

*Istituto Tecnico Industriale Statale*

*“A. Einstein”*

*Vimercate(MI)*

***HTTV***

***PROGETTO DI UN DISPOSITIVO PER RILEVAZIONI  
SENSORIALI (Hearing, Touch, Taste, View).***

di

***Matteo Ronchi***

***5<sup>a</sup>C***

a.s. 2007-2008

*A Sara.*

*I worked over one year, twenty hours a day, Sunday and all,  
to get the word “specie” perfectly recorded and reproduced  
on the phonograph. When this was done I knew that everything  
else could be done which was a fact.*

(“Lavorai oltre un anno, venti ore al giorno, domenica e tutti gli altri,  
per rendere la parola “specie” perfettamente registrata e riprodotta  
al fonografo. Quando ciò fu realizzato sapevo che tutto il resto  
avrebbe potuto essere fatto in modo che fosse realtà.”)

Thomas A. Edison (1847-1931)

# Ringraziamenti

---

Un ringraziamento sommario a tutti i docenti che, in modalità naturalmente diverse, hanno contribuito all'accrescimento culturale e umano della mia persona e mi hanno permesso di arrivare fino a questo punto.

Un grazie dovuto alla mia famiglia che sin dalle scuole elementari mi è sempre stata vicina con molte aspettative, spronandomi così a fare del mio meglio per riuscire bene nelle cose.

Un grazie anche ai miei amici che, con mezzi diversi, hanno sempre fatto intravedere un sostegno morale nei miei confronti.

Un ultimo ringraziamento va meritatamente alla mia fidanzata, Sara, che non mi ha mai privato del suo prezioso sostegno nemmeno nei momenti più difficili ed è stata capace di aiutarmi anche in silenzio.

# Sommario

---

Ringraziamenti .....	3
Sommario .....	4
Indice delle tabelle.....	6
Indice delle figure.....	7
Introduzione.....	8
Criterio di progetto .....	9
Hearing .....	10
Scopo del circuito .....	10
Schema elettrico .....	11
Funzionamento del circuito .....	12
Microphone.....	13
Layout.....	14
Notes.....	14
Elenco componenti .....	15
Touch.....	16
Scopo del circuito .....	16
Schema elettrico .....	17
Funzionamento del circuito .....	17
Touch plate .....	18
Layout.....	19
Notes.....	19
Elenco componenti .....	20
Taste .....	21
Scopo del circuito .....	21
Schema elettrico .....	22
Funzionamento del circuito .....	23
Probe.....	25
Layout.....	26
Notes.....	26

Elenco componenti .....	27
View .....	28
Scopo del circuito .....	28
Schema elettrico .....	29
Funzionamento del circuito .....	29
Photoresistor .....	31
Layout .....	32
Notes .....	32
Elenco componenti .....	33
Conclusioni .....	34
Bibliografia .....	35

## **Indice delle tabelle**

Tabella 1. Elenco componenti del circuito Hearing	15
Tabella 2. Elenco componenti del circuito Touch	20
Tabella 3. Elenco componenti del circuito Taste	27
Tabella 4. Elenco componenti del circuito View	33

## Indice delle figure

Figura 1. Schema di massima del criterio di progetto utilizzato	9
Figura 2. Profilo sinistro del dispositivo concluso	10
Figura 3. Schema di massima del funzionamento del circuito Hearing	10
Figura 4. Schema elettrico del circuito Hearing	11
Figura 5. Microphone CZ034P	13
Figura 6. Microfono a condensatore	13
Figura 7. Layout del circuito Hearing	14
Figura 8. Vista dall'alto del dispositivo concluso	16
Figura 9. Schema di massima del funzionamento del circuito Touch	16
Figura 10. Schema elettrico del circuito Touch	17
Figura 11. Touch plate	18
Figura 12. Layout del circuito Touch	19
Figura 13. Parte frontale bassa del dispositivo concluso	21
Figura 14. Schema di massima del funzionamento del circuito Taste	21
Figura 15. Schema elettrico del circuito Taste	22
Figura 16. Utilizzo spina Jack Mono “tipico”	25
Figura 17. Utilizzo spina Jack Mono come sonda	25
Figura 18. Layout del circuito Taste	26
Figura 19. Vista frontale HTTV (at night)	28
Figura 20. Vista frontale HTTV (by day)	28
Figura 21. Schema di massima del funzionamento del circuito View	28
Figura 22. Schema elettrico del circuito View	29
Figura 23. Photoresistors	31
Figura 24. Schema di un Photoresistor	31
Figura 25. Layout del circuito View	32

# Introduzione

---

La stesura di una tesi, sia essa solo per l'esame di Maturità, non è compito dei più facili e risulta ancora più problematico volendo essere comprensibili ed esaurienti allo stesso tempo.

Il mio progetto di tesi è volto alla “*realizzazione di un dispositivo per rilevazioni sensoriali*”. L'idea iniziale era quella di dotarlo di tutti e cinque i sensi umani, ma, per eccessivi costi in ordine di tempo si è ridotto a possederne solo quattro: Hearing, Touch, Taste, View.

Come prima cosa ho pensato su tre livelli il possibile funzionamento del dispositivo:

- Sensazione: Utilizzo dei sistemi sensoriali per l'acquisizione di dati provenienti dal mondo esterno.
- Elaborazione: Ottenuta una sensazione, determinazione del comportamento da adottare, inviando le opportune informazioni ai dispositivi di visualizzazione.
- Attuazione: concretizzazione dell'azione attraverso l'illuminazione dei LEDs

Questo progetto non possiede quindi un microcontrollore che ne gestisce i vari comportamenti, ma ha un'elettronica basata su effetto-risposta. Al presentarsi di un preciso stimolo percepito nel mondo esterno, ognuno dei quattro circuiti, reagisce in un solo ed unico modo.

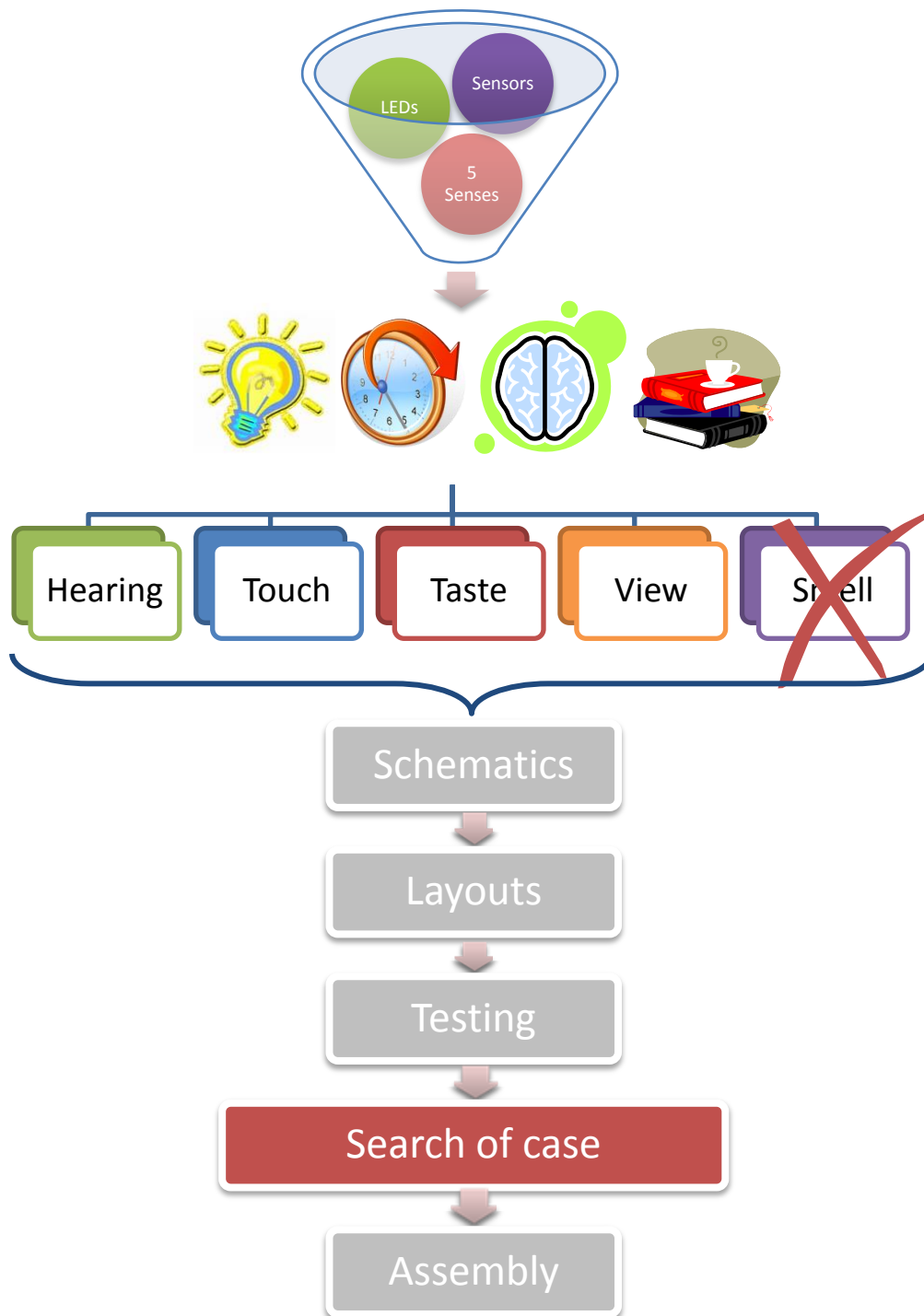
Spero di essere riuscito nelle pagine successive ad essere sufficientemente chiaro ed articolato nell'esposizione del mio lavoro di tesi.

