

CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO PER TRASDUTTORE DI UMIDITÀ 2322 Philips

Gruppo n°5

**Urbini Andrea
Marconi Simone**

Classe 5C

2001/2002

SPECIFICHE DEL PROGETTO: realizzare un circuito in grado di misurare una variazione di umidità fornendo una tensione di uscita variabile da 0V a 5V.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Descrizione componenti caratteristici

Il circuito è formato dai seguenti componenti:

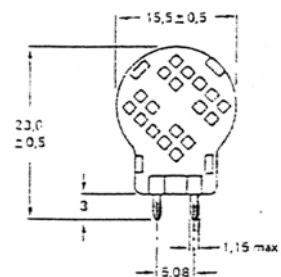
- 1 trasduttore capacitivo di umidità Philips 2322;
- 1 stabilizzatore di tensione a 5V LM336;
- 3 amplificatori operazionali OP07;
- 1 timer NE555;
- 1 convertitore frequenza/tensione LM331;
- 4 resistenze da 10k Ω ;
- 1 resistenza da 470k Ω ;
- 1 resistenza da 6.8k Ω ;
- 1 resistenza da 68k Ω ;
- 1 resistenza da 47k Ω ;
- 1 resistenza da 5.6k Ω ;
- 3 trimmer lineari da 10k Ω ;
- 1 trimmer lineare da 500k Ω ;
- 1 pacco resistivo da otto resistori da 10k Ω ;
- 2 condensatori da 10nF;
- 1 condensatore da 470pF;
- 1 condensatore elettrolitico da 3.3 μ F;
- 2 condensatori da 100nF;
- 2 condensatori elettrolitici da 10 μ F;
- 3 morsettiere;
- 2 zoccoli da 8 pin;
- 1 zoccolo da 14 pin;
- 1 zoccolo da 3 pin per LM336.

TRASDUTTORE CAPACITIVO DI UMIDITA'

Questo trasduttore sfrutta la dipendenza della costante dielettrica dei materiali plastici o ceramici all'umidità. Variando la costante dielettrica varia anche la capacità del condensatore che dunque è legata all'umidità.

La dipendenza della capacità dall'umidità relativa è la seguente:

$$\frac{C_s}{C_{S(12\%)}} = 0.985 + 0.34 \times \left(\frac{H_{REL}}{100} \right)^{1.4}$$

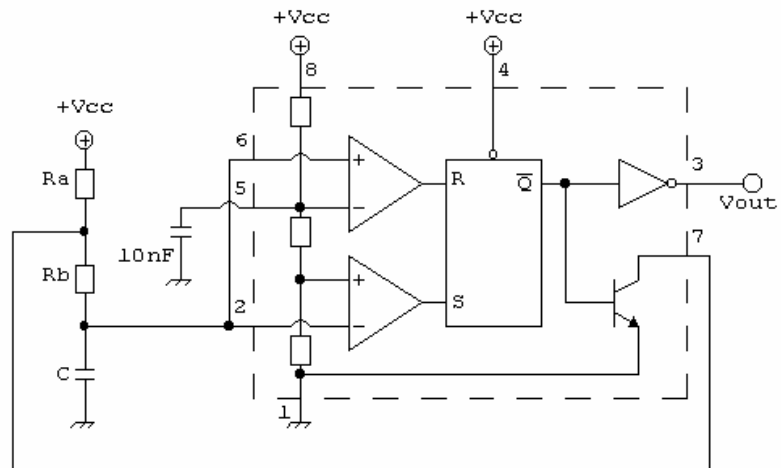


La capacità del condensatore varia anche a variare della frequenza di utilizzo. Ulteriori dati relativi a questo trasduttore sono nella parte dedicata ai data sheets.

ASTABILE CON TIMER NE555

Il TIMER 555 al suo interno è composto di:

- tre resistenze da $5k\Omega$ (dalle quali deriva il nome dell'integrato) collegate in serie in modo da realizzare un triplice partitore utilizzato per generare due tensioni di riferimento pari a $\frac{1}{3}V_{cc}$ e $\frac{2}{3}V_{cc}$;
- due comparatori semplici che comparano le tensioni di riferimento ($\frac{1}{3}V_{cc}$ e $\frac{2}{3}V_{cc}$) rispettivamente con le tensioni di ingresso nel trigger (2) e nel threshold (6);
- Un latch SR che genera l'onda rettangolare di uscita e pilota il BJT che scarica il condensatore. Il segnale di uscita si ottiene dopo che l'uscita negata del latch è stata invertita da una NOT.



