AD590 [<http://moodle.w3.calvino.ge.it/moodle/mod/resource/view.php?id=2911>]

Essendo la Temperatura ambiente compresa tra -10 e $+40$ [°C], cioè $+263$ e $+313$ [K], la corrente variabile $i(T)$ fornita dal sensore sarà compresa tra **-263 e -313 [uA]** (si ottiene il verso uscente dal nodo A ed entrante nel trasduttore alimentandolo con tensione negativa, es : -15 [V]).

Il circuito (Convertitore invertente I/V) opera un recupero offset in corrente, sommando algebricamente a $i(T)$ una corrente continua I_{off} di valore opposto al massimo relativo, cioè $I_{off} = +263$ [uA].

Otteniamo tale valore collegando a $V_{cc} = +15$ [V] un resistore $R2$ pari a $I_{off} = V_{cc} / R2$, cioè $R2 = 15 / 0,263 = 57,034$ [KΩ]

Per ottenere la migliore approssimazione useremo una $R = 56$ K della serie **E48** con in serie un **Trimmer** da 5 K.

La corrente $i_f = i(T) - I_{off}$ sarà perciò compresa tra **0 e 50 [uA]**. Come si vede in Fig1, la $v_{out} = R_f * i_f$ sarà compresa tra **0 e 5 [V]** se $R_f = 100$ K

[Per semplicità nella simulazione con **ISIS-PROTEUS** si è usato, come trasduttore, un generatore di corrente sinusoidale]

