

Criteria di sbrogliatura di un circuito stampato (PCB = Printed Circuit Board)

Uno dei disegni che il tecnico elettronico è sovente chiamato ad eseguire la sbrogliatura dello schema elettrico di un certo circuito elettronico.

Indubbiamente lo studio per realizzare un circuito stampato sarà tanto più accurato quanto maggiore è il numero di esemplari che si dovranno produrre.

Risulta evidente che anche pochi minuti risparmiati con una produzione composta da 4000 o 5000 esemplari danno come risultato finale alcune giornate di lavoro risparmiate con conseguente riduzione dei costi di produzione.

Importante è la scelta del tipo di montaggio; fondamentale risulta la scelta possibile tra il montaggio su chassis (contenitore) ed il montaggio su circuito stampato, ormai divenuto lo standard.

In particolare, si sceglierà il montaggio su circuito stampato in tutti quei casi in cui il circuito sia a transistori e/o integrati e non vi siano in gioco tensioni elevate o forti correnti. Si sceglierà lo chassis normale in tutti gli altri casi. Un particolare tipo di montaggio invece è adottato in quelle apparecchiature industriali nelle quali le correnti in gioco sono molto forti ed anche le tensioni sono sovente elevate.

Diversamente si presenta inoltre il montaggio di circuiti ad alta frequenza (A.F.) nei quali si deve curare la riduzione al massimo delle capacità parassite piuttosto che la disposizione ordinata e razionale.

Dimensioni d'ingombro

Particolare cura va posta nel conoscere le dimensioni di ingombro dei vari componenti, in primo luogo per poter determinare l'ingombro di tutta l'apparecchiatura ed in secondo luogo per poter assegnare a ciascun componente lo spazio indispensabile per poter essere alloggiato. Nasce quindi la necessità di eseguire gli schemi di montaggio, almeno in sede di preparazione, in scala 2:1.

In molti casi però la rappresentazione dei componenti nelle loro particolari forme costruttive risulta molto difficile e richiede notevole spreco di tempo.

COSTRUZIONE DEI CIRCUITI STAMPATI

La preparazione dei circuiti stampati interessa molto da vicino il progettista elettronico in quanto la sistemazione dei vari componenti nella piastrina non è semplice se si vogliono ottenere tutti quei vantaggi che il circuito stampato può offrire. Uno dei vantaggi principali è la possibilità di meccanizzare il montaggio dei componenti. Questa operazione però è possibile solo se il circuito stampato è stato costruito con tolleranze molto ristrette e con un passo costante per i componenti

Grande importanza acquista quindi l'esatta costruzione del master. Per la sua preparazione esistono sostanzialmente quattro metodi:

1) *disegno su carta bianca in scala ingrandita* con china o altri inchiostri (metodo artigianale). Si presta solo per piccole serie e per montaggio manuale dei componenti.

2) *disegno su lucido speciale indeformabile retinato* sia con inchiostri che con speciali nastri adesivi. Si presta molto bene per piccole e per medie serie e per il montaggio manuale dei componenti e/o per montaggio tramite macchina utensile.

3) *disegno su supporto in poliestere*. Su questo supporto è solo possibile lavorare con nastri adesivi in plastica oppure con i trasferibili. Ha le stesse caratteristiche pratiche del secondo

4) *disegno utilizzando un computer* con un apposito programma (esempio ORCAD PCB).

Griglia di riferimento

L'uso della griglia di riferimento è un passo essenziale per la preparazione dell'artwork o *master* (disegno in scala delle aree e piste metalliche utilizzate per collegare i componenti secondo lo schema elettrico). Una griglia consiste in una serie di linee parallele orizzontali e verticali con una distanza tra le stesse sempre costante e pari a 0.100" (**100 mils = 2,54 mm.**) oppure a 0.050" (50 mils = 1,27 mm.) oppure a 0.025" (25 mils = 0,635 mm.). Le griglie di riferimento sono disponibili in parecchi differenti tipi di materiale.

Il motivo per cui la griglia di riferimento è in pollici, risulta perché la maggior parte dei componenti (ad esempio: integrati, resistenze, condensatori, transistor, ecc.) hanno i piedini con un passo (distanza tra i terminali) in sottomultipli dei pollici. Inoltre le macchine per l'assemblaggio meccanico sono quasi tutte di produzione statunitense.

La griglia di riferimento è molto importante, poiché permette l'esecuzione del disegno senza dover fare operazioni di riportare in scala. Nell'operazione di riproduzione fotografica questo reticolo però non viene riprodotto.

Passo dei componenti

Il passo dei componenti discreti, come condensatori e resistenze, varia secondo le diverse aziende costruttrici ed è legato alle macchine che eseguono la piegatura dei componenti stessi.

Molto più importante risulta il passo dei connettori. Tutte le dimensioni di questi connettori sono elencate con precisione sui cataloghi delle ditte costruttrici. Per la tracciatura di questi attacchi a connettore, si consiglia di tracciare con precisione gli interessi delle lamelle esterne, nell'interno delle quali si tracceranno poi le altre.

