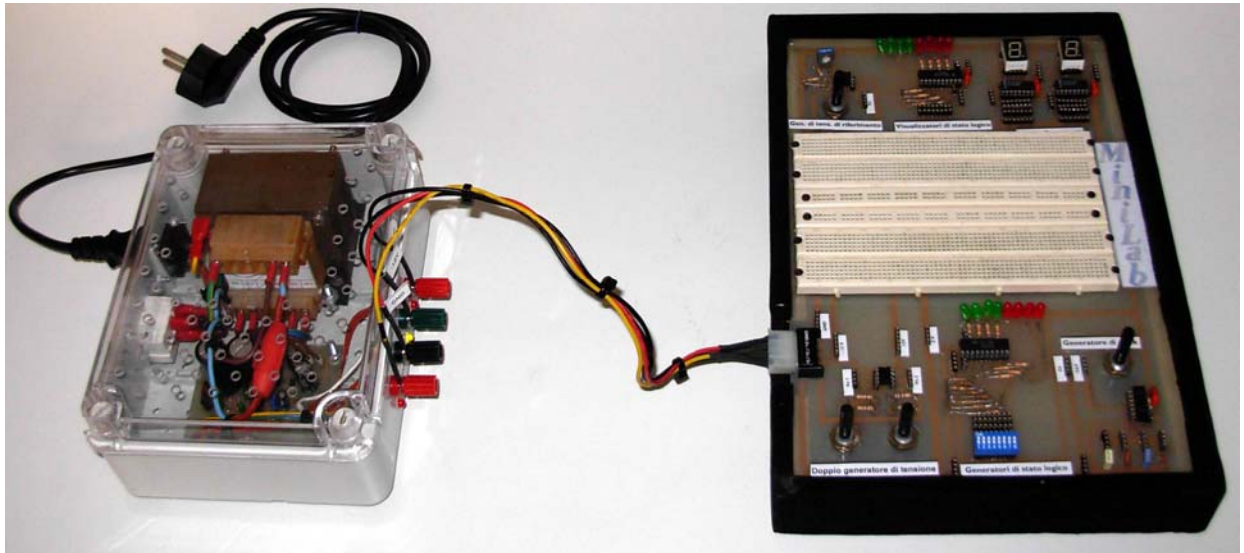


# MINILAB

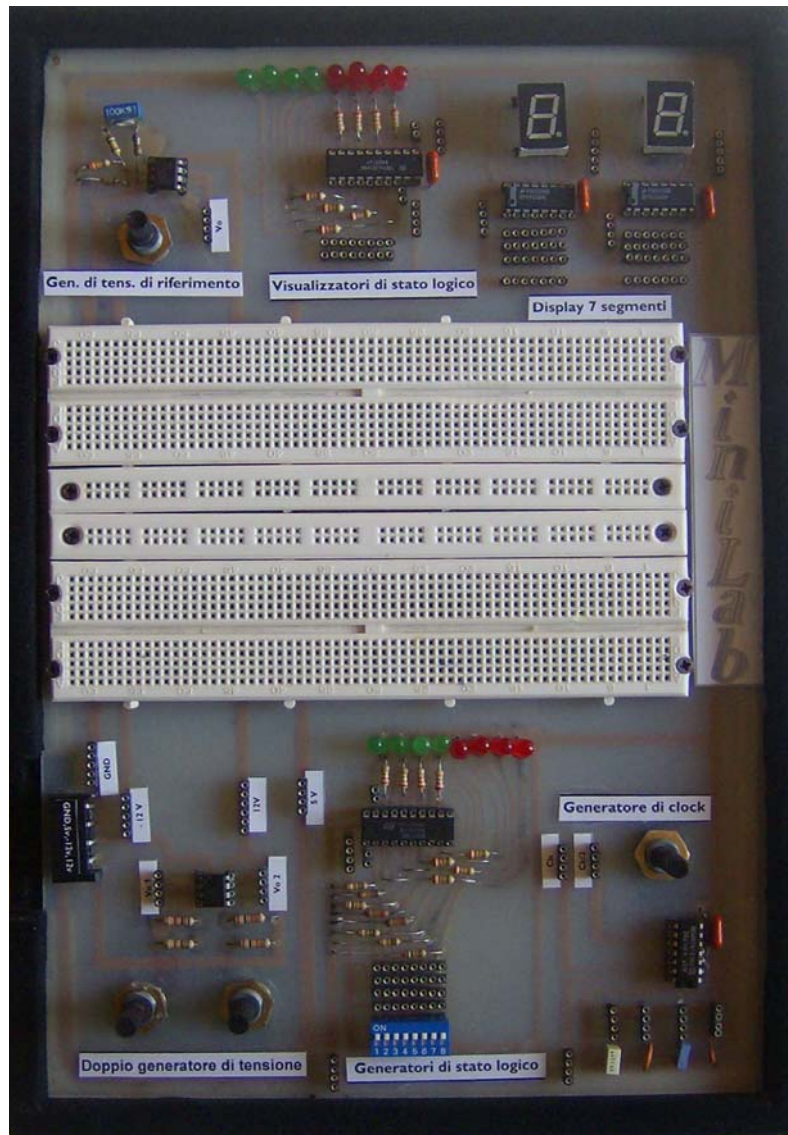


## INDICE

- Che cos'è	pag. 2
- Come funziona	pag. 5
- Fasi di produzione	pag. 7
- La fotoincisione	pag. 7
- Il trasformatore	pag. 11
- L' assemblaggio	pag. 14
- Il collaudo generale	pag. 16

## CHE COS'È

Il MiniLab è una piastra sperimentale per il cablaggio e il collaudo di circuiti digitali e analogici.