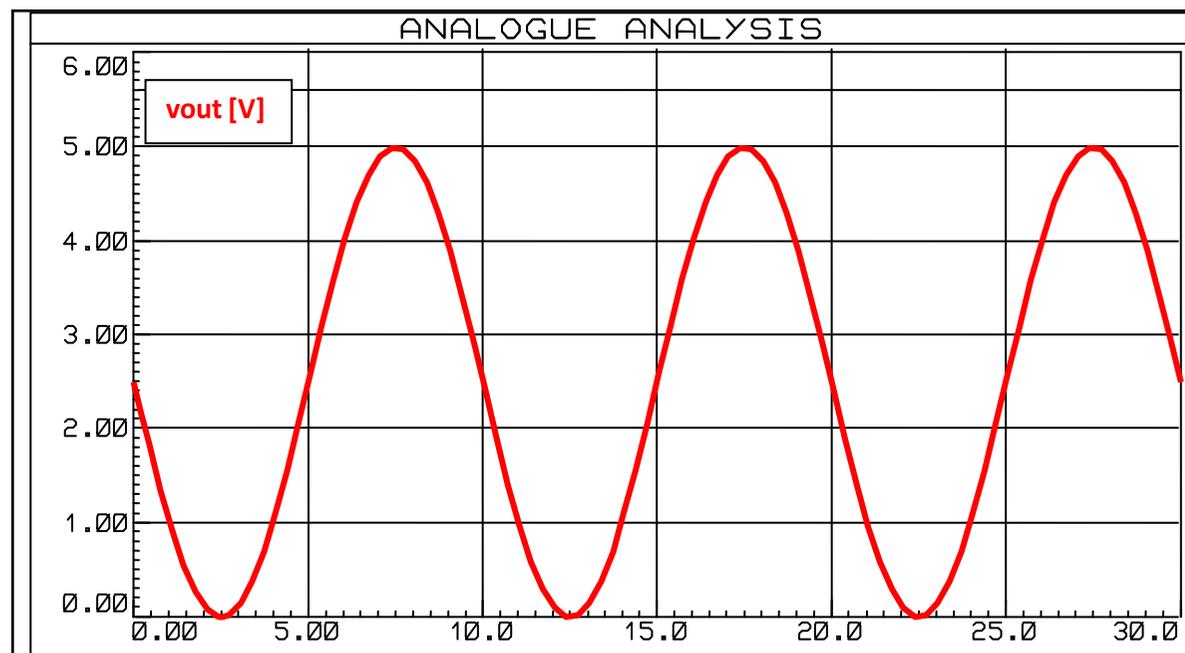
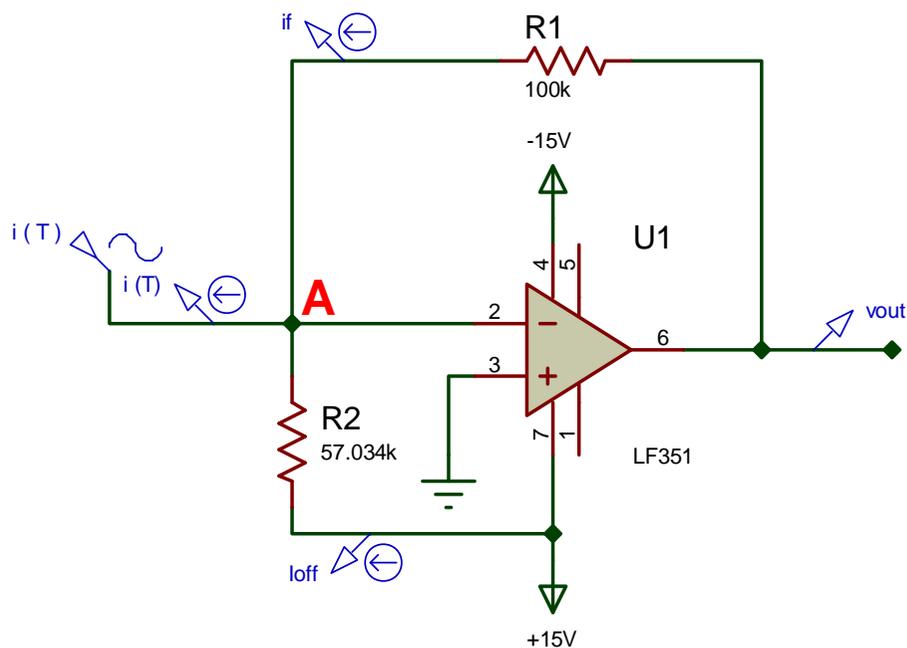
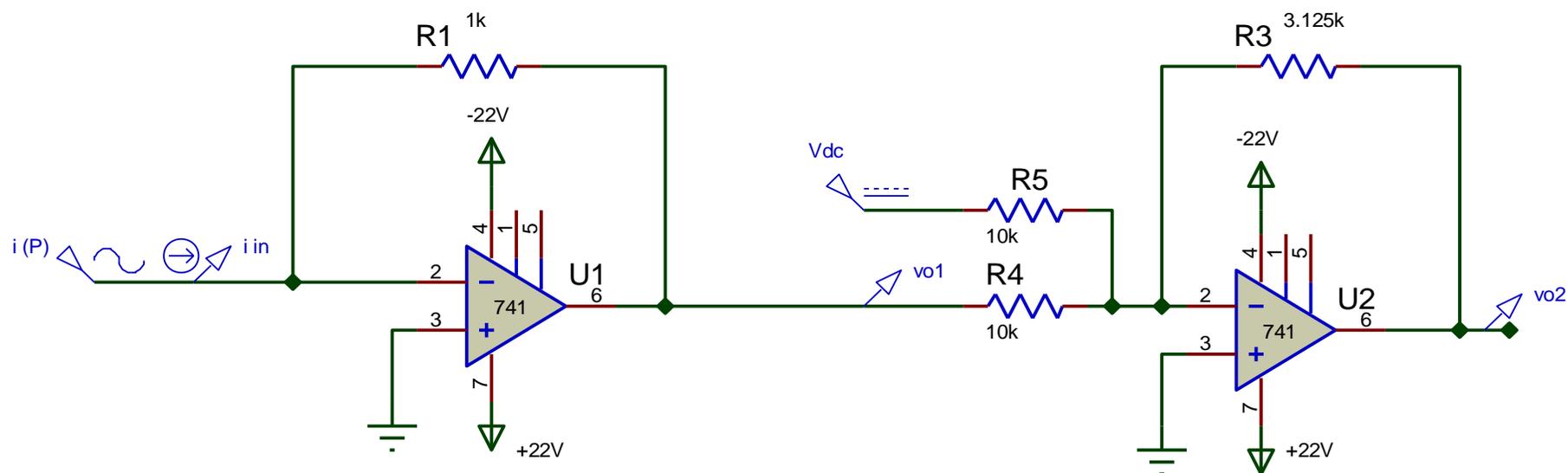