Il tecnico che dovrà fare la riduzione fotografica si baserà sulle dimensioni del connettore anziché sulle dimensioni del circuito stampato, essendo questo più importante.

Scale

I circuiti stampati, al fine di ridurre gli errori, devono essere fatti su scala con rapporti di 2:1 o 4:1. In questo modo tutti gli errori vengono ridotti della metà oppure di 1/4.

CIRCUITI STAMPATI con doppio supporto di rame

Quando il circuito stampato risulta molto complesso, per cui sono impossibili gli incroci, si ricorre a supporti rivestiti da tute e due le parti di rame.

Indubbiamente per ogni facciata deve essere preparato un apposito master.

Un particolare provvedimento verrà poi adoperato dalla azienda che tratterà il circuito stampato per ottenere i collegamenti elettrici tra le piste in rame di una facciata con le piste in rame della facciata opposta. Tutti i processi che seguono la preparazione del "master" interessano non più il tecnico elettronico bensì una particolare categoria di tecnici specializzati nei processi di fotografia, incisione, trattamenti superficiali per i circuiti stampati, ecc. Al tecnico elettronico non interessa neppure più la foratura del circuito stampato in quanto le ditte produttrici sono attrezzate con macchine automatiche per eseguire questa operazione.

Il tecnico elettronico in sede di progetto è interessato ancora ad operare una scelta, ed è la scelta del tipo di supporto e dello spessore del rame del circuito stampato.

I supporti più adoperati sono quelli *fenolici* e quelli *epossidici*. I supporti fenolici presentano elevate proprietà dielettriche, in special modo un basso valore della tangente dell'angolo di perdita sia a frequenza industriale che alla A.F. Vengono adoperati per i circuiti normali sia nel campo radio che in quello industriale. I supporti epossidici con supporti in tessuto di vetro sono dotati di una alta stabilità e di una alta resistenza termica e meccanica.

Vengono impiegati per circuiti stampati di apparecchiature professionali, militari, aeronautiche, ecc. anche se la tendenza attuale è quella di utilizzarli per piccole produzioni.

La larghezza dei conduttori è direttamente legata allo spessore del foglio di rame e quindi al massimo valore di corrente utilizzabile.

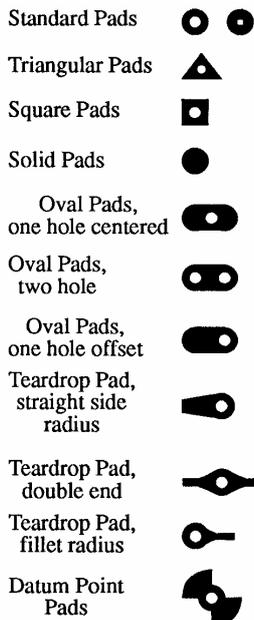


Fig. 1

COMPONENTI PER LA COSTRUZIONE DEL MASTER

Oggigiorno la costruzione del master è ottenuta quasi esclusivamente impiegando dei componenti trasferibili prodotti da aziende specializzate (esempio: R41, Letraset, Bishop, ecc.), anche economici data l'elevata produzione. Tra gli elementi più comuni figurano:

a) **PIAZZOLE** sono normalmente di forma circolare, con dimensioni che vanno da un millimetro di diametro a qualche decina di millimetri. Possono avere il foro interno o esserne prive. Sono anche disponibili piazzole con forme diverse da quella rotonda ed alcuni esemplari sono riportati in fig. 1

b) **PISTE**: sono nastri di plastica adesiva di diversa lunghezza che possono essere curvati a piacere, oppure si presentano come delle linee che risultano trasferibili sul foglio di disegno esercitando una lieve pressione. Le dimensioni disponibili vanno da larghezze di qualche decimo di millimetro a parecchi millimetri (fig. 2).

c) **CURVE, DERIVAZIONI, CONNETTORI**: sono normalmente elementi a piccolo raggio e di grande precisione (fig. 3).

d) **PIAZZOLE PER INTEGRATI E TRANSISTOR**: possiedono un passo adeguato per inserire correttamente questi due elementi (fig. 4).

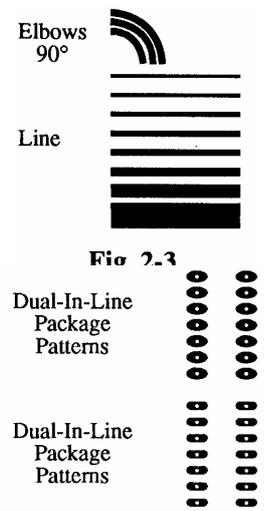


Fig. 4

LA COSTRUZIONE INDUSTRIALE DEI CIRCUITI STAMPATI

Si descrive qui brevemente l'intero processo di fabbricazione dei circuiti stampati adoperato dalla Zincocelere di Cavaglià (VC). Il processo permette una costruzione in serie di migliaia e migliaia di esemplari con costi di produzione veramente competitivi.