Buona lettura.

-L'Autore-



## Criterio di progetto



**Figura 1.** Schema di massima del criterio di progetto utilizzato

# Hearing

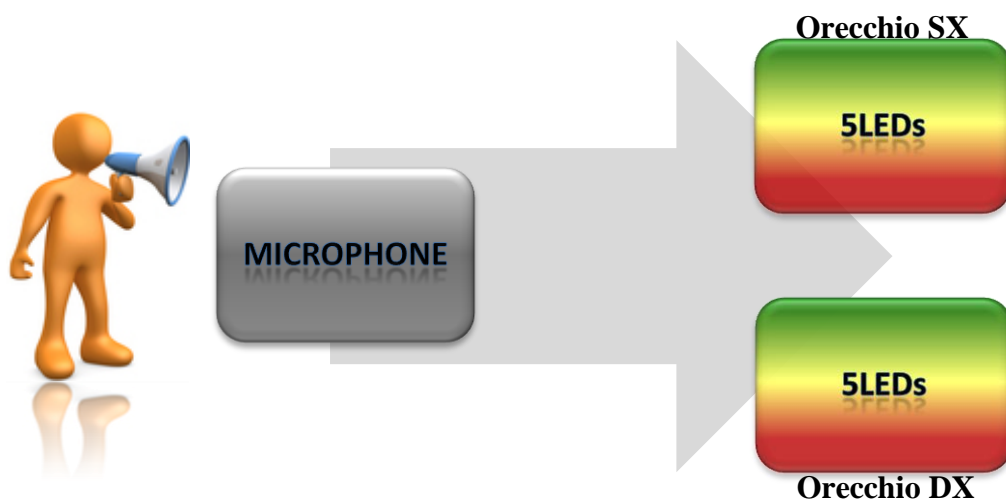
---



**Figura 2.** Profilo sinistro del dispositivo concluso

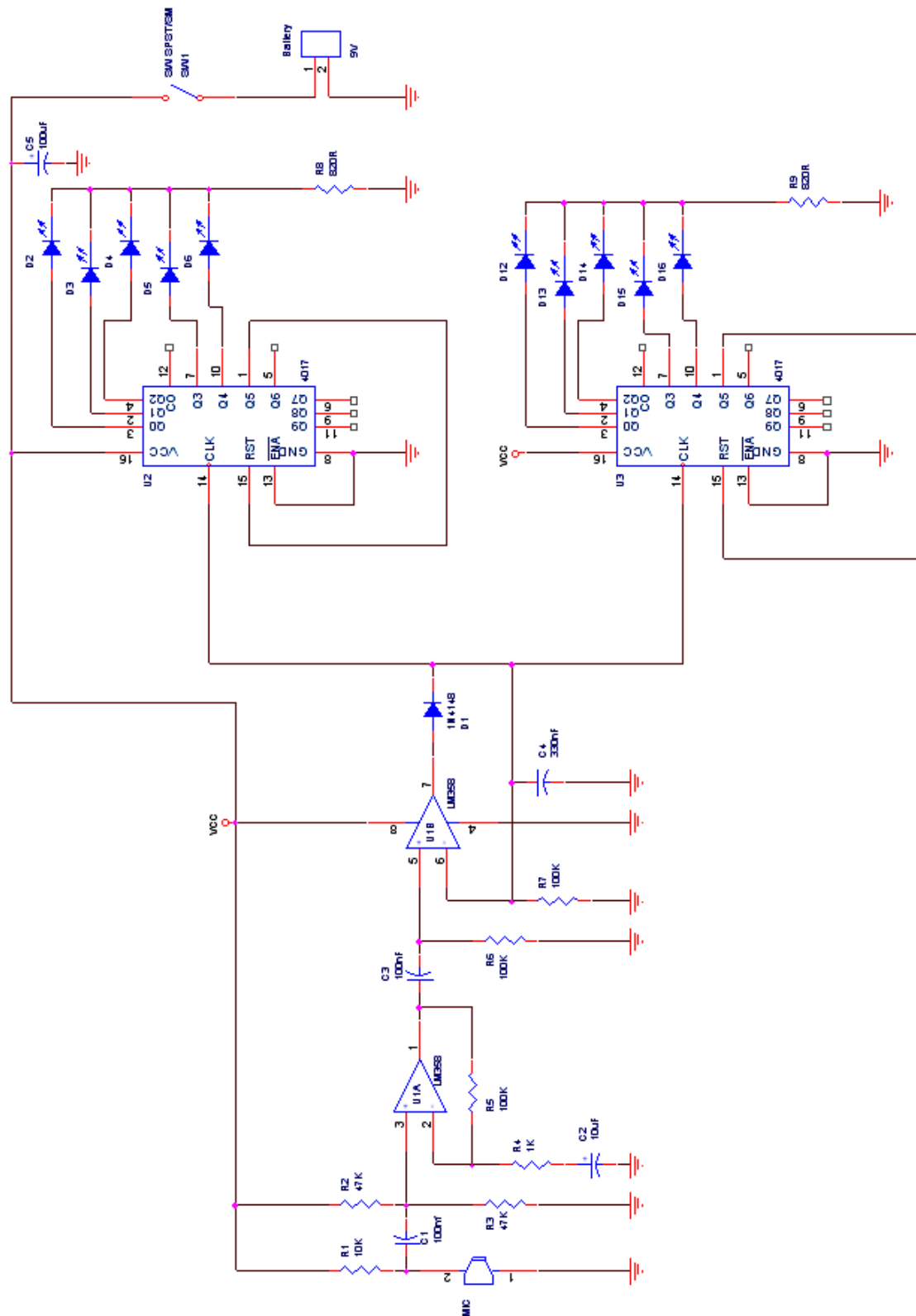
## Scopo del circuito

Il circuito permette l'illuminazione in sequenza di due file di LEDs (composte da 5 diodi ognuna), seguendo il ritmo di una melodia, o di un qualsiasi altro suono acquisito attraverso un piccolo microfono. Questi due schieramenti di LEDs rappresenteranno le due “orecchie” del dispositivo concluso.