Fig 1

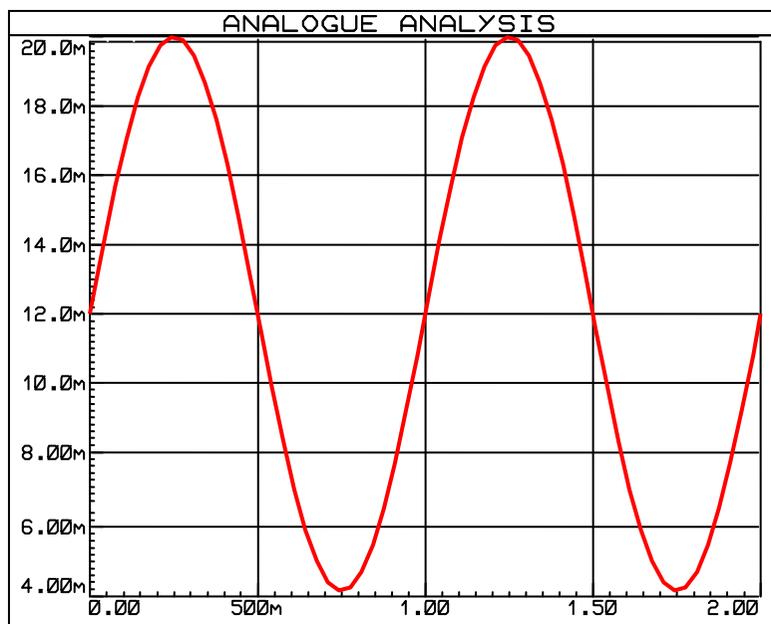
2.2. SENSORE DI PRESSIONE ATMOSFERICA

Fig 2

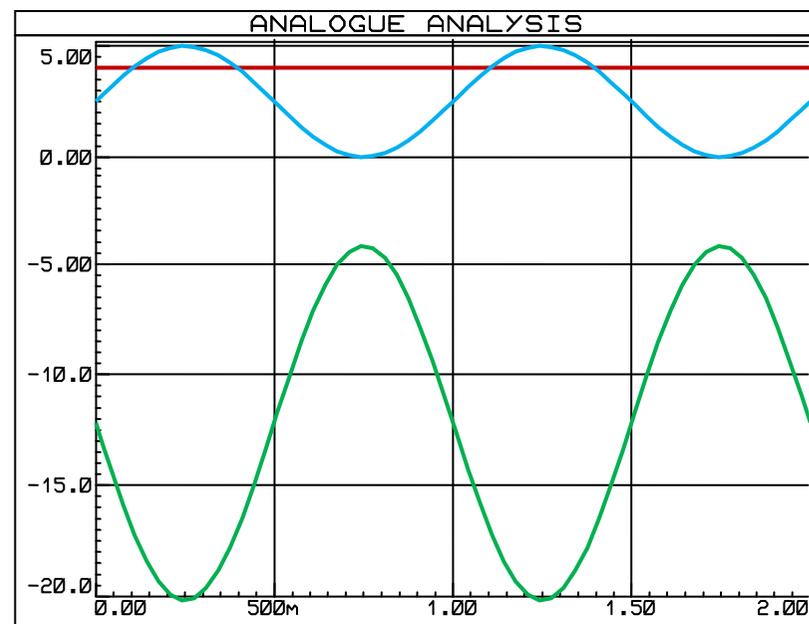


I° STADIO : CONVERT I / V INVERT

II° STADIO : SOMMATORE INVERTENTE con $G2 = 3,125/10 = 0,3125$



corrente di IN



Vout 1° stadio (v01), V di recupero offset (Vdc), Vout 2° stadio (v02)

Scelto un A.O. con dinamica di alimentazione sufficiente, es **uA741I / uA741M**, [\[http://moodle.w3.calvino.ge.it/moodle/mod/resource/view.php?id=2909\]](http://moodle.w3.calvino.ge.it/moodle/mod/resource/view.php?id=2909)

si implementa un circuito a 2 stadi invertenti, con recupero dell' offset nel 2°.