Il processo si riferisce alla produzione di circuiti stampati con doppio strato di rame (bifaccia).

1) **La preparazione del master**, di cui si è già parlato, viene fatta dal tecnico elettronico il quale, in sede di progetto, fissa anche le tolleranze tra i fori o segni di riferimento.

2) **Esame del master**, il costruttore del circuito stampato normalmente accetta le tolleranze finali da colui che ha preparato il master, però si premunisce contro possibili errori del master stesso. Il controllo è fatto con macchine molto precise di tipo ottico (coordinatografi).

3) **Preparazione dell'art-work**, questa operazione consiste nel ridurre fotograficamente il master alle dimensioni volute. A questa operazione segue nuovamente un controllo accurato delle dimensioni e delle distanze tra i punti di riferimento.

4) **Preparazione del nastro e foratura**, si è detto che in questa descrizione delle operazioni ci si riferisce a circuiti stampati con doppia superficie di rame. I fori pertanto dovranno unire le piste che si trovano tanto da una parte che dall'altra del supporto isolante. Questo richiede la metallizzazione dei fori. La foratura pertanto risulta la prima operazione da eseguire (e non l'ultima, come accade per i circuiti stampati a una sola superficie di rame). La foratura avviene con macchine automatiche con controllo numerico e più teste lavorano in tandem. La posizione dei fori alla macchina foratrice viene data in coordinate cartesiane mediante nastro perforato. La preparazione del nastro, e di conseguenza il rilievo delle coordinate dei fori, viene fatta con apposite macchine a visualizzazione ottica e rilevamento delle quote elettronico. Dopo la foratura e prima di passare alle successive operazioni, si esegue un controllo della qualità della foratura.

5) **Metallizzazione dei fori**, questa operazione ha inizio con la deposizione di alcuni μ di rame chimico nell'interno dei fori e con particolari bagni galvanici. Questi pochi μ sono sufficienti per permettere di passare dalla deposizione chimica alla deposizione elettrolitica fino al raggiungimento dello spessore di 25μ di rame nell'interno dei fori. Questa deposizione di rame avviene non solo nei fori ma su tutta la superficie di rame.

6) **Trasporto del tracciato dell'art-work sulla superficie del rame al fine di ricavarne le piste, le piazzole, ecc.** Il trasporto può avvenire:

a) **per stampa serigrafica**: con questo metodo si riporta sulla superficie di rame che deve essere asportata uno strato di inchiostro acido-resistivo. Questo metodo, che permette una alta velocità di lavoro, non assicura però forti precisioni.

N.B. nella produzione di piccole serie, l'inchiostro acidoresistivo è depositato sulla superficie di rame che deve rimanere (piste, piazzole, ecc.).

b) trasporto fotografico: due sono i sistemi adoperati per rendere fotosensibile la superficie del rame:

- distribuzione uniforme di un particolare prodotto fotosensibile denominato fotoresist (piccole serie)
- laminazione di un polimero fotosensibile sulla superficie del rame (serie grandi).

A questa operazione segue la stampa fotografica per contatto e successivo sviluppo. Segue ancora un controllo della qualità della stampa con eventuale ritocco nel caso ve ne fosse la necessità.

7) Protezione del circuito definitivo: questa protezione si ottiene depositando una lega di stagno e piombo (60/40) su tutte le superfici che a lavoro ultimato formeranno il circuito stampato. Questa lega non sarà intaccata dagli acidi che poi intaccheranno il rame da asportare.

8) Asportazione o dell'inchiostro depositato per stampa serigrafica o del fotoresist o del polimero fotosensibile, in questo modo si libera tutto il rame che dovrà essere asportato nella successiva operazione.

9) Incisione (etching) del rame con cloruro ferrico, persolfato di sodio o altri preparati. Con questa operazione si toglie tutto il rame che non fa parte del circuito stampato.

10) All'operazione dell'incisione segue quasi sempre una rifusione della lega stagno-piombo che è servita per proteggere il circuito stampato per l'operazione di incisione. Con questa rifusione si ottengono miglioramenti nell'aspetto della superficie ed il livellamento della superficie stessa.

11) Per i circuiti stampati che nella fase di montaggio vengono saldati a bagno di stagno, conviene limitare, per fini di economia, la zona di saldatura alle sole piazzole. Si ottiene questo deponendo uno strato di solder-resist in tutte quelle parti in cui non si vuole che lo stagno di saldatura aderisca.

12) Tranciatura del contorno: con questa operazione si definisce esattamente, mediante stampi o particolari trince, il contorno esatto del circuito.

13) Doratura della morsettiere: per eseguire questa operazione occorre prima togliere lo stagno-piombo che ricopre la morsettiere, e questo viene fatto per via elettrolitica. Sul rame metallico così ottenuto viene deposto uno strato di nichel per impedire che oro e rame formino un'amalgama. Successivamente si compie il rivestimento d'oro, la protezione delle parti che non devono essere dorate si ottiene con speciali nastri adesivi.