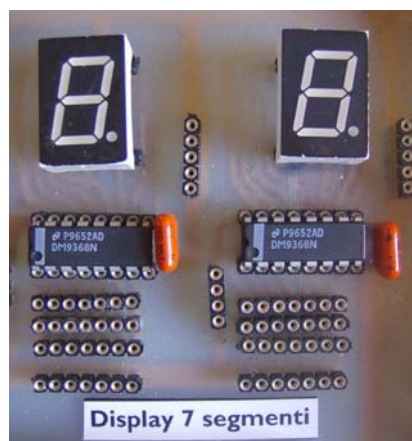
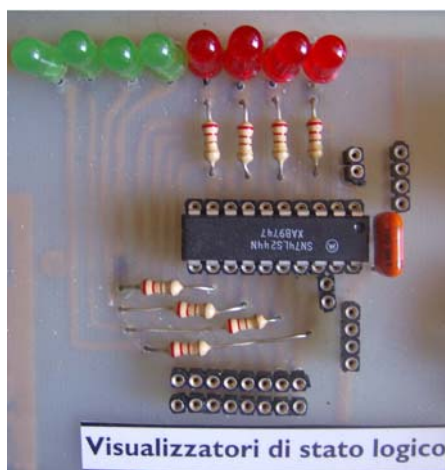
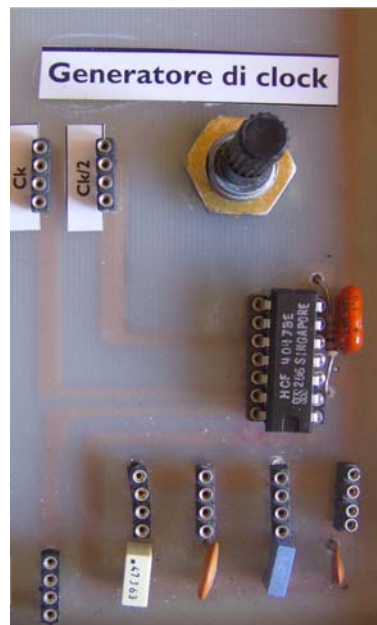
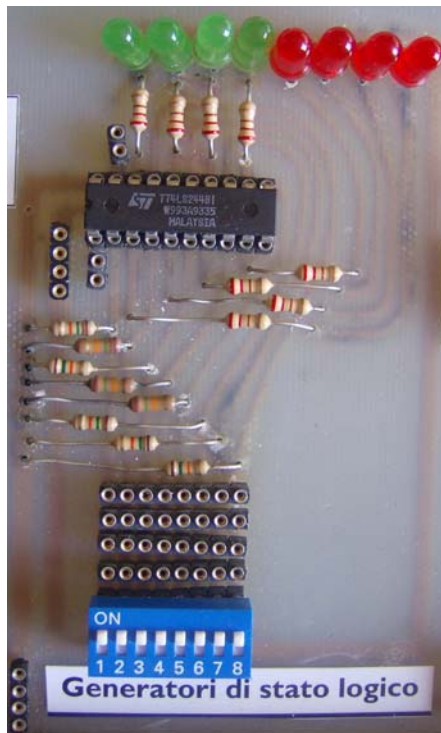


Il MiniLab consente di montare e collaudare circuiti digitali sia combinatori sia sequenziali.

Sulla piastra sono disponibili i seguenti circuiti ausiliari:

- 8 generatori di stato logico con LED visualizzatori dello stato logico prodotto, lo stato logico viene definito mediante 8 miniswitch;
- 8 LED visualizzatori di stato logico;
- 2 Display pilotati da 2 decoderdriver 7 segmenti, in grado di visualizzare sia il codice decimale DCD 8421 sia il codice esadecimale;

- Generatore di clock di alta precisione e stabilità che fornisce frequenze variabili da qualche Hz a circa 100 KHz;
- Generatore di tensione di riferimento ad alta stabilità e precisione, con tensioni di uscita di 0 V ÷ 9V;
- Doppio generatore di tensione regolabile con precisione, con tensioni di uscita da -10V a +10V.



Con tali circuiti è possibile collaudare una vasta gamma di circuiti digitali, montare circuiti analogici, sia a componenti discreti sia integrati (amplificatori operazionali), e collaudarli in corrente continua. Per tali verifiche è necessario disporre di un multimetro digitale 4 ½ digit (per l'essenziale precisione).

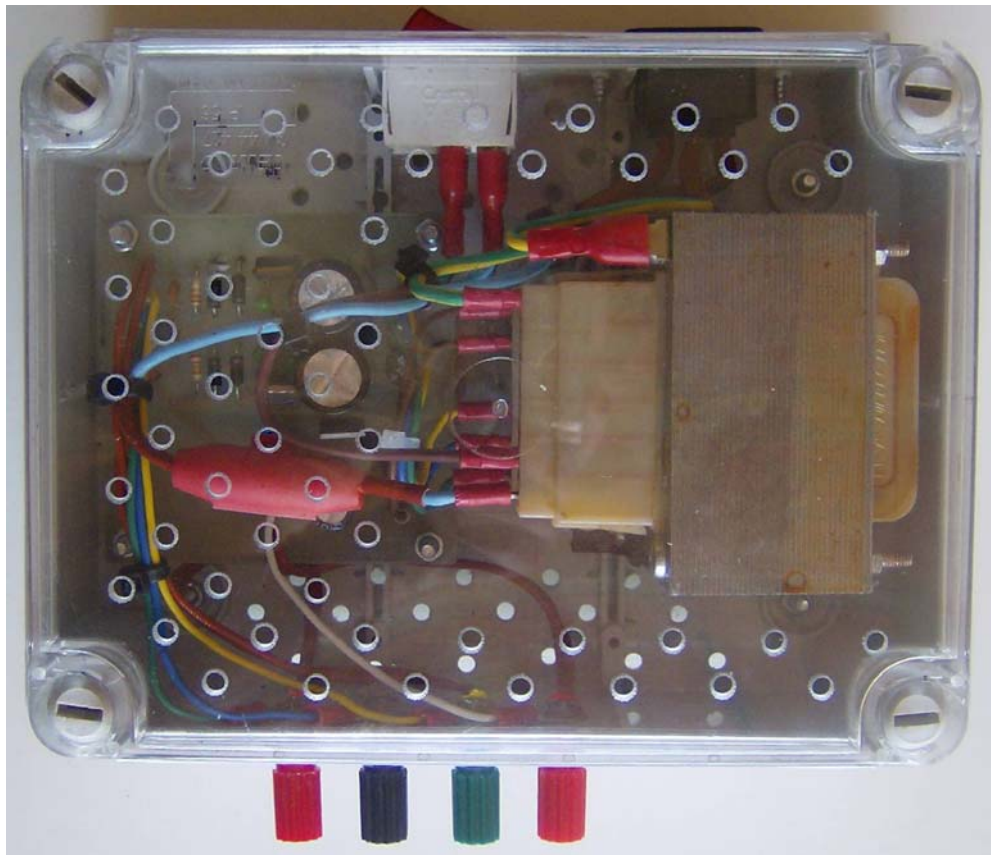
Il MiniLab, comunque è stato pensato, soprattutto per la verifica di circuiti DAC e ADC sia integrati sia a componenti discreti.