Il 1° stadio realizza un **convertitore I/V invertente** e trasforma la $i(P)$ in una tensione : $i(P) = 4 \div 20 \text{ [mA]}$ >>>> $v_{o1} = -R1 * i(p) = -4 \div -20 \text{ [V]}$

Il 2° stadio realizza un **sommatore invertente** : essendo $V_{dc} = +4 \text{ [V]}$ >>>> $(v_{o1} + V_{dc}) = 0 \div -16 \text{ [V]}$

Fissando il Guadagno $G2 = -R3 / R4 = -5 / 16 = -0,3125$ >>>> $v_{o2} = 0 \div 5 \text{ [V]}$

2.3. ANEMOMETRO

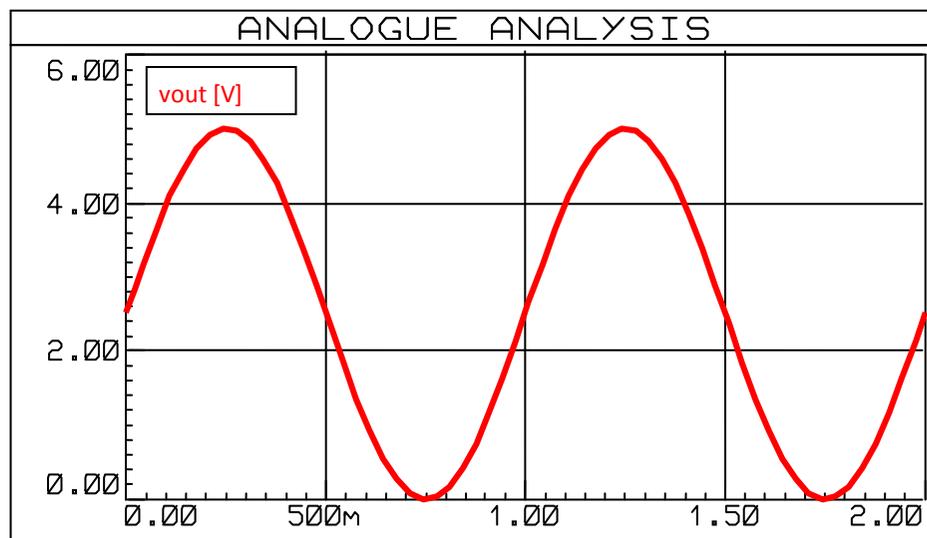
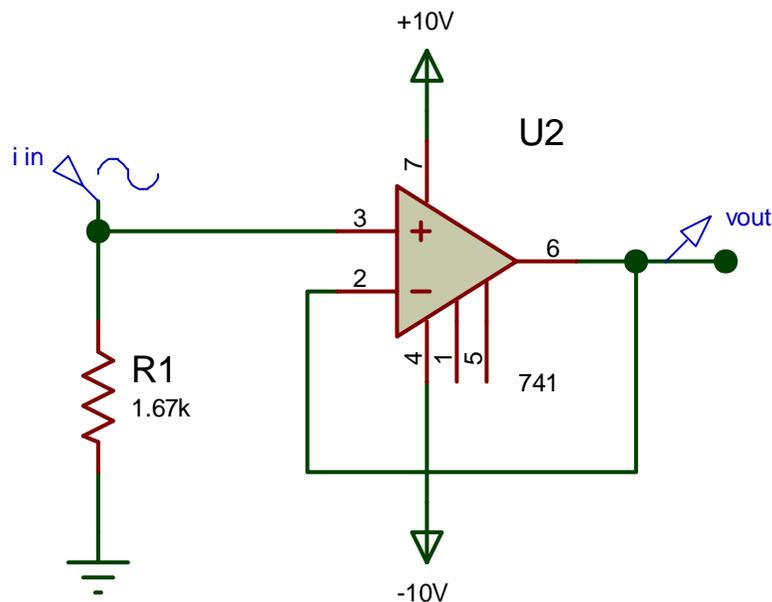
Il sensore fornisce un' uscita già condizionata e pronta per l' ADC, sarà però indispensabile usare un filtro di Pre-sampling e un Sample/Hold (**vedi pt.3**)

2.4. PANNELLO FOTOVOLTAICO – SENSORE AD EFFETTO HALL

La sensibilità del sensore è 1 [mA] / [A] , per cui la max corrente in uscita sarà di 3 [mA] e il Range di uscita sarà $0 \div 3 \text{ [mA]}$

Il pannello fornisce la Potenza max $P_{max} = 3 * 18 = 54 \text{ [W]}$ su un carico pari a $R_L = 18/3 = 6 \text{ [\Omega]}$

Nell' ipotesi che la resistenza equivalente interna del sensore (circuito equivalente di Norton) sia abbastanza elevata, possiamo utilizzare un convertitore I/V non invertente, con resistenza di ingresso $R1$ pari a $5/3 = 1,67 \text{ [K}\Omega]$, in modo che $v_{out} = 0 \div 5 \text{ [V]}$



2.5. PANNELLO FOTOVOLTAICO – condizionamento segnale di tensione, dal Range 0 ÷ 18 a 0 ÷ 5 [V]

Il pannello fornisce una tensione continua compresa tra **0 e 18[V]**, che dev'essere ridotta al Range **0 ÷ 5 [V]**.