**Figura 3.** Schema di massima del funzionamento del circuito Hearing

## Schema elettrico



**Figura 4.** Schema elettrico del circuito Hearing

## Funzionamento del circuito

Il microfono (CZ034P) è un microfono a condensatore a bassa impedenza (meno di 600 ohm) che sfrutta le variazioni di capacità di un condensatore dovute alla pressione esercitata dai suoni.

Il circuito integrato LM358 è costituito da due indipendenti amplificatori operazionali: U1A e U1B.

U1A amplifica di circa 100 volte il segnale audio acquisito dal microfono.

$$A_V = 1 + \frac{R_5}{R_4} = 1 + \frac{100 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3} = 101$$

e guida U1B come un rilevatore di picco: Quando la tensione in ingresso è positiva, il diodo D1 conduce e il condensatore C4 si carica al valore della tensione di ingresso:  $V_c = V_i$ . Quando  $V_i$  scende al di sotto di  $V_c$  nell'operazionale la tensione sull'ingresso invertente diviene maggiore di quella sull'ingresso non invertente: L'amplificatore satura, il diodo si blocca (può considerarsi come un interruttore aperto) e il condensatore rimane carico al valore di picco. Questa situazione permane fino a quando la tensione d'ingresso  $V_i$  supera il valore di picco precedente. I picchi che fornisce in output sono quindi naturalmente sincronizzati con i picchi del segnale di input, acquisito dal microfono, e con quello di clock che poi sarà fornito ai due contatori decimali 4017 (pins14). Il compito di accendere i LEDs in sequenza è svolto interamente da questi due integrati. Nel momento in cui viene fornita l'alimentazione, la quale può andare da 6V a 15V, le prime uscite (pins3) si portano a livello logico 1 con la conseguente accensione dei primi LEDs (D2 e D12). L'accensione sequenziale di questi LEDs è comandata dal segnale di clock; ad ogni picco corrisponde lo avanzare dello stato logico sul pin successivo e quindi l'illuminazione del seguente diodo. I LEDs possono essere collegati direttamente alle uscite dell'IC in quanto la corrente sugli stessi è limitata dalla circuiteria interna dell'integrato.

## Microphone

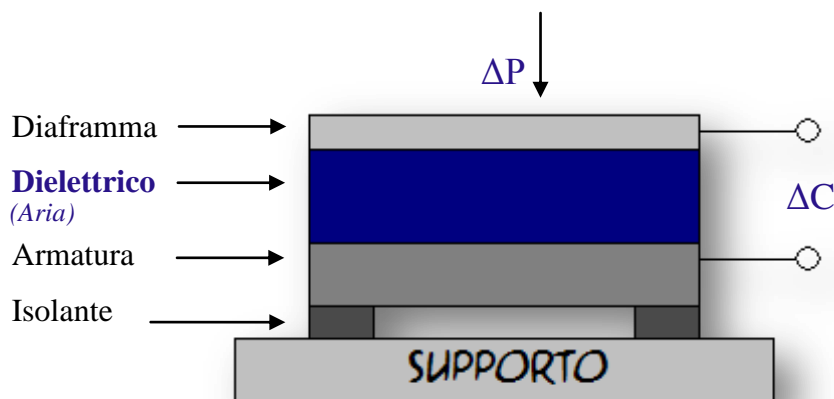
*Il microfono è un dispositivo incaricato della trasformazione di suoni in segnali elettrici*

Quello a condensatore è un tipo di microfono che sfrutta le variazioni di capacità di un condensatore, appunto, dovute alla variazione di pressione che un suono provoca nel mezzo di propagazione (aria).



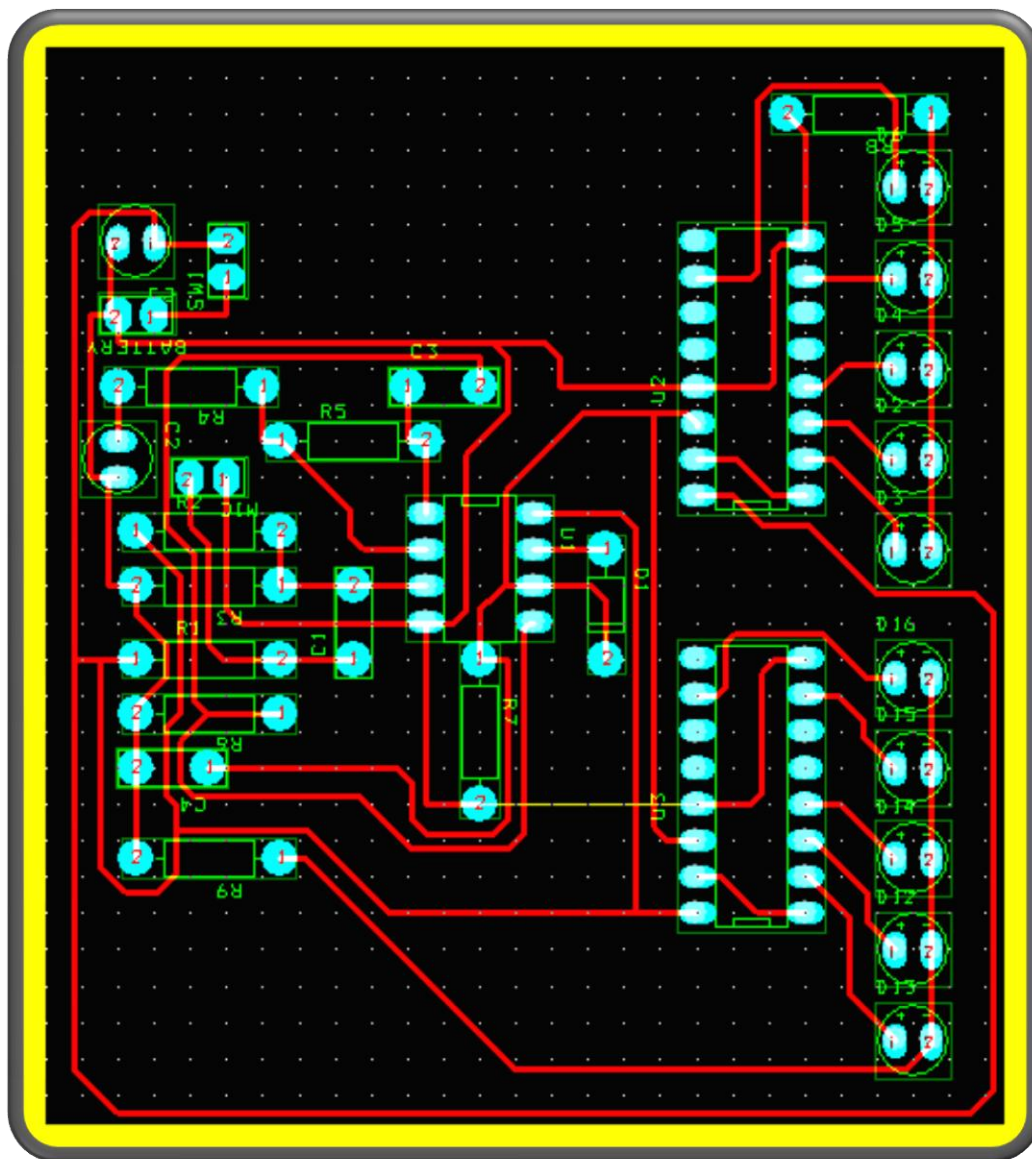
**Figura 5.** Microphone CZ034P

Esso è costituito da una sottile lamina metallica, che funge da diaframma, e da una piastra rigida in materiale conduttore, detta controelettrodo, disposta a distanza ravvicinata in modo che la sua faccia superiore risulti parallela al diaframma. Questi due elementi costituiscono le armature (gli elettrodi) di un condensatore piano il cui dielettrico (il materiale isolante che le separa) è l'aria. Il diaframma, esposto al campo sonoro, si flette seguendo le variazioni della pressione sonora, determinando una variazione della distanza tra gli elettrodi e quindi quella del valore di capacità del condensatore di cui costituisce un'armatura



**Figura 6.** Microfono a condensatore

## Layout



**Figura 7.** Layout del circuito Hearing

## Notes

- La sensibilità del circuito può essere variata cambiando il valore di R4.
- Il valore di C4 può essere variato in modo da cambiare la velocità di risposta ai picchi del segnale audio in ingresso.
- Allegati datasheet componenti: LM358, 4017, CZ034P.