Per verificare l'ADC è necessario disporre di: una tensione variabile (generatore continuo variabile da  $-10V$  a  $+10V$ ) da utilizzare come tensione d'ingresso, un generatore di tensione di riferimento necessario per definire il campo di variazione della tensione d'ingresso, N (in questo caso 8) visualizzatori di stato logico (quante sono le uscite digitali), generatore di clock. Nel caso di uscita a 8 bit è possibile visualizzare le combinazioni come numero esadecimale a 2 cifre mediante i 2 display.

Per il collaudo e la verifica di circuiti DAC bisogna disporre di: N (in questo caso 8) generatori di stato logico ( quanti sono i bit d'ingresso), generatore di tensione di riferimento per definire il campo di variazione della tensione o della corrente di fondo scala d'uscita.

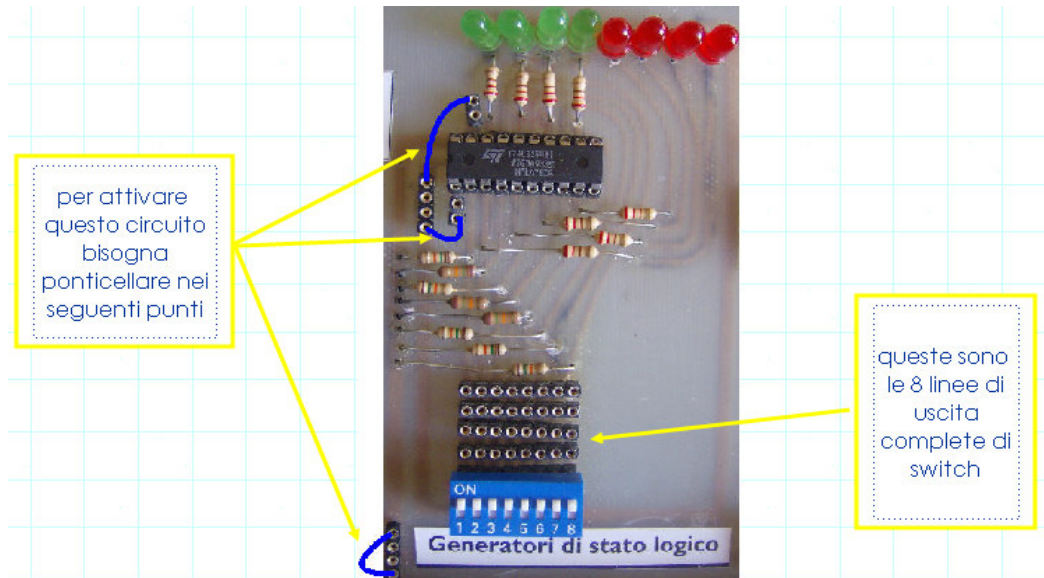
In entrambi i casi bisogna disporre di un multimetro 4 ½ digit.

Il MiniLab è corredato di alimentatore con tensione d'ingresso 230V (primario e secondario del trasformatore schermati e uscita protetta da cortocircuiti) con tensioni di uscita  $+5V$ ,  $+12V$ ,  $-12V$  .

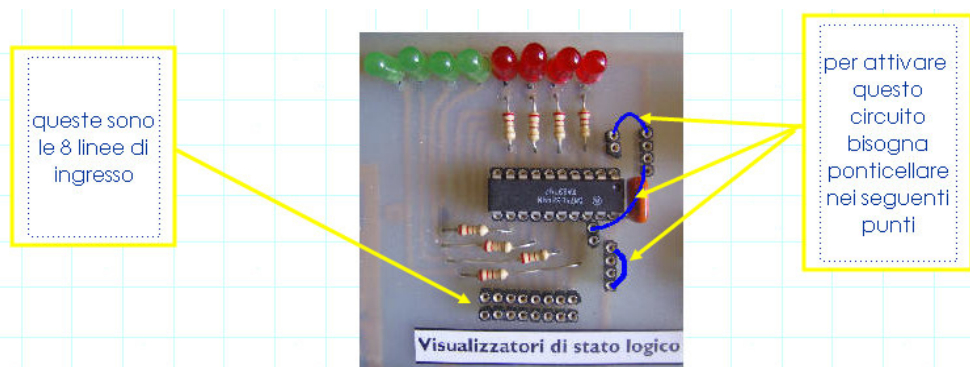


## COME FUNZIONA

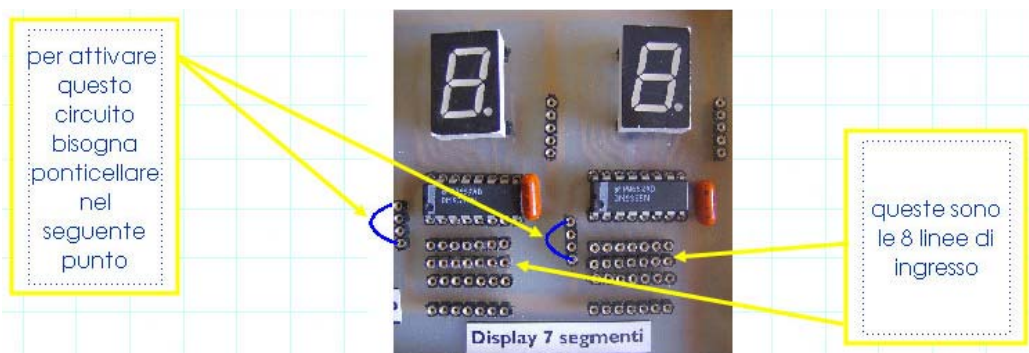
**8 generatori di stato logico** con LED visualizzatori dello stato logico prodotto; lo stato logico viene definito mediante 8 miniswitch.