A tale scopo si usa un partitore resistivo bufferizzato, per poterlo disaccoppiare elettricamente dal resto del circuito a valle.

Potrebbe essere opportuno disaccoppiare il partitore, con un altro buffer analogico, anche verso monte, per non caricare il Pannello Fotovoltaico, ma un semplice calcolo dimostra come ciò non sia necessario : infatti la max corrente assorbita dal partitore è

$I_{partmax} = V_{max} / (R1+R2) = 18 / 138,5 = 0,13 \text{ [mA]}$, pari a $0,13/3000*100 = \mathbf{0,0043 \%}$ * $I_{max}(\text{pannello})$, evidentemente trascurabile.

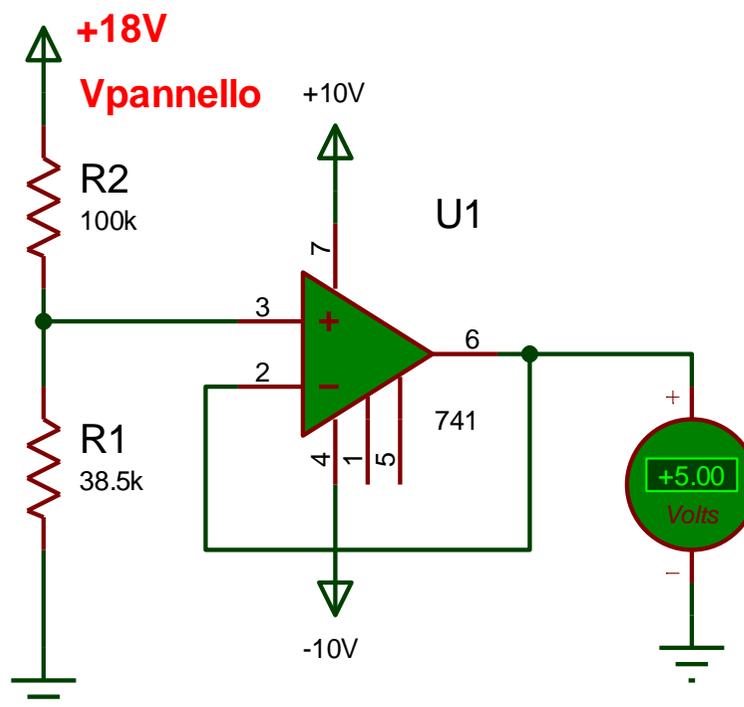
Fissato il valore di **R2 = 100 [KΩ]**, si determina il valore di **R1** :

$$5 = 18 * R1 / (R1 + R2)$$

$$5R1 + 500 = 18 R1$$

$$13R1 = 500$$

$$\mathbf{R1 = 500/13 \approx 38,5 \text{ [K}\Omega\text{]}}$$



PUNTO 3. Descriva il tipo di convertitore analogico-digitale idoneo per questo impiego, determinando l'eventuale necessità di Sample/Hold e Filtri di pre-Sampling

Determino il numero di bit dell' ADC dal Rapporto S/N = 72 [dB] >>>> $S/N = 10^{72/20} = 3981$ >>>> $N \equiv q/2 = \text{errore di quantizzazione} = 5 / 3981 = 1,26$ [mV]
 $2^{n+1} > 3981$ >>>> $n+1 = 12$ >>>> $n = 11$ Scelgo **n=12**, non essendoci ADC in commercio a 11 bit

Con 12 bit, l' errore di quantizzazione è pari a $5/2^{13} = 0,61$ [mV]

Il testo non fornisce specifiche circa la velocità di conversione, date le caratteristiche dei segnali e la precisione richiesta si sceglie un ADC a successive approssimazioni, con Tempo di conversione di qualche decina di microsecondi.