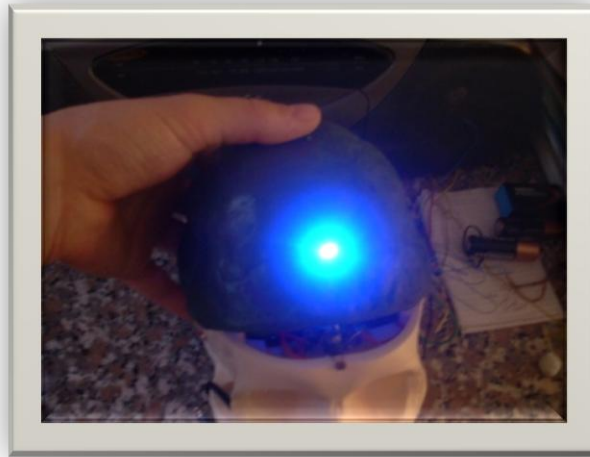
## Elenco componenti

R1	• 10K $\Omega$ --- 1/4W Resistor
R2,R3	• 47K $\Omega$ --- 1/4W Resistors
R4	• 1K $\Omega$ --- 1/4W Resistor
R5,R6,R7	• 100K $\Omega$ --- 1/4W Resistors
R8,R9	• 820 $\Omega$ --- 1/4W Resistors
C1,C3	• 100nF --- 63V Ceramic or Polyester capacitors
C2	• 10 $\mu$ F --- 63V Electrolytic capacitor
C4	• 330nF --- 63V Polyester capacitor
C5	• 100 $\mu$ F --- 35V Electrolytic capacitor
D1	• 1N4148
D2...D16	• 3mm. LEDs
U1A+U1B	• LM358 Low power dual Op-Amp
U2,U3	• 4017 Decade counter
MIC	• CZ034P Omnidirectional electret condenser microphone.
SW1	• Slide switch
Battery	• 9V battery

**Tabella 1.** Elenco componenti del circuito Hearing

# Touch

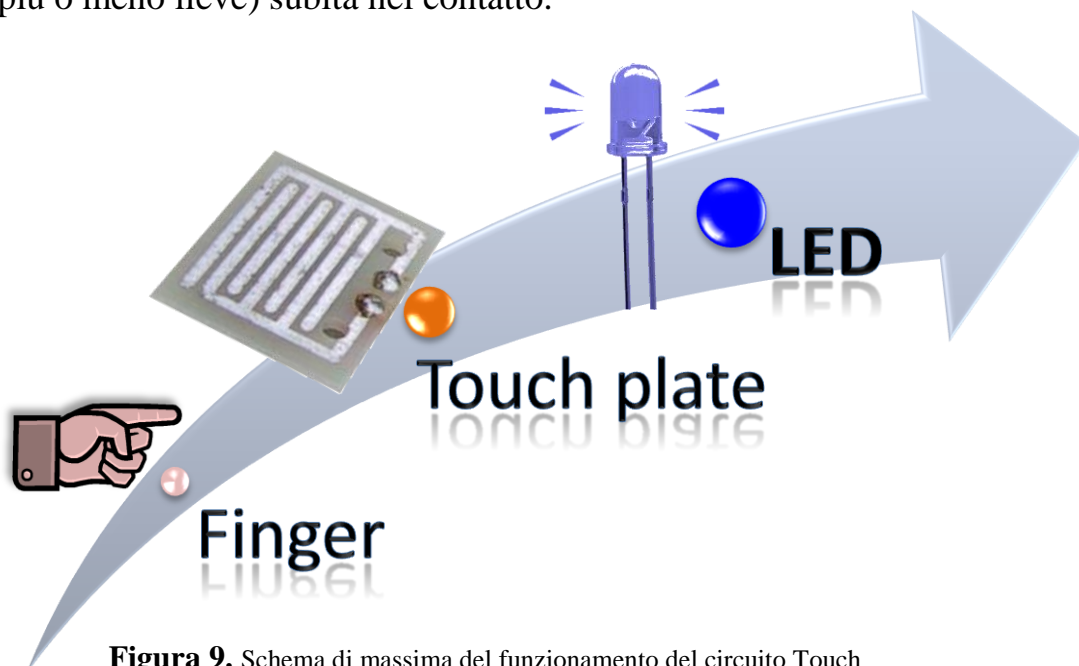
---



**Figura 8.** Vista dall'alto del dispositivo concluso

## Scopo del circuito

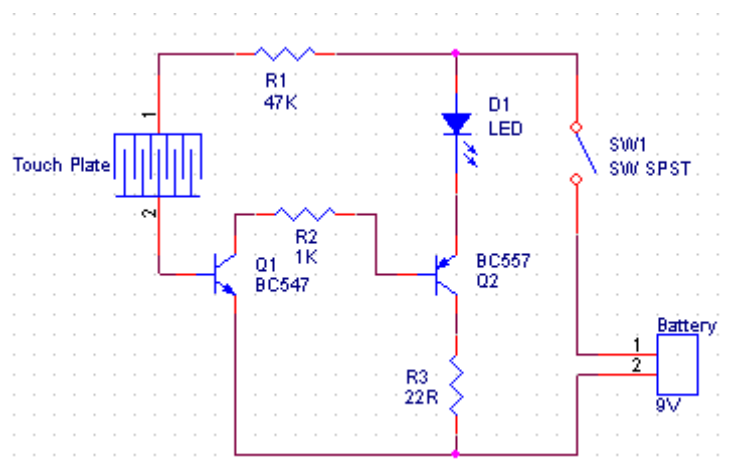
Il circuito permette l'illuminazione di un LED con il semplice sfioramento di una piastra di tocco. Ad una lieve pressione corrisponde una fioca accensione del diodo, viceversa, ad una pressione più decisa implica un'illuminazione maggiore dello stesso. Il grado di luminosità del LED risulta quindi essere direttamente proporzionale all'intensità della pressione (più o meno lieve) subita nel contatto.



**Figura 9.** Schema di massima del funzionamento del circuito Touch



## Schema elettrico



**Figura 10.** Schema elettrico del circuito Touch

## Funzionamento del circuito

La piastra di tocco consiste in due piste interfogliate. Quando questa viene toccata la resistenza tra le due piste si riduce. Questa azione provoca un aumento della corrente che scorre nella piastra e che quindi procede verso la base del transistor BC547. La corrente in questione, dell'ordine di qualche micro Ampère, non è sufficientemente forte per l'accensione di un LED. Verrà quindi amplificata dalla coppia di transistor BC 547 e 557.