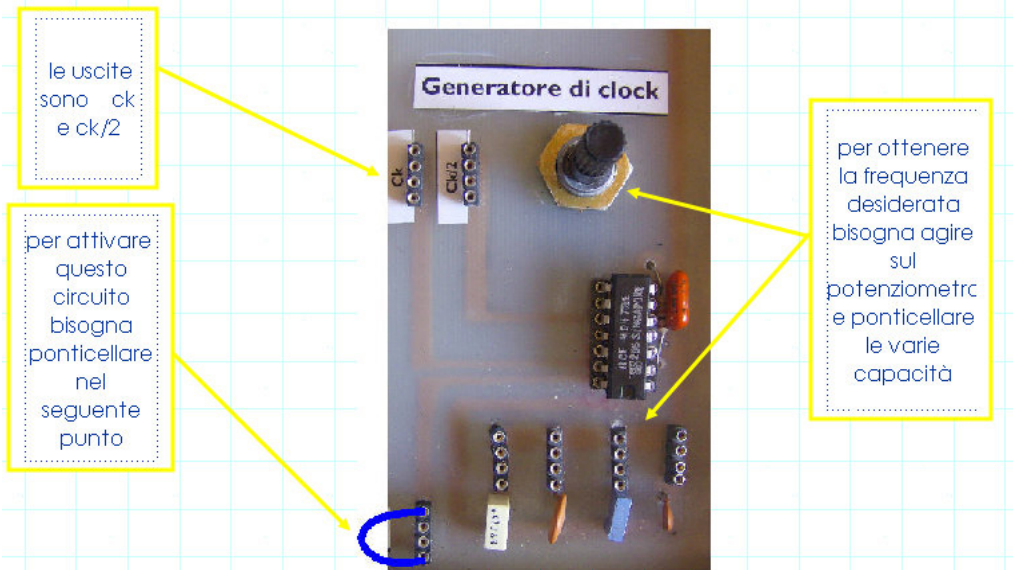
**8 LED visualizzatori di stato logico.**



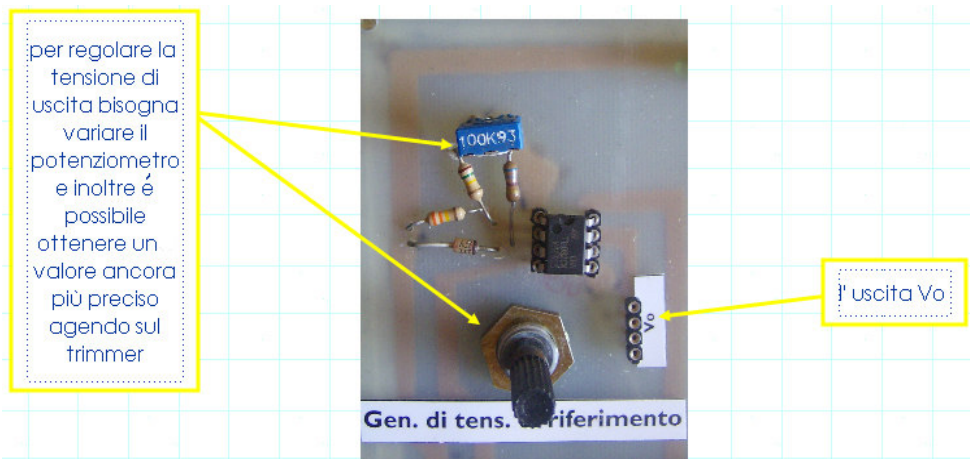
**2 visualizzatori a display a LED 7 segmenti** pilotati da 2 decoderdriver 7 segmenti, in grado di visualizzare sia il codice decimale DCD 8421 sia il codice esadecimale.



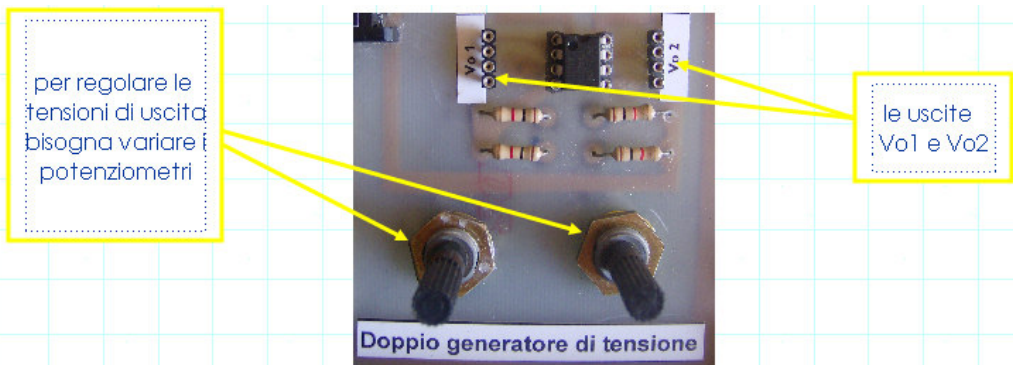
**Generatore di clock** di alta precisione e stabilità che fornisce frequenze variabili da qualche Hz a circa 100 KHz.



**Generatore di tensione di riferimento** ad alta stabilità e precisione, con tensione d'uscita regolabile da 0V a +9V .



**Doppio generatore di tensione continua regolabile** con precisione , con tensioni di uscita da -10V a +10V.



## FASI DI PRODUZIONE

Le principali fasi per la realizzazione del MiniLab sono quattro:

- Uso della fotoincisione per realizzare i circuiti della piastra e dell' alimentatore
- Costruzione del trasformatore
- Assemblaggio e cablaggio dell' alimentatore e della piastra
- Collaudo generale del MiniLab

## LA FOTOINCISIONE

Per realizzare i circuiti della piastra e dell' alimentatore useremo una tecnica molto nota nel campo elettronico, la la fotoincisione.