La tabella della verità di un latch SR è la seguente:

S	R	Q(uscita)	Q(negata)
0	0	Memorizza	Memorizza
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	Non valida	Non valida

- Un BJT utilizzato per scaricare il condensatore: ha il collettore collegato al piedino Discharge, la base collegata all'uscita negata del latch SR e l'emettitore a massa.

La configurazione astabile del Timer 555 prevede una rete RC formata da due resistenze R_A e R_B e da un condensatore C. Inoltre il piedino 5 (control voltage) va collegato ad un condensatore da 10nF collegato, a sua volta, a massa.

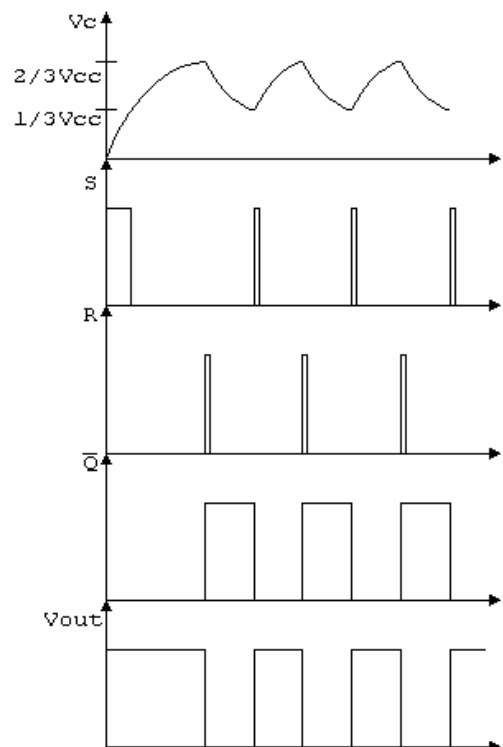
Le formule caratteristiche di questo circuito sono le seguenti:

$$t_{ON} = 0.693 \times (R_A + R_B) \times C$$

$$t_{OFF} = 0,693 \times R_B \times C$$

$$T = t_{ON} + t_{OFF} = 0.693 \times (R_A + 2 \times R_B) \times C$$

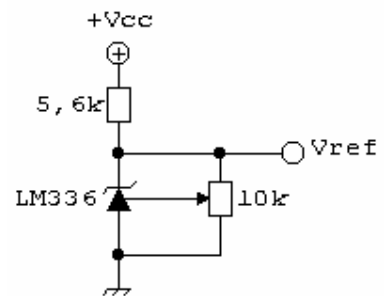
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.41}{(R_A + 2 \times R_B) \times C}$$



Il grafico a fianco indica il funzionamento del circuito.

STABILIZZATORE DI TENSIONE A 5V LM336

Questo circuito è uno stabilizzatore di precisione di tensione. Viene utilizzato per generare delle V_{REF} . A monte di esso deve essere inserita una resistenza di $5.6k\Omega$ per evitare che l'integrato si bruci. Esso ha tre piedini: il primo, indicato con +, è il punto posto a 5V della tensione di riferimento; il secondo, indicato con -, deve essere collegato a massa; il terzo, chiamato ADJ serve per aggiustare la tensione di riferimento e va collegato ad un trimmer da $10k\Omega$ con cui si effettua la regolazione della tensione di 5V ai capi del LM336.