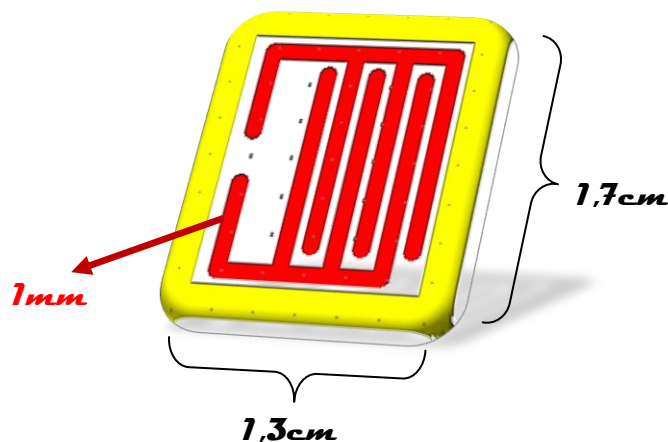
Il BC547 amplificherà la corrente di base di circa 200 volte e il BC557 la riamplicherà ulteriormente una di cinquantina di volte.

$$\beta_1 * \beta_2 = 200 * 50 = 10000$$

La corrente amplificata che ora scorre nel circuito è in grado di causare l'accensione del LED. È inoltre possibile alterarne la luminosità premendo più o meno lievemente sulla piastra di tocco poiché la variazione di resistenza che si viene a creare su quest'ultima è proporzionale alla pressione esercitata. All'abbassamento di questa resistenza corrisponderà quindi l'aumento della luminosità del diodo, mentre al suo aumento, la situazione inversa.

## Touch plate

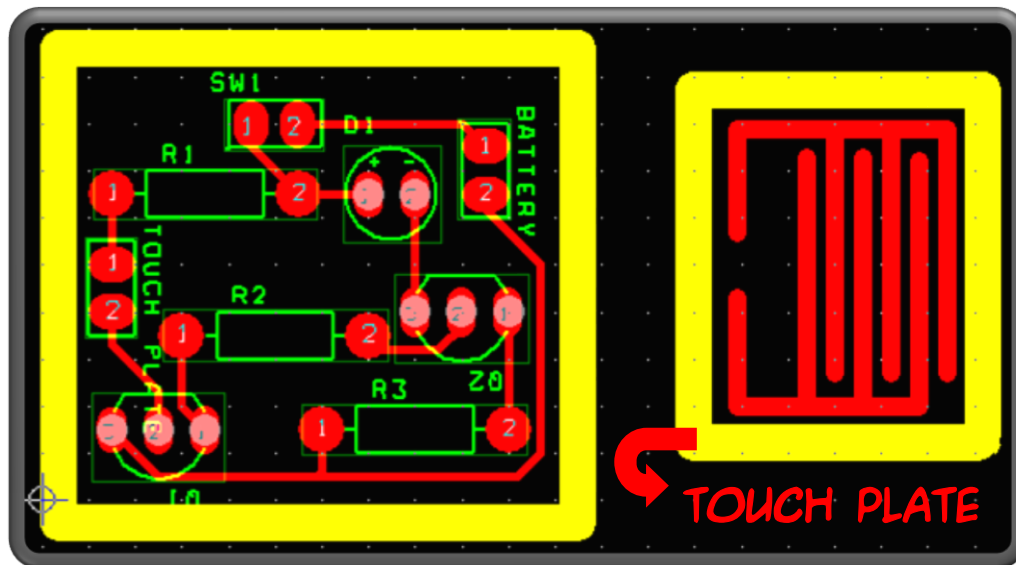
La piastra di tocco è un rettangolo di dimensioni 1,7cm X 1,3cm su cui sono state stampate due piste interfogliate di spessore 1mm distanziate tra loro di circa 1mm.



**Figura 11.** Touch plate

Toccando la piastra si provoca un abbassamento della resistenza tra le piste la quale, altrimenti, avrebbe un valore pari ad infinito (circuitto aperto). Al tocco della piastra corrisponde quindi la “chiusura” del circuito e la conseguente creazione della debole corrente che, una volta amplificata, permetterà l’accensione del LED.

## Layout



**Figura 12.** Layout del circuito Touch

## Notes

- Allegati datasheet componenti: BC547, BC557.

## Elenco componenti

R1	• 47K $\Omega$
R2	• 1K $\Omega$
R3	• 22 $\Omega$
BC547	• NPN Transistor
BC557	• PNP Transistor
D1	• 5mm. Blue LED
Touch Plate	• ---
SW1	• Slide switch
Battery	• 9V battery