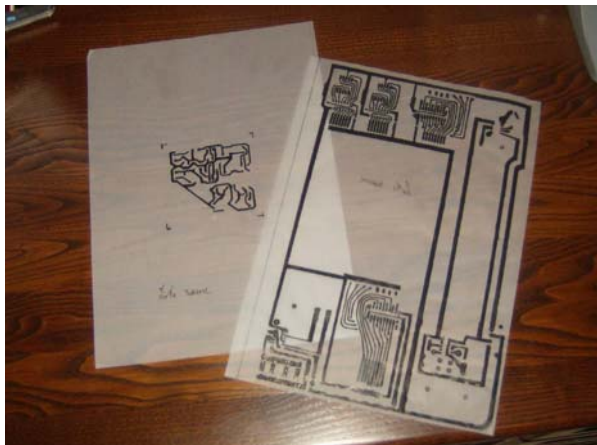
I passi principali per realizzare un circuito tramite fotoincisione sono:

- Disegno del master
- Esposizione della vetronite ramata ai raggi ultravioletti
- Lo sviluppo
- Incisione chimica
- Foratura
- Saldatura a stagno

**Il master.** Il master di un circuito stampato è costituito dal disegno in scala 1:1 delle piste su un supporto più o meno trasparente, nel nostro caso abbiamo usato un foglio da lucido per disegni tecnici. Da notare che i fogli da lucido non appaiono trasparenti alla luce (nel senso che sono traslucidi e non si vede chiaramente cosa c'è dall'altra parte) ma lo sono sufficientemente rispetto ai raggi UV (ultravioletti), che è quello che a noi interessa. La caratteristica fondamentale del disegno, da utilizzare come master, è che le tracce devono essere perfettamente opache alla luce ultravioletta; ciò implica due cose:

- L'inchiostro usato deve essere assolutamente non trasparente ai raggi ultravioletti (inchiostro di china).
- L'inchiostro deve essere steso in modo molto accurato, cioè senza "buchi" o sbavature.

Se sono presenti tali difetti, la qualità del lavoro risulta in tutto o in parte compromessa, in funzione della gravità dei difetti.



**Esposizione ai raggi ultravioletti della vetronite ramata.** Il materiale di base per usare la tecnica della fotoincisione è costituito da una normale basetta di vetronite ramata per circuito stampato su cui è stesa in modo omogeneo, dalla parte del rame, una particolare vernice resistente all'incisione (photoresist). Se si illumina questo photoresist con luce ultravioletta, il polimero che costituisce la struttura di base della vernice diventa solubile in una soluzione basica e quindi può essere facilmente rimosso. La basetta è venduta con una pellicola adesiva oppure in busta di alluminio sottovuoto, al fine di proteggere la vernice fotoresistiva dalla luce. L'apparato utilizzato per esporre la basetta ai raggi ultravioletti è il bromografo. I migliori risultati si ottengono con una esposizione di 5-8 minuti.



**Lo sviluppo.** Per evidenziare il disegno delle piste, dopo l'esposizione ai raggi ultravioletti, è necessario utilizzare una apposita soluzione alcalina: lo sviluppo non fa altro che sciogliere la vernice fotosensibile illuminata dagli UV, lasciando intatta la parte rimasta in ombra. La soluzione di sviluppo va preparata sciogliendo indicativamente dai 5 ai 20g di NaOH in un litro di acqua.





La vetronite ramata si immerge nella soluzione di sviluppo con il rame rivolto verso l'alto, usando le opportune precauzioni per evitare schizzi di liquido corrosivo o graffi sulla basetta. In qualche secondo si nota l'inizio della reazione: la superficie ramata diventa di un colore verde o blu molto scuro, quasi nero. È opportuno agitare molto delicatamente la soluzione sulla superficie ramata, in modo tale da rimuovere la patina nerastra presente e quindi poter vedere le piste, che devono apparire in 20-30 secondi.



Il tempo dello sviluppo deve essere tale da rimuovere completamente il photoresist inutile lasciando però intatte le piste del circuito: l'unico modo di verifica è l'osservazione diretta. Un leggero aumento del tempo di sviluppo non porta problemi particolari, soprattutto se l'esposizione è stata fatta correttamente e il photoresist è di buona qualità.

Per questa lavorazione la temperatura della soluzione non deve essere né troppo bassa né troppo alta: tra i 20 e i 30°C. Una volta accuratamente lavata la vetronite ramata, si procede con l'incisione utilizzando una soluzione di cloruro ferrico.



E' meglio non far passare tempo tra l'esposizione, lo sviluppo e l'incisione in quanto con il tempo il photoresist, soprattutto se già sviluppato, perde di resistenza all'incisione e, soprattutto, il rame scoperto tende ad ossidarsi.

**L'incisione chimica.** L'incisione è l'operazione che permette di togliere chimicamente il rame in eccesso dalla vetronite ramata. Il rame che deve rimanere deve essere protetto da una vernice resistente alla corrosione. Attenzione la sostanza chimiche usate per corrodere il rame hanno la proprietà di essere dannose agli occhi e di essere corrosive sulla pelle, di rovinare i vestiti e tutti gli oggetti metallici. Per finire, emettono vapori tossici.



Per l'incisione si utilizza un liquido corrosivo, spesso impropriamente chiamato "acido": il cloruro ferrico ( $\text{FeCl}_3$ ). La soluzione in acqua, intorno al 40%, è relativamente poco corrosiva. Da notare che il cloruro ferrico corrode, oltre al rame, anche tutti i metalli di uso comune, in particolare l'alluminio: tutti i contenitori e gli attrezzi che vengono a contatto con esso devono quindi essere in plastica o vetro. Il tempo di incisione, seguendo le opportune strategie, varia da pochi minuti al quarto d'ora (ma in genere ci vuole più tempo). L'incisione termina quando tutto il rame non protetto dalla vernice viene asportato.

Durante l'incisione bisogna controllare ogni tanto a che punto è arrivato il processo, infatti un'eccessiva immersione rischierebbe di asportare anche il rame protetto dalla vernice. Da evitare anche il rischio opposto, cioè il lasciare la basetta per un tempo troppo breve: occorre che tutto il rame scoperto sia perfettamente corrosivo. Per questo basta l'osservazione visiva. Al termine dell'asportazione del rame non protetto, si lava il circuito stampato ottenuto con abbondante acqua corrente.