L' unico segnale che varia velocemente è quello dell' anemometro, che può raggiungere un'ampiezza di **5 [V]** e una frequenza di **600 [Hz]**

Calcoliamo in quanto tempo un segnale sinusoidale con tali valori di ampiezza e frequenza varia di 0,61 [mV] :

$$v(t) = 5 \sin(2\pi 600t) \gggg \frac{dv(t)}{dt} = 5 \cos(2\pi 600t) * 2\pi 600$$

nel punto di max pendenza (origine) la derivata (coeff. Angolare **m** della retta tangente alla curva) vale $5 * 2\pi 600 = 18850$ [V/s]

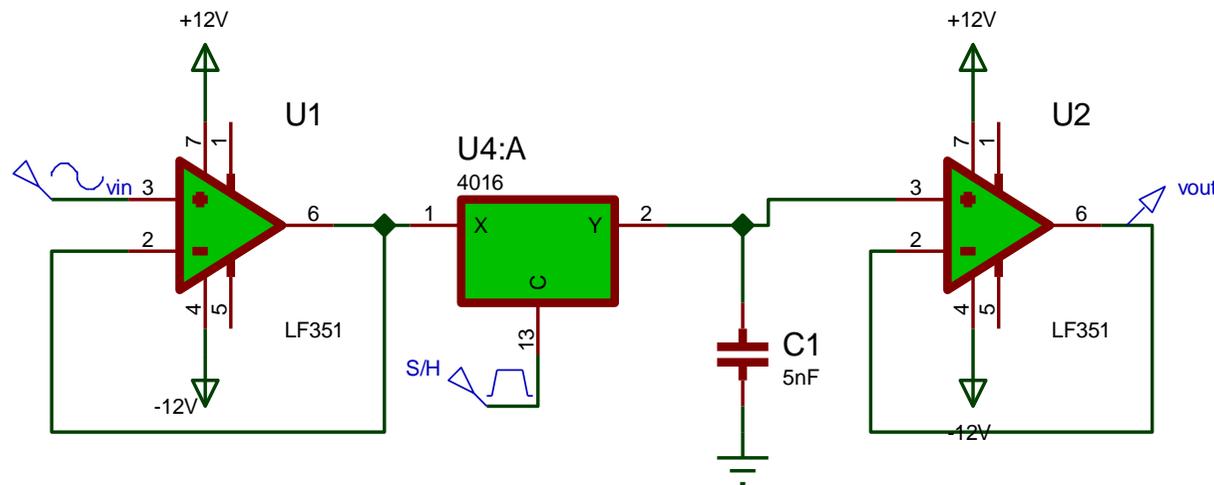
la retta tangente nell' origine ha equazione $y = mt$ >>>> uso questa equazione per calcolare in quanto tempo la variazione y è pari a $q/2$:

$$0,00061 = 18850 * t \gggg t = 0,00061 / 18850 = 0,000000325 \text{ [s]} = 325 \text{ [ns]}$$

Dato che in soli 325 [ns] il segnale subisce una variazione pari a $q/2$, ed essendo T_{conv} molto superiore, è **necessario** usare un Sample / Hold e un filtro di pre-sampling .

Essendo la f_{max} del segnale **600 [Hz]**, si sceglie come freq di campionamento del S/H un valore superiore al doppio, **$f_c=1500$ [Hz]** e una freq di taglio del filtro $f_t = 700$ [Hz], per salvaguardare il più possibile la parte alta della banda del segnale.