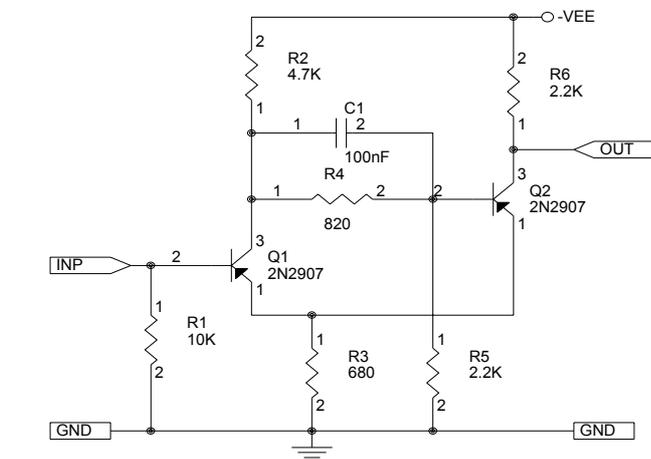
a) Circuiti stampati multistrati (multilayers): con l'aumentare dell'uso dei circuiti integrati e dei componenti SMD (Surface Mounted Devices), si sono ridotte pure le dimensioni dei circuiti stampati. La riduzione delle dimensioni del circuito stampato ha ridotto anche lo spazio disponibile per le piste che realizzano tutti i collegamenti tra i diversi componenti. Pertanto, dai circuiti con il rame da ambo le parti si è passati ai circuiti multistrati che permettono un'alta concentrazione dei componenti e di conseguenza una forte riduzione negli ingombri dei circuiti stampati. I circuiti multistrati si ottengono sovrapponendo ed incollando diversi fogli di supporto base.

SBROGLIATURA di uno schema elettrico (DESIGN CRITERIA)

Questo capitolo vuole essere solo una guida iniziale alla sbrogliatura dei circuiti stampati, perché lo "stato dell'arte" viene continuamente aggiornato con la complessità dei componenti, attrezzature, materiali e processi utilizzati giornalmente nel campo dell'elettronica.

L'applicazione delle norme elencate permetterà di ottenere dei "master" con buona facilità, evitando tutti quei difetti che ne possano compromettere il funzionamento.

Un primo semplice metodo consiste nello sbrogliare il circuito ponendo i componenti pressoché nelle stesse posizioni dello schema elettrico, operando i minimi cambiamenti necessari. Si ottiene una situazione come quella illustrata in fig. 6. Per giungere allo sbrogliato di questo schema elettrico (fig. 5) occorre meno di mezz'ora: basta disegnare i componenti (che per semplicità abbiamo supposto tutti di uguali



TRIGGER

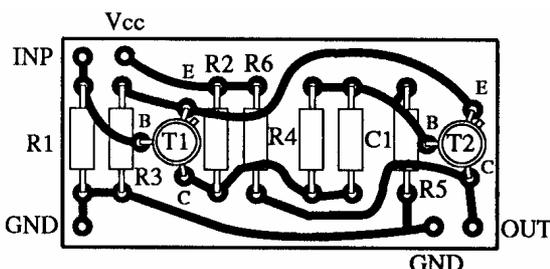


Fig. 7

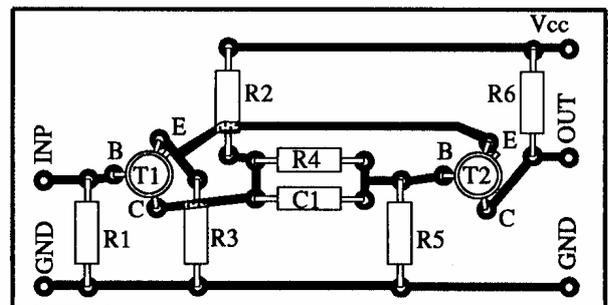


Fig. 6 - Sbrogliato eseguito con le stesse posizioni che i componenti hanno nello schema elettrico

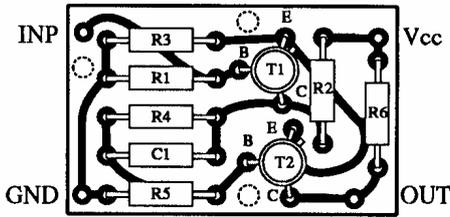


Fig. 8 a

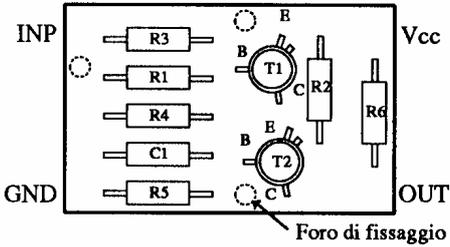


Fig. 8 b

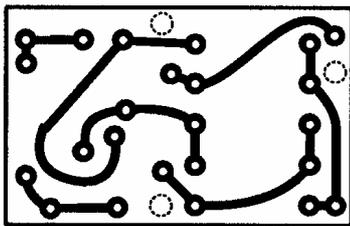


Fig. 8 c

(25%), ma richiede un lavoro più lungo e molti tentativi infruttuosi. In questa versione tutti i componenti sono disposti in modo che non risulta più possibile una comparazione tra la disposizione dei componenti sullo schema elettrico e il circuito stampato. Indubbiamente il risultato finale ha un aspetto molto più "professionale" del primo circuito stampato, tuttavia anche esso è ancora migliorabile. Ne varrebbe la pena se questo circuito stampato fosse prodotto in grande serie.