**Tabella 2.** Elenco componenti del circuito Touch

# Taste

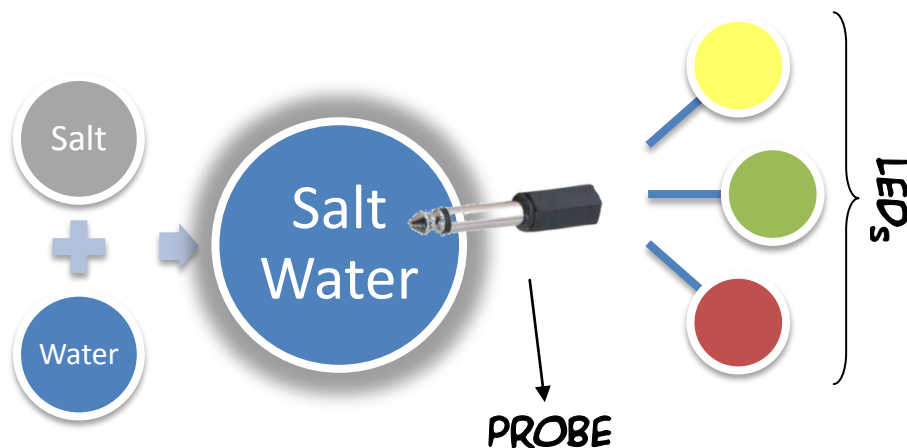
---



**Figura 13.** Parte frontale bassa del dispositivo concluso

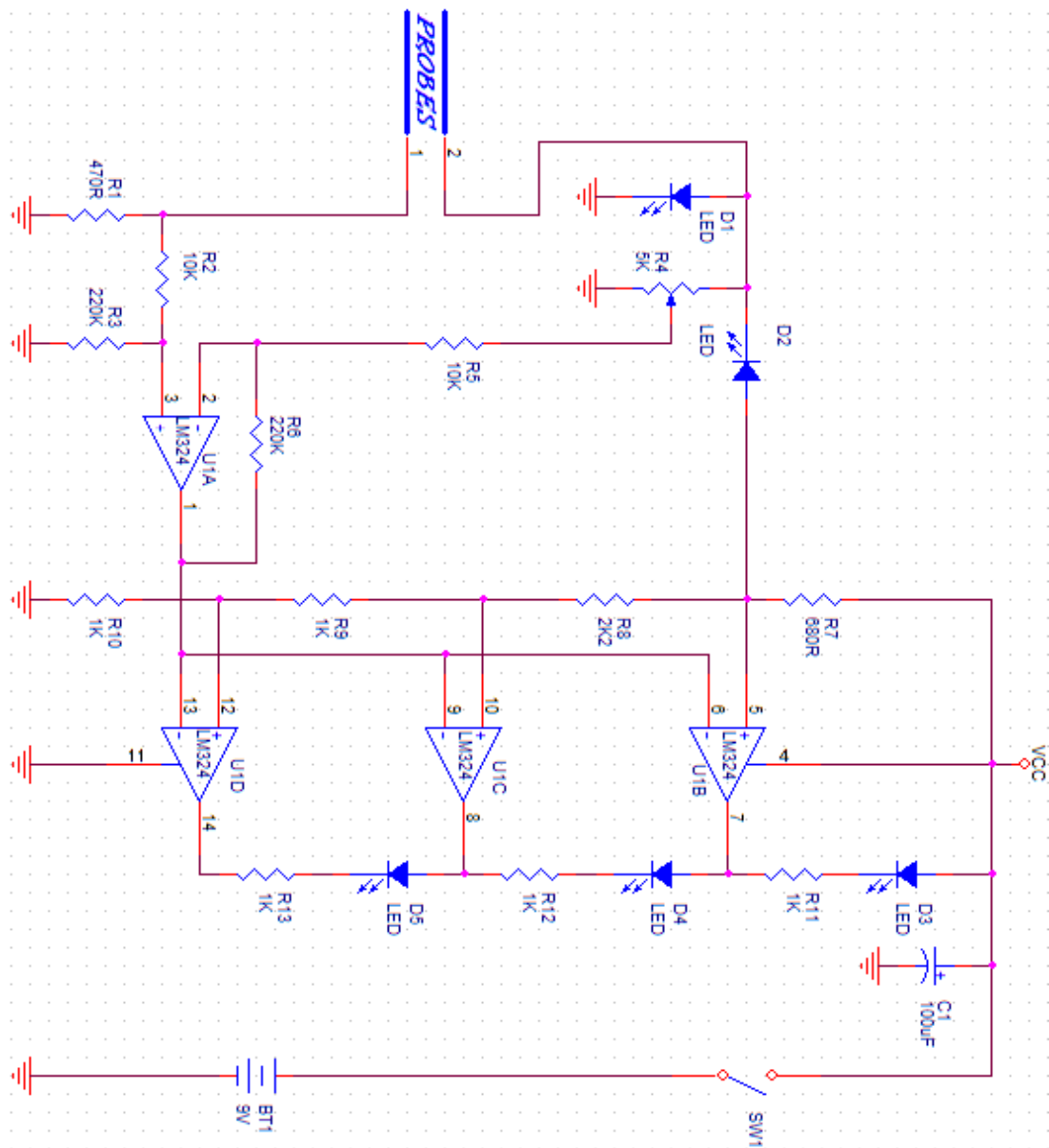
## Scopo del circuito

Questo circuito è stato progettato allo scopo di individuare la percentuale approssimativa di sale contenuto in un liquido. A tal proposito è stata impiegata una particolare sonda, rappresentante la “lingua” del dispositivo concluso. Il risultato dell’elaborazione viene presentato attraverso l’illuminazione del LED corrispondente al grado di salinità del liquido in esame.



**Figura 14.** Schema di massima del funzionamento del circuito Taste

## Schema elettrico



**Figura 15.** Schema elettrico del circuito Taste

## Funzionamento del circuito

Il circuito integrato LM324 ha al suo interno quattro amplificatori operazionali indipendenti: U1A, U1B, U1C, U1D.

U1A è configurato come un amplificatore differenziale ed è facilmente deducibile che la sua tensione in uscita subirà un aumento quando la resistenza misurata sulla sonda decrescerà. La resistenza variabile R4 è adibita alla taratura del circuito; quando la sonda verrà immersa in acqua dolce, la resistenza R4 dovrà assumere un valore tale per cui la differenza tra le tensioni ai due morsetti del differenziale risulterà uguale a zero.

$$V_o = \frac{R_6}{R_5 + R_4} (V^+ - V^-) \rightarrow \text{if } V^+ = V^- \rightarrow V_o = 0$$

L'acqua dolce ha un valore di resistenza molto alto che decresce proporzionalmente all'aumentare della quantità di sale aggiunto.

U1B, U1C e U1D sono tre comparatori che comandano l'accensione di D5, D4 e D3 in base al confronto che verrà effettuato tra le tensioni applicate ai morsetti invertenti e non. Le tensioni di riferimento dei tre comparatori sono ottenute con il partitore costituito da R7, R8, R9 ed R10.

$$U1D \rightarrow V_{ref1} = \frac{V_{cc}}{R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}} * R_{10} = \frac{9}{4880} * 1000 \cong 1,8V$$

$$U1C \rightarrow V_{ref2} = \frac{V_{cc}}{R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}} * (R_{10} + R_9) = \frac{9}{4880} * 2000 \cong 3,7V$$

$$U1B \rightarrow V_{ref3} = \frac{V_{cc}}{R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}} * (R_{10} + R_9 + R_8) = \frac{9}{4880} * 4200 \cong 7,7V$$

Nessun LEDs sarà acceso se:

$$V_+ \leq 0 \text{ and if } V_+ > V_{ref3}$$

Il LED giallo D5 si accenderà se:

$$0 < V_+ \leq V_{ref1} \quad V_{01} = V_{SAT^+} \rightarrow V_{02} = V_{03} = 0V$$

Il LED verde D4 sarà acceso se:

$$V_{ref1} < V_+ \leq V_{ref2} \quad V_{02} = V_{SAT^+} \rightarrow V_{01} = V_{03} = 0V$$

Il LED rosso D3 si illuminerà quando:

$$V_{ref2} < V_+ \leq V_{ref3} \quad V_{03} = V_{SAT^+} \rightarrow V_{02} = V_{01} = 0V$$

La corrente che scorre nei LEDs è:

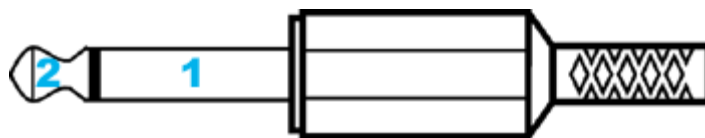
$$I_{LEDs} = \frac{V_{SAT^+}}{R_{11,12,13}} = \frac{9}{1 * 10^3} = 0,009A \rightarrow 9mA$$

In conclusione si può affermare che, approssimativamente, nessun led sarà acceso quando il sale contenuto nel liquido sotto test è minore od uguale a zero , il LED giallo D5 si illuminerà quando il contenuto di sale sarà basso, il LED verde D4 si illuminerà quando la quantità di sale sarà nella norma e il LED rosso D3 sarà acceso se il contenuto di sale sarà alto.



## Probe

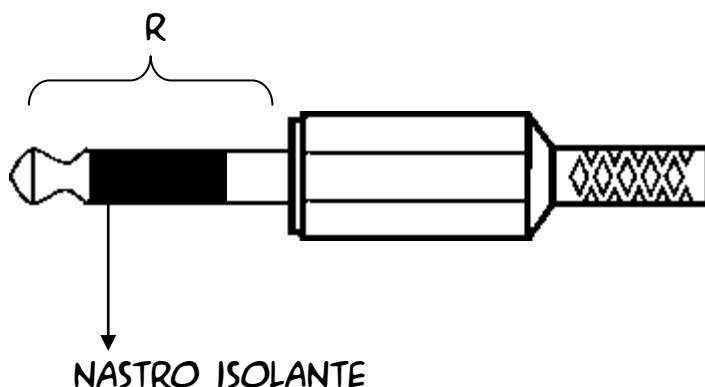
La sonda consiste in una spina mono jack da 6.3mm collegata al circuito attraverso due cavi elettrici. Il corpo metallico della spina è diviso in due parti di differente lunghezza separate da un anello nero di plastica che isola una dall'altra. La parte più corta(1), quella di punta, è quella destinata all'uscita/ingresso del segnale audio (canale), mentre quella più lunga(2) è dedicata alla massa. Nel progetto qui descritto ho fatto la scelta di coprire parte della porzione più lunga con del nastro isolante per ottenere due parti metalliche di ugual misura, circa 8-10mm. Ciò mi ha permesso di avere un dispositivo potenzialmente in grado di misurare la resistenza che un liquido oppone al passaggio di una corrente.