CONVERTITORE f/V CON LM331

Il partitore R_1 - R_2 stabilisce il valore di soglia del segnale di ingresso: se V_i è minore della soglia ($V_{cc} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$) allora il

monostabile viene attivato e rimane eccitato per un tempo pari a: $t_c = 1.1 \times R_t \times C_t$

Durante questo tempo l'interruttore rimane chiuso lasciando che la corrente I ($I = \frac{1.9}{R_s}$) circoli su R_L e

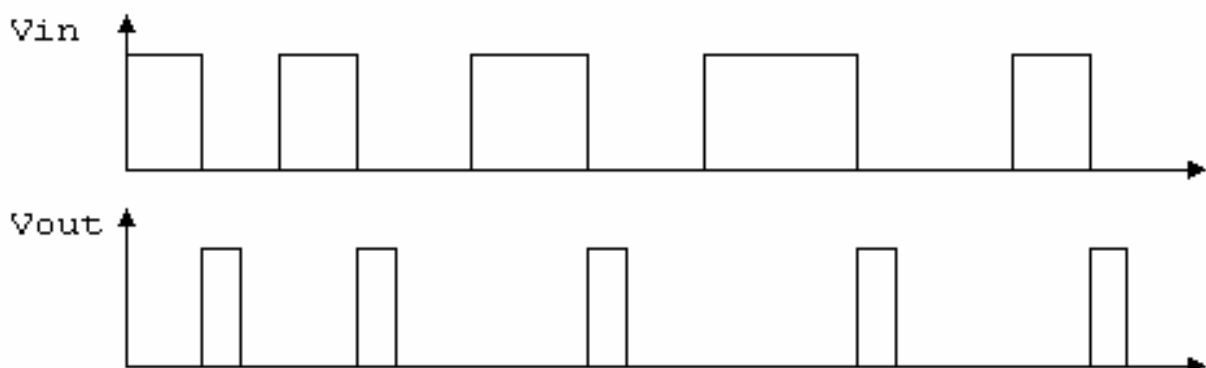
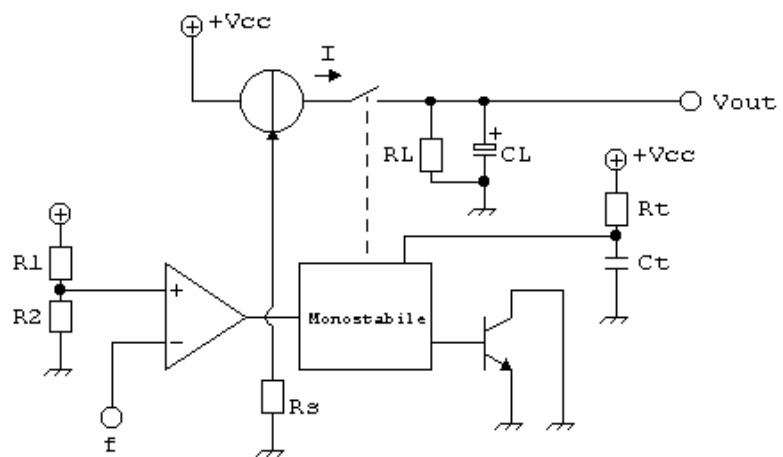
carichi il condensatore C_L . La

tensione sulla R_L corrisponde a quella di uscita ed è pari a: $V_{out} = R_L \times I$. Tale segnale è quindi un treno di impulsi di durata costante ($1.1 \times R_t \times C_t$) ma con duty cycle e valor medio variabili.

Il valor medio (quello che interessa alla misura) sarà quindi pari a:

$$\langle V_{out} \rangle = V_{out} \times \delta = I \times R_L \times \delta = \frac{1.9}{R_s} \times R_L \times t_c \times f = 2.09 \times \frac{R_L}{R_s} \times R_T \times C_T \times f$$

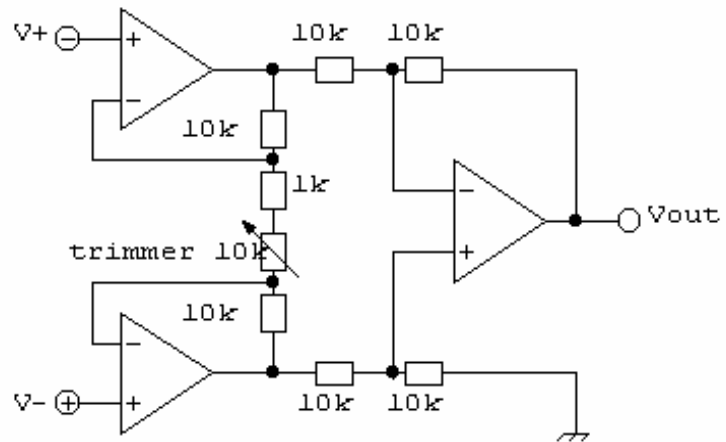
Dalla formula si può notare che il valor medio di uscita è direttamente proporzionale alla frequenza. Naturalmente gli impulsi in ingresso devono avere durata inferiore di t_c .



AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE DI PRECISIONE CON AMPLIFICATORI OPERAZIONALI OP07

Gli OP-07 sono utilizzati nell'amplificatore differenziale di precisione. Vanno collegati a sei resistenze da 10kΩ; per ottenere una maggiore precisione (le resistenze devono essere esattamente uguali) è stato utilizzato un pacco resistivo di otto resistori da 10kΩ.

La resistenza variabile che regola il guadagno dell'amplificatore è un trimmer da 10kΩ con in serie una resistenza da 1kΩ.

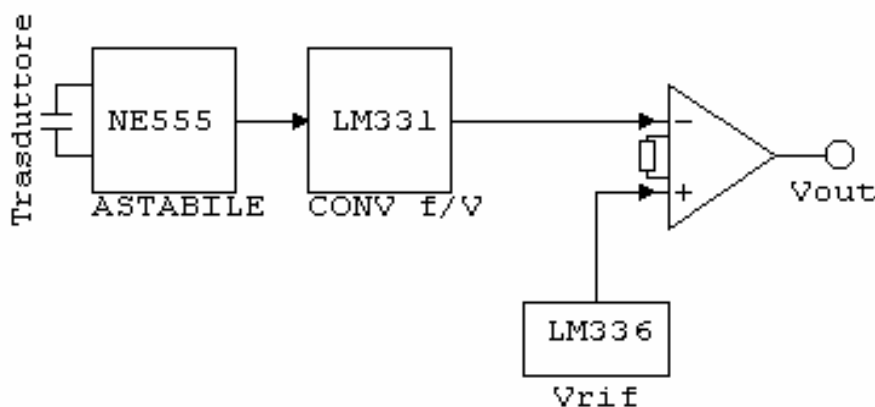


Il guadagno di tensione A_v risulta essere:

$$A_v = 1 + \frac{2R}{R_g}$$

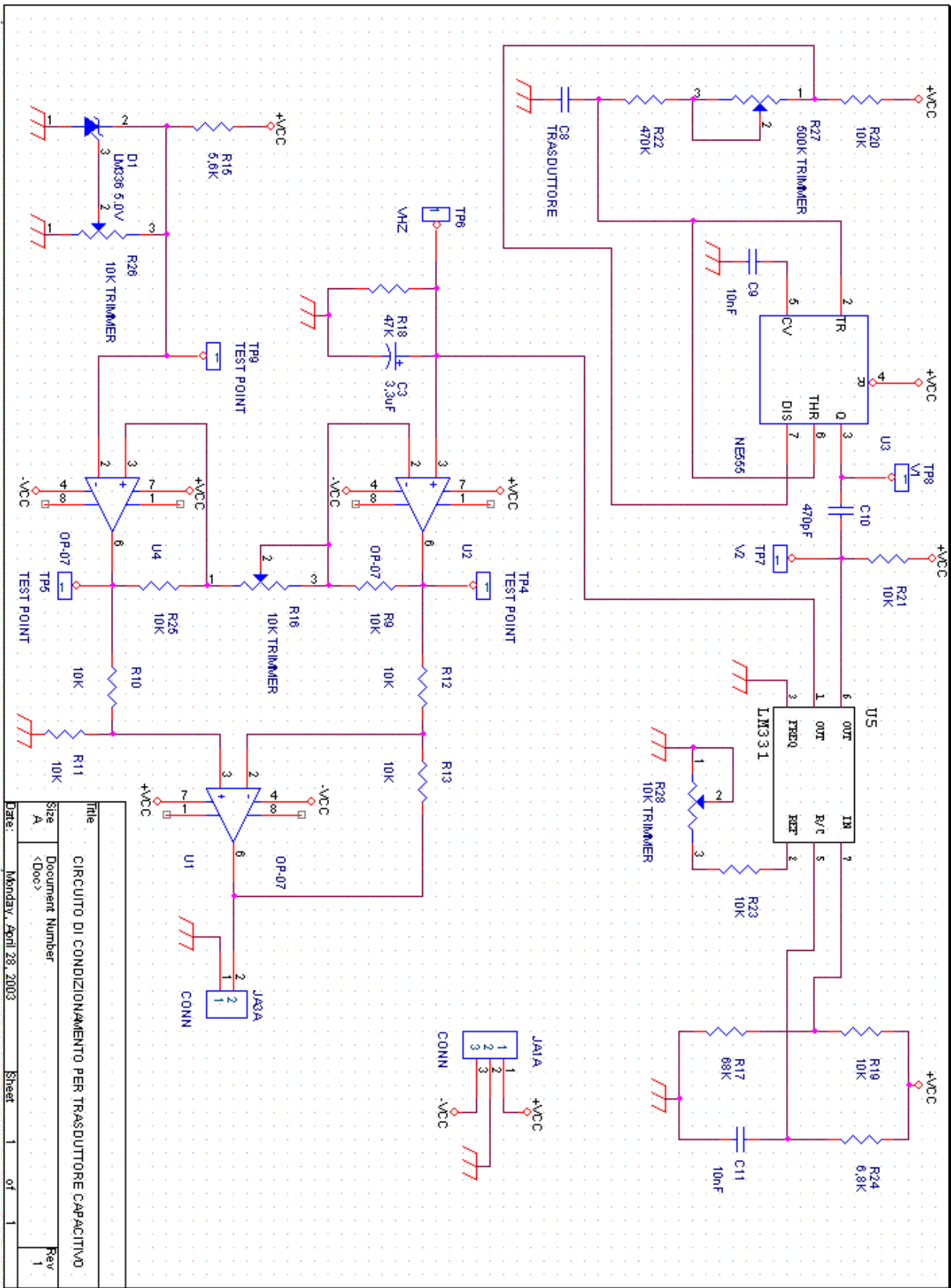
E' stato usato l'amplificatore differenziale di precisione perché è molto più affidabile di un normale differenziale, in quanto qui per variare il guadagno occorre agire su una sola resistenza (R_g), mentre nel differenziale semplice bisogna agire su due resistenze in maniera identica, quindi tutto ciò rende le cose più complicate. Inoltre la resistenza di ingresso qui è infinita, mentre nel differenziale semplice si hanno due diverse resistenze di ingresso in base al guadagno di ogni ingresso. Le correnti di ingresso sono molto ridotte, circa $10^{-9}A$, quindi sono trascurabili.

Schema a blocchi



Il trasduttore è un condensatore che varia la sua capacità in funzione dell'umidità, esso viene collegato ad un NE555 in configurazione astabile che produce un'onda quadra con frequenza inversamente proporzionale al valore della capacità e quindi dell'umidità. Tale frequenza viene convertita in un valore di tensione ad essa proporzionale da un convertitore f/V LM331. Per adattare questa tensione al range di uscita (0 – 5V) il differenziale di precisione elimina l'offset e amplifica il segnale.

Schema elettrico



File	CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO PER TRASDUTTORE CAPACITIVO
Size	Document Number
A	<Doc>
Date:	Monday, April 28, 2003
Sheet	1 of 1
Rev	1

Descrizione funzionamento

Il trasduttore presenta i seguenti valori di capacità:

$$H_{REL}=0\% \rightarrow C_{min}=113\text{pF}$$

$$H_{REL}=100\% \rightarrow C_{MAX}=157\text{pF}$$

Il periodo dell'onda generata dal NE555 segue la seguente equazione:

$$T = 0.693 \times (R_A + 2 \times R_B) \times C$$

se la frequenza di oscillazione massima è di 10kHz il periodo T è pari a 100μs per cui gli unici parametri da dimensionare sono le due resistenze:

$$R_A + 2R_B = \frac{T_{min}}{0.693 \times C_{min}} = \frac{100\mu\text{s}}{0.693 \times 113\text{pF}} = 1,28\text{M}\Omega$$

Per avere un duty cycle del 50% occorre che $R_A \ll R_B$ per cui si sono scelti i seguenti valori:

$$R_A=10\text{k}\Omega$$

$$R_B=620\text{k}\Omega \rightarrow 470\text{k}\Omega \text{ fissi} + 500\text{k}\Omega \text{ variabili}$$