In alcuni casi, soprattutto dai dilettanti, si preferisce fabbricare un circuito *all'inglese*, cioè asportando la minima quantità di rame possibile dal laminato. Ciò equivale a dire che si dà ai conduttori la maggior estensione possibile, ovvero che si tracciano non i conduttori, ma le loro separazioni. (vedi fig. 9). Verranno ora esposti alcuni criteri generali da seguire nella *sbrogliatura*. Di tutto il ciclo di preparazione del *master pattern* questa operazione è la più complessa, perché deve tenere conto di nume-

dimensioni, eccetto i transistor) in modo che non interferiscano tra loro e che sia possibile tracciare i conduttori senza che si intersechino o creino punti in cui l'isolamento è insufficiente. Per un circuito di questo tipo, destinato a lavorare in bassa tensione (esempio: 20 Volt) e basse correnti (pochi milliampere), qualsiasi larghezza di piste andrà bene. Anche se lo spessore delle piste sarà (come nella maggior parte dei circuiti stampati monofaccia) di circa 35 μ (1micron = 10⁻⁶ cm), potremo assumere una larghezza delle piste attorno al millimetro; dello stesso ordine di grandezza sarà l'isolamento minimo.

Trovata la posizione di massima dei componenti, si eseguirà un disegno in scala 2:1 o maggiore per verificare che tutte le piste possano correre senza interferenze o isolamenti critici, tenendo conto che attorno ai fori dovranno essere realizzate le piazzole, a queste possiamo assegnare un diametro di circa 2,5 mm. È bene lavorare, anche in questa fase iniziale con due colori; ad esempio: in nero si disegnano i componenti in posizione corretta su di foglio di carta lucida, mentre in colore rosso si sovrappone un altro foglio lucido con il percorso che devono effettuare le piste e l'indicazione delle piazzole. Ciò permette una rapida verifica del lavoro eseguito, ed una più veloce correzione in caso di errori. Il risultato della fig. 7 non può certo soddisfare; troppo spazio è stato perso per eseguire il tracciato dello schema elettrico per cui l'area occupata dai componenti risulta appena il 17% del totale. Può comunque essere considerato un punto di partenza. Per successivi tentativi si può giungere alla situazione illustrata nella fig. 8, nella quale l'area occupata dai componenti è decisamente superiore

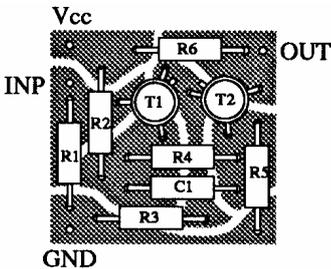


Fig. 9 a

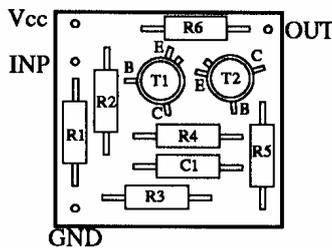


Fig. 9 b

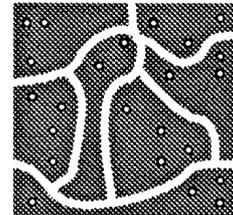


Fig. 9 c

rosissimi fattori, quali ad esempio:

- a) tipo di prodotto (standard di qualità, affidabilità, sicurezza, omologazioni, ecc.;
- b) volumi di produzione previsti;
- c) mezzi di produzione e grado di automazione desiderabile; d) tipo di manutenzione prevedibile: intervento presso il cliente, trasporto in laboratorio di un modulo o di tutta l'elettronica, rinvio alla produzione, riparazione da parte di negozi e/o concessionari senza preparazione diretta, ecc.;
- d) ambiente in cui lavorerà il prodotto (inclusi urti e vibrazioni);
- e) maneggevolezza e trasportabilità;
- f) vincoli elettrici imposti dal progettista: necessità di zone di rame come schermi di massa o dissipatori termici, possibilità di disturbi indotti da una pista in un'altra, ecc.;
- g) presenza di connettori e/o moduli o punti che devono presentare una posizione particolare;
- h) possibilità di smaltimento del calore generato dai componenti e dalle piste;
- i) distanza minima d'isolamento da parti metalliche;
- j) distanza minima da parti sensibili al calore.

Non è affatto raro che per conciliare tutti questi requisiti una piastra apparentemente semplice abbia poi una sbrogliatura molto laboriosa, soprattutto se il lavoro viene eseguito tenendo conto di alcune regole che sono d'obbligo nel campo professionale.