1. Massa

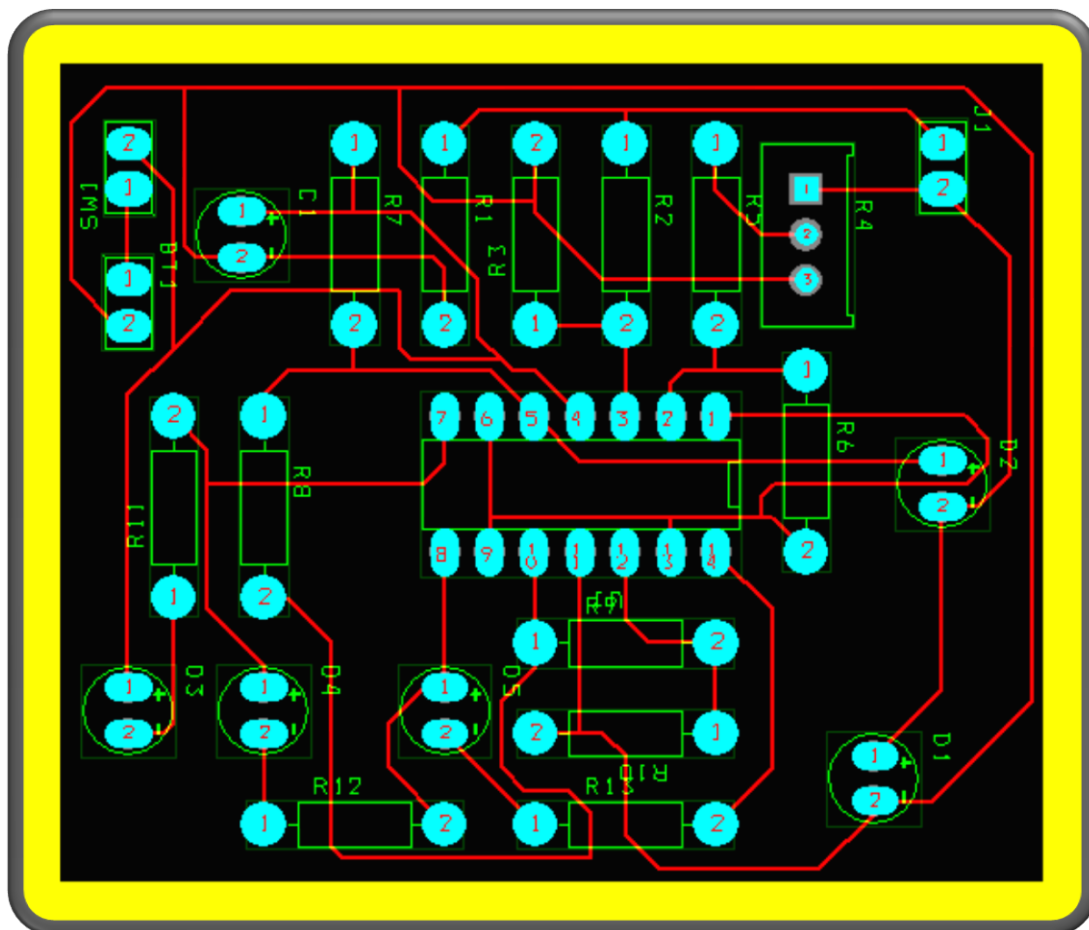
2. Ingresso/Uscita audio

**Figura 16.** Utilizzo spina Jack Mono “tipico”



**Figura 17.** Utilizzo spina Jack Mono come sonda

## Layout



**Figura 18.** Layout del circuito Taste

## Notes

- Il valore di R4 può essere variato per la taratura del dispositivo.
- R8, R9 ed R10 possono essere variate per variare le tensioni di riferimento e quindi gli intervalli di tensione in cui si dovrebbero accendere i LEDs D3, D4 e D5.
- Allegati datasheet componenti: LM324.

## Elenco componenti

R1	• 470 $\Omega$
R2,R5	• 10K $\Omega$
R3,R6	• 220K $\Omega$
R4	• 5K $\Omega$
R7	• 680 $\Omega$
R8	• 2,2K $\Omega$
R9,R10,R11,R12,R13	• 1K $\Omega$
C1	• 100 $\mu$ F
D1,D2,D3	• 3 mm. Red LEDs
D4	• 3 mm. Green LED
D5	• 3 mm. Yellow LED
U1	• LM324
SW1	• Slide switch
BT1	• 9V battery

**Tabella 3.** Elenco componenti del circuito Taste

# View

---



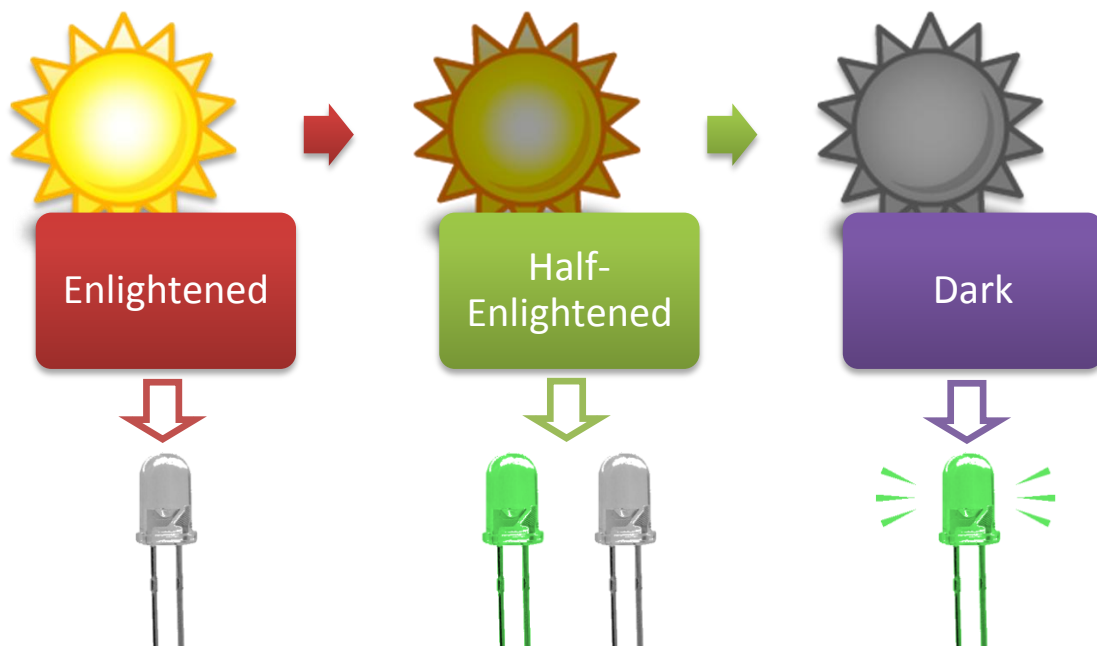
**Figura 20.** Vista frontale HTTV (by day)



**Figura 19.** Vista frontale HTTV (at night)

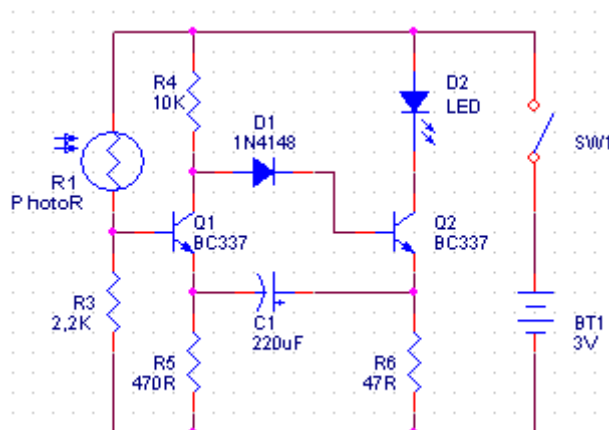
## Scopo del circuito

Questo circuito permette l'accensione di due LEDs in base al grado di illuminazione dell'ambiente circostante al dispositivo. In particolare sono previste due modalità di funzionamento dei LEDs: fisso o lampeggiante. La View è stata realizzata attraverso l'utilizzo di una photoresistenza. I due diodi saranno gli occhi del progetto ultimato.