In base a questi dati si ottengono le seguenti frequenze:

$$H_{REL}=0\% \rightarrow C_{min}=113\text{pF} \rightarrow f_{MAX}=10\text{kHz}$$

$$H_{REL}=100\% \rightarrow C_{MAX}=157\text{pF} \rightarrow f_{min}=7,2\text{kHz}$$

Ponendo la V_{HZ-MAX} pari a 5V il coefficiente di conversione vale:

$$\frac{V_{HZ-MAX}}{f_{MAX}} = \frac{5\text{V}}{10\text{kHz}} = 0,5 \times 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{Hz}}$$

Di conseguenza la V_{HZ-min} è pari a:

$$V_{HZ-min} = f_{min} \times 0,5 \times 10^{-3} = 7,2\text{kHz} \times 0,5 \times 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{Hz}} = 3,6\text{V}$$

Il manuale indica che R_S deve avere valori nell'intorno dei 14kΩ per cui si utilizza un resistore fisso da 10kΩ ed uno variabile da 10kΩ.

Per il corretto funzionamento del convertitore è necessario che:

$$1,1 \times R_T \times C_T < T_{min} = 100\mu\text{s} \rightarrow R_T \times C_T < 91\mu\text{s}$$

Prendendo $C_T=10\text{nF}$, R_T deve essere minore di 9,1kΩ perciò è stato adottato il valore commerciale di 6,8kΩ. Rimangono da determinare i valori di R_L e C_L .

$$R_L = \frac{V_{HZ-MAX} \times R_S}{2,09 \times R_T \times C_T \times f_{MAX}} = 49\text{k}\Omega$$

viene utilizzato il valore commerciale di 47kΩ. Per filtrare correttamente gli impulsi del segnale di uscita del convertitore f/V si deve verificare la seguente condizione:

$$R_L \times C_L \gg T_{MAX} \rightarrow C_L \gg \frac{139\mu\text{s}}{47\text{k}\Omega} \gg 3\text{nF} \rightarrow C_L = 3\mu\text{F}$$

In corrispondenza di $H_{REL} = 0\%$ e quindi di $V_{HZ-MAX} = 5\text{V}$ dobbiamo avere $V_{OUT}=0\text{V}$ occorre eliminare un offset di 5V realizzato con un LM336.

Nel caso di $H_{REL} = 100\%$ e quindi di $V_{HZ-MIN} = 3,6\text{V}$ abbiamo che la differenza fra V_{REF} e V_{HZ-MIN} è pari a 1,4V, per ottenere una $V_{OUT}=5\text{V}$ occorre amplificare di:

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{REF} - V_{HZ-MIN}} = \frac{5\text{V}}{3,6\text{V}} = 3,57$$

per ottenere questo guadagno si pone la rete resistiva pari a 10kΩ e R_G pari a:

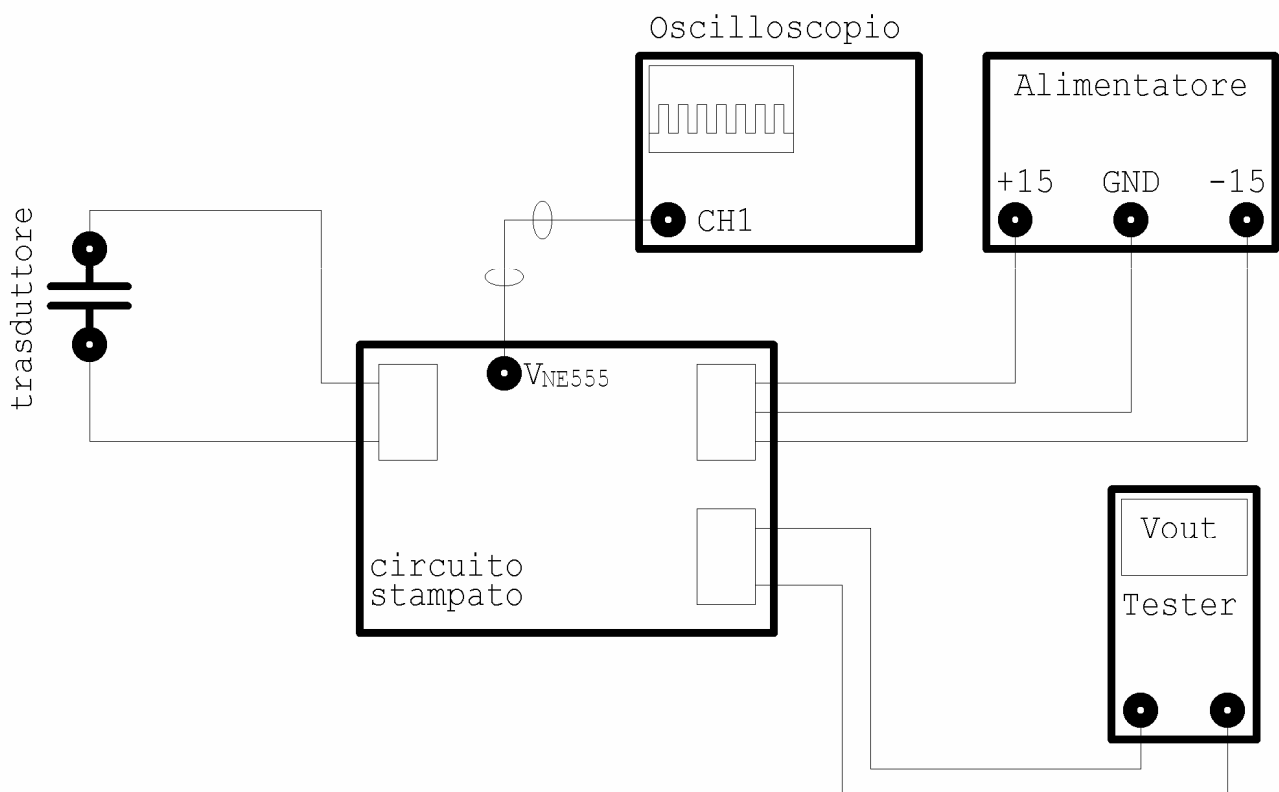
$$R_G = \frac{2R_A}{A_V - 1} = \frac{20\text{k}\Omega}{2,57} = 7,782\text{k}\Omega$$

nella pratica R_G è formata da una resistenza fissa da 1kΩ e da un trimmer da 10kΩ.

PROCEDURA DI COLLAUDO

- **ALIMENTARE IL CIRCUITO CON UNA TENSIONE DUALE DI 15V.**
- **REGOLARE LA V_{rif} :** Agire sul trimmer da 10k Ω e controllare che la tensione sul test point V_{rif} la tensione sia di 5V.
- **MONTARE IL CONDENSATORE CON CAPACITA' MINIMA: $C=113pF$.**
 - Regolare il trimmer inserito nella rete RC del NE555 per ottenere nel test point V1 una frequenza di 10kHz (da misurare con l'oscilloscopio).
 - Regolare il trimmer R_s , relativo all'integrato LM331, in modo da ottenere $V_{Hz} = 5V$ misurabile sul test point omonimo.
 - Verificare che la V_{out} sia nulla.
- **MONTARE IL CONDENSATORE CON CAPACITA' MASSIMA: $C=157pF$.**
 - Verificare che la tensione V_{Hz} sia pari a 3.6V.
 - Regolare il trimmer (R_g) relativo al guadagno del differenziale di precisione in modo da ottenere una V_{out} di 5V.
- **EFFETTUARE ALTRE MISURE DI UMIDITA' CON IL TRASDUTTORE.**

COLLEGAMENTI



CONCLUSIONI

Il circuito ha funzionato correttamente anche se si sono presentati due inconvenienti:

1. durante la progettazione è stata invertita la pedinatura del LM336;
2. il circuito stampato è pieno di sbavature, dovute ad un malfunzionamento della macchina, che creavano cortocircuiti difficili da individuare.

Le misure con i condensatori di capacità massima e minima non hanno dato problemi. Un'ulteriore misura effettuata, con il vero trasduttore d'umidità, è stata inaffidabile perché ha fornito i seguenti risultati:

$$V_{OUT} = 0.95V$$
$$H_{REL} \% = \frac{H_{REL} \%_{MAX} \times V_{OUT}}{V_{OUT-MAX}} = \frac{100\% \times 0.95V}{5} = 19\%$$

questa misura è risultata errata perché l'igrometro indicava un'umidità relativa del 40%.