Non sono assolutamente ammessi ad esempio scavalcamenti fra componenti né sovrapposizione di reofori anche se elettricamente connessi fra di loro. Ogni foro ospiterà un solo reoforo di un componente, così come ogni reoforo dovrà terminare in un foro e non con una saldatura volante su un altro reoforo. I componenti assiali avranno entrambi i reofori in linea con il loro corpo.

Il procedimento di sbrogliatura si svolge attraverso una sequenza di fasi, di affinamenti successivi che varia secondo l'abilità e l'esperienza di chi esegue il lavoro. Si riportano le otto fasi principali per ottenere dei buoni risultati; alcune però possono essere superflue in casi particolari.

Determinazione dell'area dei componenti

Ha lo scopo di preparare i dati per la fase successiva. Componente per componente, viene stabilita l'area occupata sulla piastra misurandolo o prendendo i dati da catalogo. Si noti che ogni componente va proiettato idealmente sul circuito stampato *vedendolo dall'alto* nel modo in cui sarà montato.

Tutti i componenti saranno assimilati a figure geometriche semplici: i transistor ad un cerchio, i componenti assiali con montaggio orizzontale ad un rettangolo, i circuiti integrati ad un rettangolo, ecc. Occorre però prevedere le tacche di riferimento per i transistor, diodi e integrati mentre verrà indicato il terminale positivo nei condensatori elettrolitici.

Dimensionamento di massima del circuito stampato

Salvo la presenza di vincoli meccanici particolari, esiste un rapporto abbastanza costante fra l'area occupata dai componenti e l'area totale utile dello stampato (cioè destinata ad ospitare i componenti).

Nello stabilire le dimensioni dei circuiti stampati ci si atterrà a delle norme di praticità ed economia. Sono molto adoperati, e pertanto sono anche disponibili in commercio, adatti contenitori per schede di dimensioni 100x160 mm (EUROCARD) e i suoi multipli.

Montaggio orizzontale o verticale

Nota in prima approssimazione le dimensioni della piastra, si può valutare se conviene di più montare i componenti verticalmente od orizzontalmente.

Si tenga presente che il montaggio verticale presenta in pianta una minore area occupata, ma ha i seguenti grossi svantaggi: minor affidabilità (soprattutto in presenza di vibrazioni), maggior difficoltà di sagomatura dei componenti e montaggio nella maggior parte dei casi manuale e non automatico dei componenti.

Calcolo dei volumi

Sovente lo spazio è limitato, per cui esistono vincoli sia sulle dimensioni orizzontali della piastra sia sul suo volume. Occorre considerare come volume quello che può occupare la piastra nelle condizioni più sfavorevoli. Per i componenti montati orizzontalmente, la massima altezza dello stampato sarà pari al diametro del componente maggiore, inoltre occorre tenere conto che il circuito stampato può imbarcarsi durante l'uso.

Scelta fra una o più piastre

Per ragioni di forma del volume disponibile, manutenibilità, modularità di certe parti, ecc. può essere conveniente sbrogliare il circuito su due o più piastre anziché su una sola. A favore della soluzione a piastra unica, vi è la minor superficie complessiva, il risparmio di connessioni tramite connettori e un certo risparmio nei costi di produzione. Nella soluzione con due o più piastre si avrà una sbrogliatura più semplice, una fabbricazione del circuito stampato meno impegnativa, una migliore collaudabilità e più semplice diagnosi degli errori, una più rapida manutenzione con un minor tempo di "fermo macchina".

Numero di facce del circuito stampato

Fin dove si intravede la possibilità di riuscire a sbrogliare un circuito monofaccia è chiaro che conviene seguire questa ipotesi; in tutti gli altri casi si dovrà lavorare con circuiti a doppia faccia oppure, in caso di schemi molto complessi, di circuiti multistrato. Si ricordi che in linea di massima la manodopera di montaggio di una piastra ha un costo globale pari al 20-45% del costo dello stampato nudo, per cui un leggero aumento (ad esempio per la necessità di montare dei ponticelli di rame) può essere trascurato di fronte ad un risparmio certo sul costo del circuito stampato.

Dimensionamento per le piste, fori e piazzole

Una volta stabilito se lavorare su una o due facce, occorre, sulla base del grado di complessità dello sbrogliato che ne esce, scegliere quale è il grado di finezza che deve possedere il *pattern*. Si tratta ancora una volta di una scelta di massima: tutto il lavoro di sbrogliatura si fa per tentativi e ad ogni passo può essere necessario ripartire dall'inizio.

La scelta del tipo di circuito stampato deve essere guidata da rigidi criteri di economicità. Ogni singolo parametro del circuito stampato deve essere considerato nella sua influenza che avrà sul costo totale.