**La foratura.** La foratura viene fatta in corrispondenza delle apposite piazzole con un trapano, possibilmente ad alta velocità. Il diametro delle punte normalmente usate è di 0,8 mm .

**La saldatura a stagno.** La saldatura a stagno è l'operazione che permette il fissaggio dei componenti al circuito stampato. Consiste nella fusione nel punto di contatto tra rame e componente di una lega metallica che, raffreddandosi, permette la connessione elettrica e meccanica

Il saldatore è lo strumento che permette la fusione della lega saldante.

La lega saldante (il cosiddetto stagno) più facilmente utilizzabile è costituita da piombo e stagno in percentuali variabili ma generalmente al 60% di stagno. La temperatura di fusione si aggira intorno ai 180-190°C o poco più.

La lega saldante è venduta sotto forma di fili dal diametro di 1 mm. In realtà si tratta non di un filo massiccio ma di un “tubo” internamente riempito di un liquido semitrasparente (il flussante): il suo compito è quello di prevenire la formazione di ossidi ed in definitiva facilitare la saldatura.

La saldatura di ciascun punto deve durare pochi secondi, ma senza fretta. Si procede nel seguente modo:

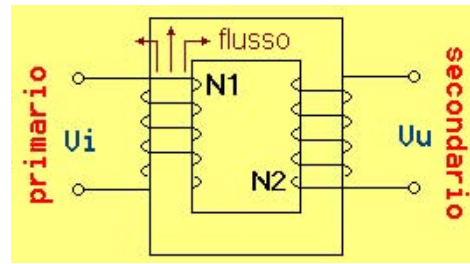
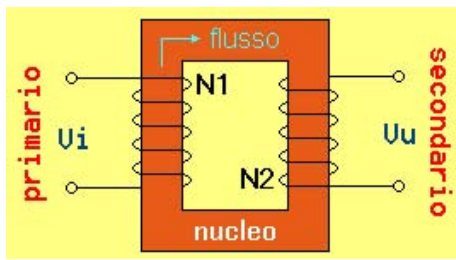
1. Si inserisce il componente nei fori.
2. Si gira lo stampato in modo da vedere il lato rame.
3. Si appoggia la punta del saldatore al rame della piazzola ed al reoforo del componente per un preriscaldamento.
4. Si appoggia il filo di stagno al rame o al reoforo, non alla punta del saldatore. Lo stagno fonde e, da solo, deve scorrere e coprire tutta la superficie del rame e il reoforo (1-2 secondi).
5. Si toglie il filo di stagno, lasciando però ancora il saldatore per un secondo. I vapori emessi durante la saldatura sono tossici e quindi occorre lavorare in un luogo aerato.



## IL TRASFORMATORE

Il trasformatore è una macchina elettrica statica appartenente alla categoria più ampia dei convertitori. In particolare il trasformatore consente di convertire i parametri di tensione e corrente in ingresso rispetto a quelli in uscita, pur mantenendo costante la quantità di potenza.

**Qualche accenno.** Il trasformatore basa il suo funzionamento sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica. Infatti il circuito di ingresso (primario) e quello di uscita a tensione più bassa (secondario) non sono in contatto fisico, ma il primo agisce sul secondo solo tramite il flusso magnetico che genera quando è attraversato dalla corrente. I due circuiti sono avvolti in spire (avvolgimenti), di numero opportuno, su uno stesso nucleo di materiale ferromagnetico. Questo materiale ha la capacità di facilitare il passaggio del flusso magnetico dal circuito primario a quello secondario (alta permeabilità magnetica), incanalandolo al proprio interno.



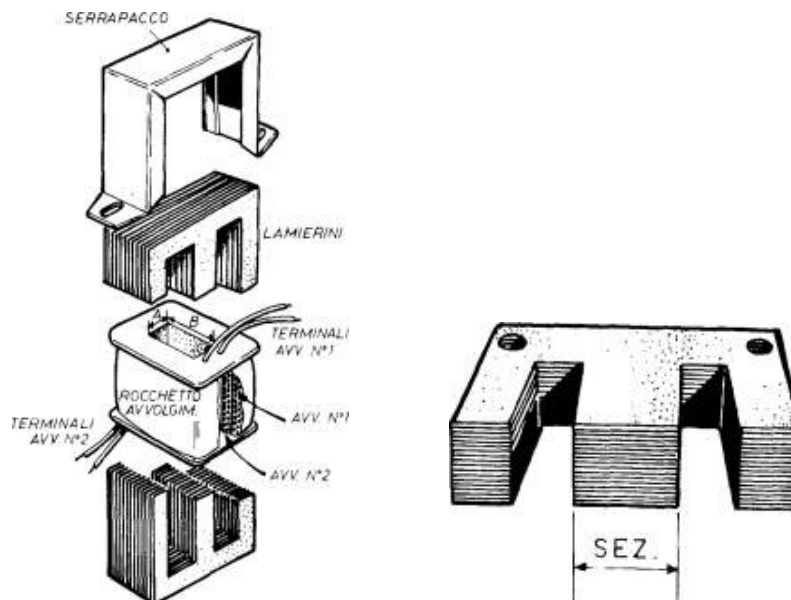
In figura vediamo schematizzato un trasformatore. Con  $V_i$  è indicata la tensione di ingresso e con  $V_u$  quella di uscita. Indicando con  $N_1$  e  $N_2$  rispettivamente il numero di spire del circuito primario e del circuito secondario, con  $K = \frac{N_1}{N_2}$  il loro rapporto (rapporto di trasformazione), la relazione matematica

che lega la tensione di uscita a quella di ingresso è: 
$$\frac{V_i}{V_u} = \frac{N_1}{N_2} = K \Rightarrow V_u = \frac{V_i}{K}$$

Se non ci fosse il nucleo magnetico, il flusso sarebbe minore (l'aria ha una minore permeabilità magnetica) e solo una parte raggiungerebbe il circuito secondario, poiché disperso in più direzioni. Solo in tensione alternata si ha induzione elettromagnetica, ossia solo se il flusso magnetico che investe il circuito secondario è variabile. Nell'uso quotidiano ciò è soddisfatto perché i 230V che applichiamo al circuito primario sono alternati e quindi variabili. Di conseguenza anche il flusso magnetico generato è variabile.