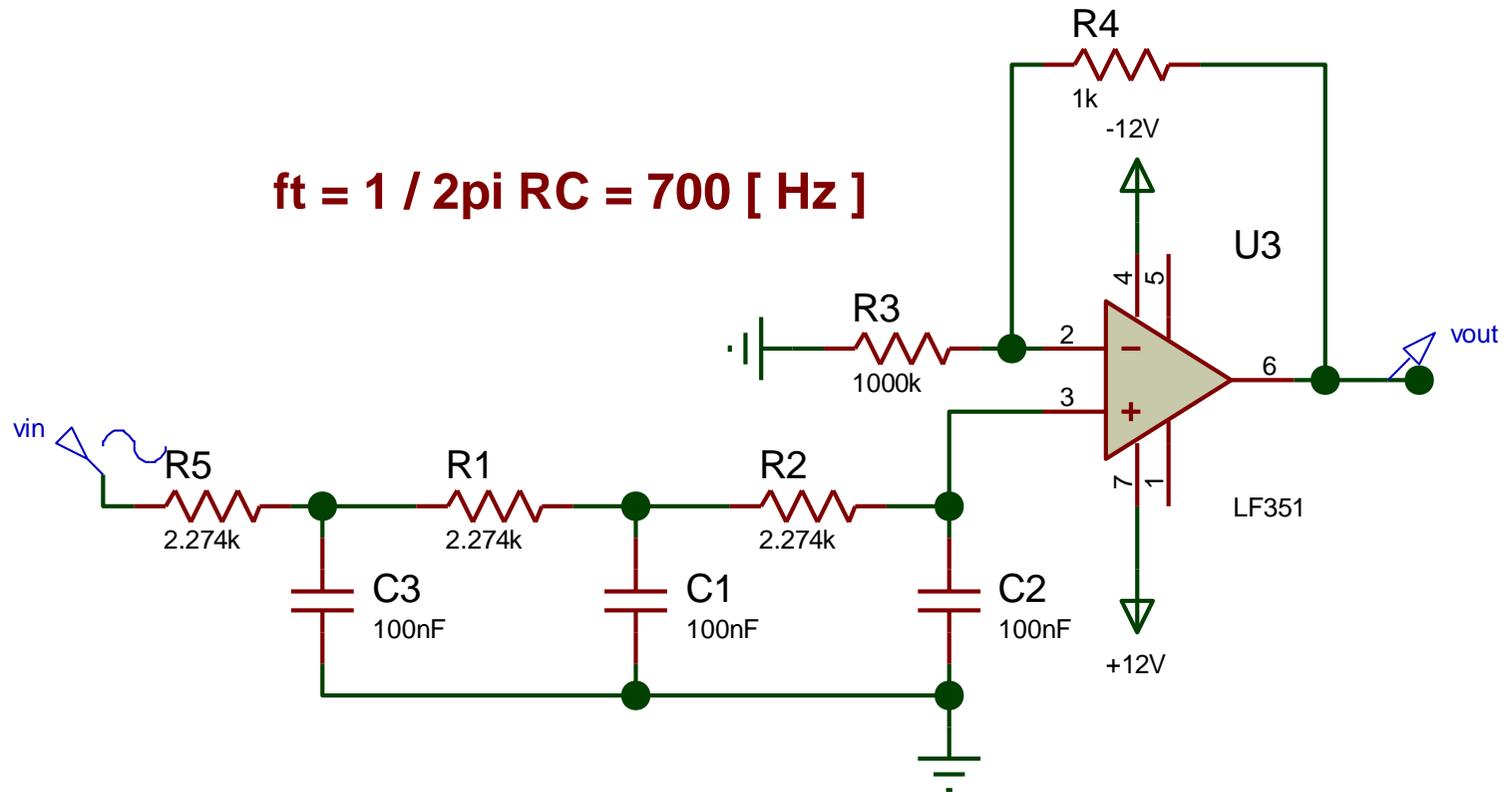
SAMPLE / HOLD :



FILTRO DI PRE-SAMPLING : filtro attivo Passa – Basso del 3° ordine, non invertente, con $G \approx 1$

$f_t = 1 / 2\pi * RC = 700$ [Hz]

pongo $C = 100$ [nF] >>>> $R = 2,274$ [K Ω] (TRIMMER da 5K)



PUNTO 4. Determini la capacità minima della memoria flash (per 1 giorno di acquisizione dati).

I segnali dei **3** sensori dei parametri ambientali vanno acquisiti ogni 3 minuti, per 24 h, per cui il numero totale di rilevazioni è : $3*24*60/3 = 1440$

I **2** segnali del pannello fotovoltaico, invece, vanno acquisiti ogni 3 min ma solo nelle **ore diurne**.

Essendo ovviamente la durata del giorno variabile a seconda della stagione e della Latitudine, considerando una posizione geografica a 45° di Latitudine Nord e mettendosi nel caso “peggiore”, cioè al Solstizio di giugno, si ipotizza una durata del giorno di circa 16 ore, da cui : $2*16*60/3 = 640$ rilevazioni.

Perciò il numero totale di rilevazioni sarà, al max, **2080**, per un N° totale di bit pari a $2080*12 = 24960$ bit

Dato che ogni stringa da 12 bit richiede comunque 2 locazioni di Memoria da 1 Byte, la capacità minima della Memoria flash dev'essere di $2080*2 = 4160$ Byte

In pratica , almeno di **8 KB**.