Le dimensioni delle piste saranno scelte sia in funzione delle correnti che vi circolano (sezione) sia in funzione della stabilità meccanica delle piste stesse nel supporto. Per la scelta della distanza tra le piste si dovrà tenere presente sia il problema dell'isolamento elettrico, sia il problema che all'atto della saldatura non si formino ponticelli di stagno tra una pista e l'altra. Per il problema dell'isolamento, si tenga presente, come dato orientativo, che per una d.d.p. di 100V tra una pista e l'altra, richiede una distanza minima tra le piste di 1,5 mm. La lunghezza delle piste dovrà essere quanto più contenuta possibile; si eviteranno così falsi accoppiamenti e relative cadute di tensione.

Esecuzione dello sbrogliato

Si può a questo punto iniziare la sbrogliatura vera e propria. Una regola base è di iniziare con la disposizione dei componenti che devono essere vincolati al resto della macchina, quali ad esempio connettori, zone di appoggio o sostegno, organi di manovra o comando (potenziometri, interruttori, ecc.), eventuali contatti striscianti.

In una seconda fase si collocheranno i fori di fissaggio meccanico, eventuali asole, cave, ecc. Presubilmente intorno a questi elementi si avrà una zona vuota, nella quale non devono essere presenti componenti (al massimo si può prevedere il passaggio delle piste).

Resterà a questo punto un'area netta, nella quale possono trovare posto tutti gli altri componenti. Ricordiamo alcune situazioni tipiche che si presentano:

1) *fori di montaggio*: diametro preferito 3,175 mm. (0.125"); posti possibilmente lungo il lato maggiore; il loro centro deve distare dal bordo almeno 1,5 diametri e mai meno del raggio più 2 mm.; attorno ad essi è bene prevedere assenza di componenti per un'area circolare di diametro pari a quello del foro più 2 mm. minimo.

2) *fori meccanici*: si accompagnano in genere ad un appoggio da un lato e chiusura con dado e rondella dall'altro: ciò delimita una zona circolare che deve essere esente da componenti ed eventualmente anche da piste.

3) *asole, cave, ecc.*: occorre verificare caso per caso la loro funzione e quindi la possibilità di dover vincolare una zona circostante;

4) *appoggi*: se sono sul lato componenti è possibile utilizzare tale zona per passaggio di piste; se sono sul lato saldature è possibile scavalcarli con componenti. È bene che gli appoggi tocchino una zona esente da piste, onde evitare che si creino con la sporcizia e condensa dei falsi contatti.

5) *bordo*: in funzione dei sistemi di produzione e di fissaggio della piastra nel prodotto finale occorre lasciare una zona assente da componenti che varia da 2 a 5 mm.; eventualmente essa potrà essere utilizzata come passaggio di piste qualora ciò non presenti pericoli di cortocircuito. È bene che anche le piste rientrino di almeno 1,5 mm. dal bordo perché durante l'operazione di tranciatura della piastra sono sollecitate a delaminarsi (staccarsi).

Per circuiti complessi è normale operare lo sbrogliato vedendo il circuito finito dal lato componenti, per trasparenza, come si è fatto negli esempi già visti. Ciò per tradizione e perché la disposizione dei componenti tipo circuiti integrati è sempre fornita sui cataloghi vedendo il componente dall'alto, come apparirà una volta montato e saldato.

Si opera quindi su di un foglio di carta trasparente o traslucida in modo che guardando dal retro il lavoro fatto si abbia la vista della saldatura. Naturalmente eventuali scritte si vedranno al contrario, ma ciò non è un problema grave e genera meno errori che dover disegnare tutto lo stampato con una inversione destra-sinistra.

Se il circuito fosse *doppia faccia*, si lavorerà con *tre fogli di lucidi*: su di un primo lucido verranno disegnati gli ingombri di tutti i componenti e si chiamerà "**vista componenti**" (SILKSCREEN); sul secondo foglio si disegneranno tutte le piste e piazzole che dovranno essere disposte sul "**lato saldature o lato rame**" (SOLDER SIDE); sul terzo foglio si disegneranno tutte le piste e piazzole che dovranno essere disposte sul "**lato componenti**" (COMPONENT SIDE). Si proseguirà poi a tracciare le piste sui due fogli, in orizzontale su uno ed in verticale sull'altro e si lavorerà preferibilmente con 3 colori differenti: *nero* per i componenti, *rosso* per le piste lato rame e *blu* per le piste lato componenti. Risulta sottinteso che per ottenere una maggior precisione occorre disporre di un reticolo con passo 2,54 mm. (100 mils) almeno da posizionare sotto ai vari fogli traslucidi.