Se, invece, applicassimo al circuito primario una tensione continua (cioè non variabile) non otterremmo alcuna tensione in uscita dal trasformatore.

Le matasse di filo conduttore vengono realizzate su un rocchetto, che assume la funzione di supporto del filo di rame avvolto; il rocchetto viene poi inserito sul nucleo di ferro laminato, formato da un pacchetto di lamierini di ferro al silicio. Nel disegno si vede in "esplo" un tipico trasformatore composto da due avvolgimenti e da un certo numero di lamierini al ferrosilicio.



Per sezione del nucleo di un trasformatore si intende la superficie, espressa in millimetri quadrati o centimetri quadrati, della sezione della colonna centrale del pacco lamellare, ossia quella indicata nel

disegno.

Gli avvolgimenti, che possono essere due o più di due, sono sovrapposti oppure affiancati, ma sempre isolati elettricamente tra loro. Più grande è la tensione applicata al primario, più elevato è il numero di spire con cui questo è costruito. Il diametro del filo di rame smaltato invece dipende dall'intensità di corrente che si vuol far scorrere nel primario.

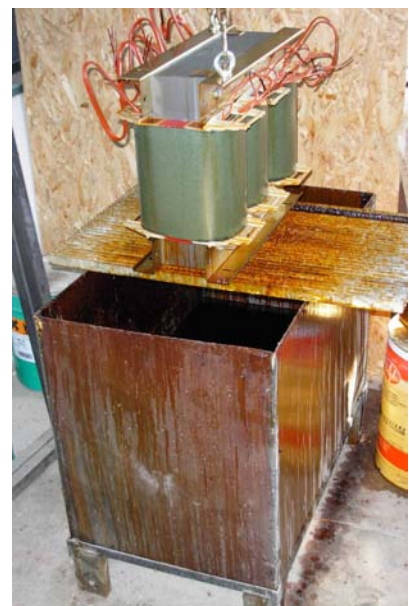
Il numero delle spire, che compongono l'avvolgimento secondario del trasformatore, è proporzionale a quello delle spire dell'avvolgimento primario ed è condizionato dal valore della tensione che si vuol ottenere.

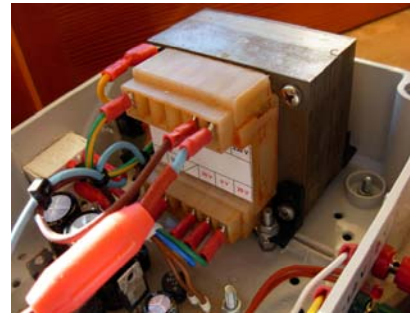
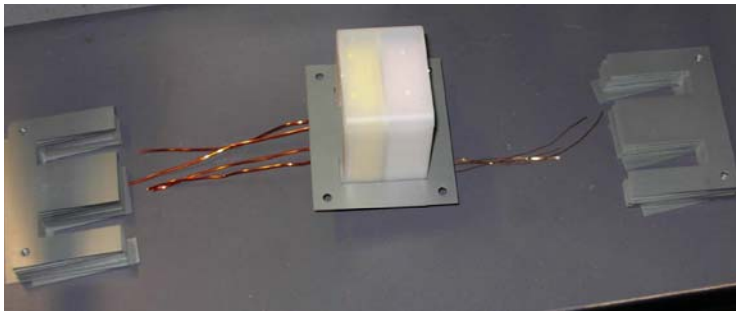
Il valore della potenza elettrica del trasformatore si esprime in VA (voltampère) e non in W (watt).

**Il nostro trasformatore.** Il trasformatore di cui abbiamo bisogno deve avere il primario con tensione di 230V e due secondari rispettivamente di 10V e 20V-0V-20V con presa centrale. La potenza totale è di 60VA in quanto abbiamo bisogno di 1,5A e la tensione totale massima dei secondari è 40V. Abbiamo ritenuto opportuno schermare il trasformatore in quanto poteva portare disturbi ai circuiti della piastra.

**Fasi della costruzione.** La realizzazione del trasformatore consta di varie fasi, e precisamente:

1. Si realizza l'avvolgimento del primario sul rocchetto;
2. Si isola e si scherma il primario;
3. Si avvolge il primo secondario e si isola;
4. Si avvolge il secondo secondario;
5. Si isola e si scherma il secondario;
6. Si aggiungono le flange al rocchetto;
7. Si inseriscono i lamierini;
8. Si montano eventuali angolari;
9. Si immerge il trasformatore in una vernice che ha la funzione di incollare e proteggere i lamierini dall'ossidazione, oltre a fornire un ulteriore isolamento;
10. Si cablano i terminali del trasformatore;
11. Si collauda il trasformatore, verificando le tensioni fornite.





## L' ASSEMBLAGGIO

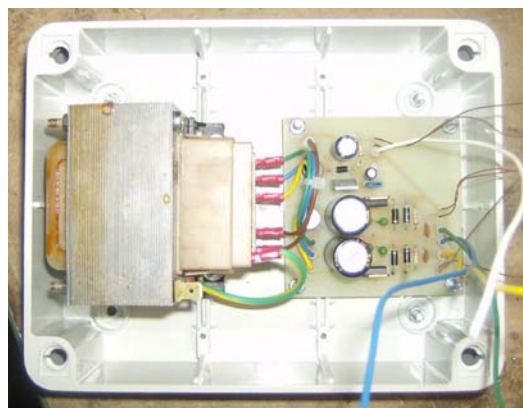
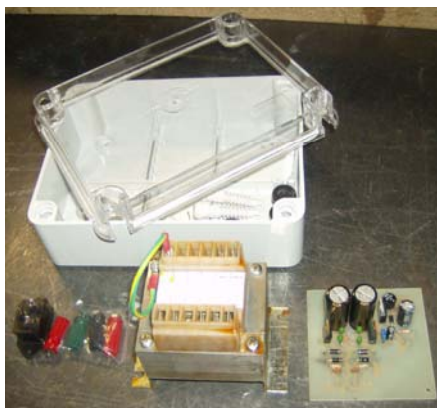
L'ultima fase della costruzione del MiniLab è quella dell' assemblaggio e cablaggio dell' alimentatore e della piastra.