**Figura 21.** Schema di massima del funzionamento del circuito View

## Schema elettrico



**Figura 22.** Schema elettrico del circuito View

## Funzionamento del circuito

Il funzionamento di questo circuito è riassumibile in tre step principali, dettati dai valori di resistenza che assume  $R1$  in una terna di condizioni particolari:

### 1. $R1$ illuminata:

In questo primo caso il valore di resistenza di  $R1$  è basso, dell'ordine di un paio di  $K\Omega$ , quindi il primo transistor ( $Q1$ ) risulta in saturazione (la corrente che gli arriva in base è più che sufficiente per farlo saturare) ed il secondo ( $Q2$ ) in interdizione, il LED  $D2$  è spento.

### 2. $R1$ parzialmente illuminata:

Nel secondo caso il resistore  $R1$  assume un valore resistivo che permette il funzionamento in regione normale del transistor  $Q1$  (intorno alla decina di  $K\Omega$ ). Supponiamo il condensatore  $C1$  scarico; sul nodo collettore- $D1$  è presente una tensione pari ad almeno  $1,5V$ , il diodo  $D1$  viene polarizzato, il transistor  $Q2$  va in saturazione, il LED si accende e il condensatore si carica. Quando il condensatore

inizia a scaricarsi, però la tensione di 1,5V non è più sufficiente per far saturare il secondo transistor, che quindi passa alla regione di interdizione facendo spegnere il LED. Nel frattempo il condensatore si scarica nuovamente, facendo in modo che la tensione di 1,5 V basti di nuovo per la saturazione di Q2. Questi comportamenti, che determinano l'accensione "Flashing" del LED D2 saranno ripetuti in modo ciclico fino a quando non cambierà il livello di illuminazione del photoresistor.

### 3. *R1 non illuminata*

Nel terzo ed ultimo caso, il valore di resistenza di R1 è molto alto, dell'ordine dei M $\Omega$ . Inevitabilmente il primo transistor (Q1) risulta in interdizione, mentre il secondo lavora nella regione di saturazione permettendo l'accensione fissa del diodo LED.

\*Il diodo D2 è composto da due LEDs in parallelo (gli occhi).

## Photoresistor

La fotoresistenza è un componente elettronico la cui resistenza è inversamente proporzionale alla quantità di luce che lo colpisce. Si comporta come un tradizionale resistore ma, il suo valore in Ohm, diminuisce mano a mano che aumenta l'intensità della luce che la colpisce.

$$R = A \times E^{-\alpha}$$

Dove:

R = Resistenza;

A = Costante dimensionale;

E = Illuminamento (*flusso luminoso incidente per una superficie unitaria*);

$\alpha$  = Costante adimensionale.

*\*L'illuminamento E viene misurato in lux. 1 lux è l'illuminamento prodotto dal flusso luminoso di 1 lm (lumen) che incide perpendicolarmente su di una superficie di 1m<sup>2</sup>.*

Ciò comporta che la corrente elettrica che transita attraverso tale componente è proporzionale all'intensità di una sorgente luminosa.

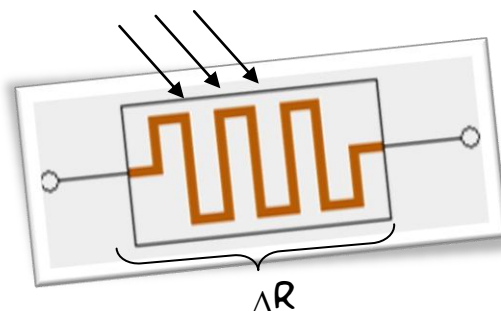


**Figura 23.** Photoresistors

R illuminata  $\rightarrow \approx 2K\Omega$

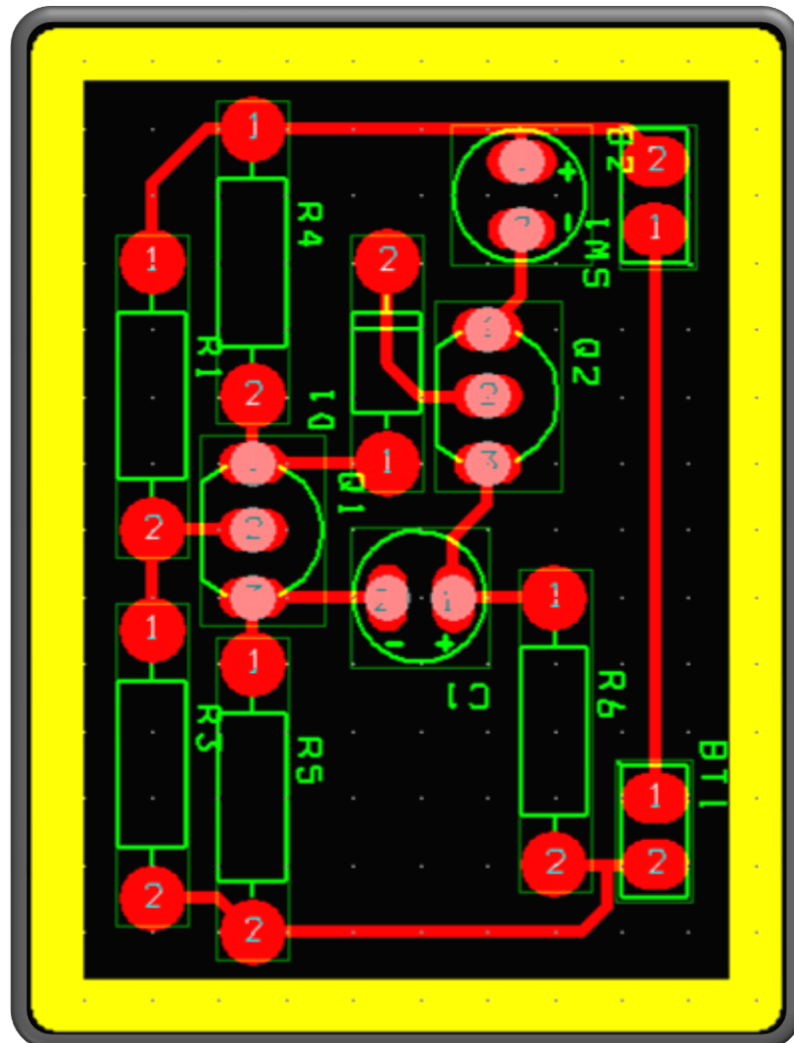
R scarsamente illuminata  $\rightarrow \approx 7K\Omega$

R non illuminata  $\rightarrow \approx 2M\Omega$



**Figura 24.** Schema di un Photoresistor

## Layout



**Figura 25.** Layout del circuito View

## Notes

- Allegati datasheet componenti: BC337, LDR04.



## Elenco componenti

R1	• LDR04-Photoresistor
R3	• 2,2K $\Omega$
R4	• 10K $\Omega$
R5	• 470 $\Omega$
R6	• 47 $\Omega$
C1	• 220 $\mu$ F
D1	• 1N4148
D2	• 2 LEDs in parallel
Q1,Q2	• BC 337 NPN transistors
SW1	• slide switch
Battery	• 3V battery

**Tabella 4.** Elenco componenti del circuito View

# Conclusioni

---

Il lavoro è stato ultimato nel modo desiderato ed entro i limiti di tempo imposti. Non sono mancate delle difficoltà ma tutte sono state superate.

Questo lavoro di tesi è stato un'occasione per l'applicazione delle conoscenze da me acquisite nel percorso che ora sto portando a compimento. Sono contento della mia scelta ed orgoglioso di essere riuscito a portare a termine un progetto come questo.

# Bibliografia

---

- Biondo G. & Sacchi E. “*Manuale di elettronica e telecomunicazioni*”, quinta edizione, Hoepli.
- A. De Santis, M. Cacciaglia & C. Saggese “*Sistemi 3*”, Modulo1 “*Trasduttori ed attuatori*”, Calderini.

---

Ronchi Matteo 2008

e-mail: [mat.ronchi@gmail.com](mailto:mat.ronchi@gmail.com)