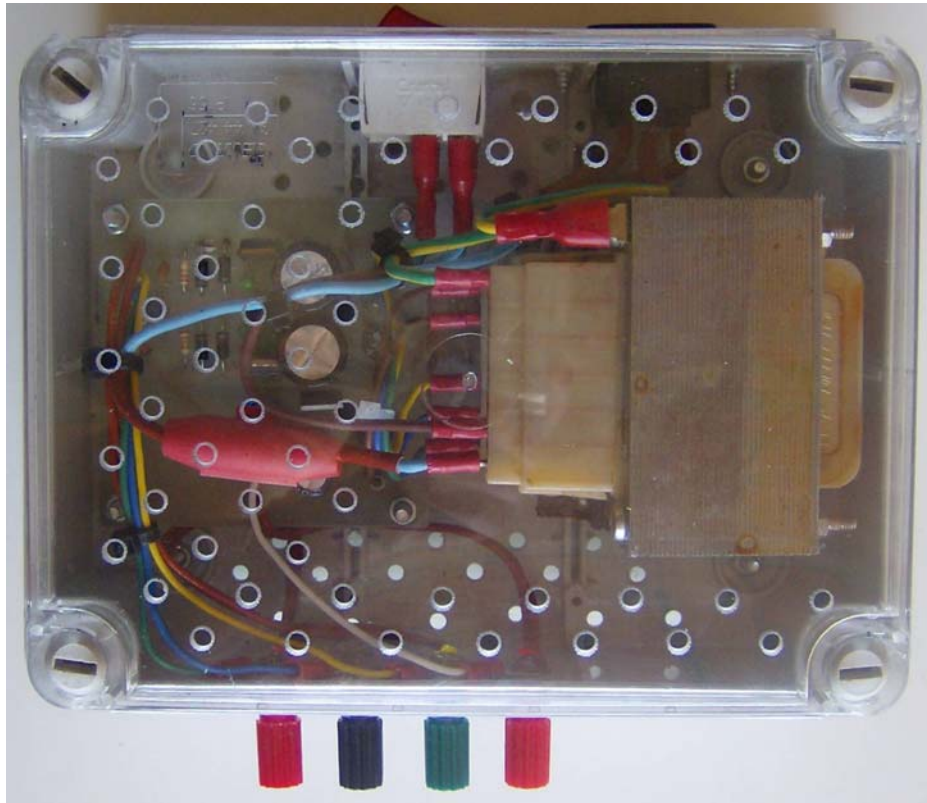


**L'alimentatore.** Per quanto riguarda l' alimentatore , lavorando con tensione elevata (230V) abbiamo ritenuto opportuno utilizzare una cassetta in materiale plastico isolante e di fornirlo di : fusibile da 500 mA, interruttore bipolare 230V, presa omologata 230V.

**Fasi del montaggio.** Si procede nel seguente modo:

1. Fissaggio trasformatore e circuito.
2. Collocamento interruttore e presa da 230 V e collocamento terminali di bassa tensione con relativi LED dimostrativi di funzionamento per ogni tensione supportata.
3. Cablaggio componenti alta e bassa tensione.
4. Foratura della cassetta per garantire la dissipazione del calore.
5. Collaudo e verifica delle tensioni erogate.





**La piastra.** Per quanto riguarda invece la piastra abbiamo ritenuto opportuno fissare solamente la basetta su una cassetta artigianale di legno in modo da evitare possibili danni ai componenti. Non abbiamo ritenuto opportuno isolare drasticamente la stessa in quanto lavoriamo su di essa solo con basse tensioni e piccole correnti.



## IL COLLAUDO GENERALE

Una volta assemblati, cablati, e collaudati singolarmente la piastra e l'alimentatore abbiamo effettuato un collaudo generale del MiniLab.

Avendo realizzato due Minilab, uno per ognuno di noi, per essi abbiamo ottenuto, dai collaudi, valori leggermente diversi per le frequenze del generatore di clock e i due generatori di tensione continua variabile.

**Collaudo piastra Manfredi.** Gli interruttori digitali e i visualizzatori digitali, sia a LED sia a display a LED 7 segmenti funzionano correttamente. Il generatore di clock funziona correttamente su tutte le portate. I segnali visualizzati sull'oscilloscopio risultano di periodo uno doppio dell'altro e di ampiezza 5V.

Valore Capacità	Frequenza clock 1	Frequenza clock 2
470 pF	9,58KHz ÷ 81,37KHz	4,79KHz ÷ 40,69KHz
4,7nF	0,942KHz ÷ 8,72KHz	0,471KHz ÷ 4,36KHz
47nF	62,2Hz ÷ 612Hz	31Hz ÷ 305Hz
470nF	9,51Hz ÷ 90,68Hz	4,75Hz ÷ 45,3Hz

Per entrambi i generatori di tensioni continua variabili si ha una variazione da -10V a +9,92V. La tensione del generatore di tensione di riferimento, dopo averlo tarato, varia da 0V a 9V.

**Collaudo piastra Carpino.** Gli interruttori digitali e i visualizzatori digitali, sia a LED sia a display a LED 7 segmenti funzionano correttamente. Il generatore di clock funziona correttamente su tutte le portate. I segnali visualizzati sull'oscilloscopio risultano di periodo uno doppio dell'altro e di ampiezza 5V.

Valore Capacità	Frequenza clock 1	Frequenza clock 2
470 pF	9,02KHz ÷ 85,00KHz	4,51KHz ÷ 42,53KHz
4,7nF	0,831KHz ÷ 8,54KHz	0,415KHz ÷ 4,27KHz
47nF	61,7Hz ÷ 672Hz	30,7Hz ÷ 334Hz
470nF	8,71Hz ÷ 91,9Hz	4,35Hz ÷ 45,96Hz

Per entrambi i generatori di tensioni continua variabili si ha una variazione da -10V a +10V. La tensione del generatore di tensione di riferimento, dopo averlo tarato, varia da 0V a 9V.