Occorrerà prestare attenzione alla collocazione delle piazzole sul lato saldatura, perché limitano la possibilità di passaggio di piste, anche i fori di interconnessione tra le due facciate della piastra dovranno essere posti con oculatezza: non potranno essere posizionati sotto i componenti che possiedono un corpo non isolante (ad esempio alcuni condensatori elettrolitici). In tutti i casi un montaggio molto più facile e più ordinato si avrà se si tengono presente le seguenti considerazioni:

a) i componenti assiali devono essere posizionati tutti paralleli tra di loro; al massimo si possono porre lungo due direzioni a 90° fra loro (fig.10 a - b - c - d - e);

b) i componenti assiali orientati (ad esempio quelli polarizzati: i diodi, condensatori elettrolitici, ecc.) sono anche equivalenti almeno per ogni tipo di famiglia (cioè il verso dei diodi non è necessariamente quello dei condensatori elettrolitici) fig.11 a - b - c - d;

c) i transistor possiedono tutti l'emettitore orientato nella stessa direzione (fig.11 a - b - c - d);

d) i contenitori degli integrati DIL (*dual-in-line*) sono tutti paralleli fra loro ed orientati nella stessa direzione (fig.12 a - b - c - d);

e) per ogni componente con più di due reofori deve essere rispettato il suo particolare reticolo di inserimento (il montaggio deve avvenire senza alcuna sollecitazione pericolosa dei reofori o del contenitore);

f) tutti i componenti assiali possiedono lo stesso passo di inserzione, o un numero limitato di passi, tutti di valore pari ad un multiplo del passo del reticolo 2,54 mm. (100 mils = 0.100");

g) si tenga conto delle eventuali esigenze di montaggio con apparecchiature automatiche e saldatura ad onda.

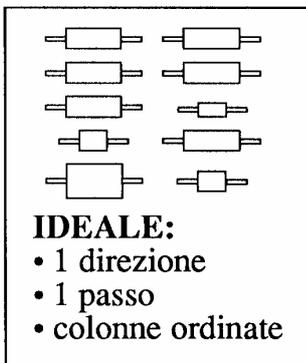


Fig. 10 a

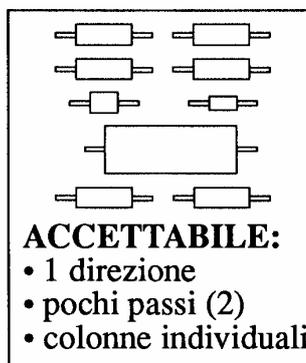


Fig. 10 b

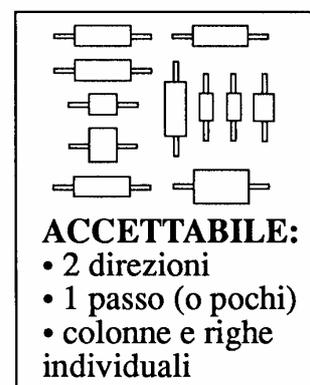


Fig. 10 c

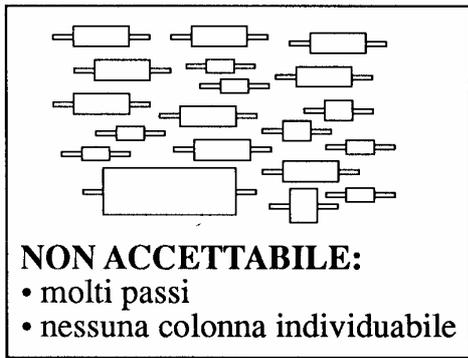


Fig. 10 d

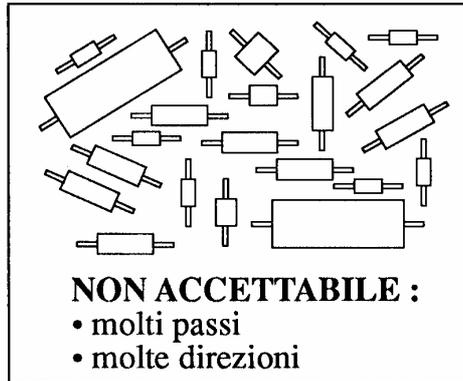


Fig. 10 e

Disposizioni preferenziali dei componenti sul circuito stampato durante la sbrogliatura.

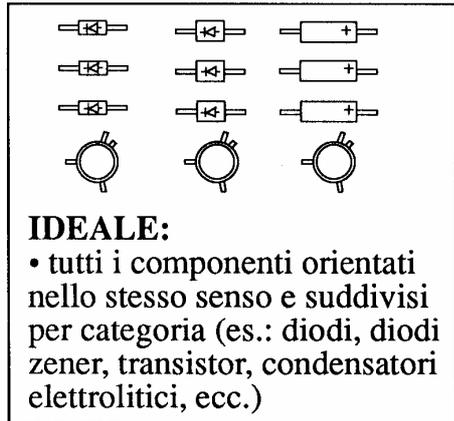


Fig. 11 a

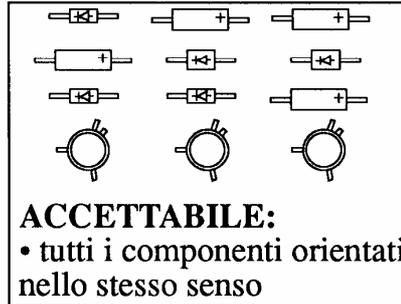


Fig. 11 b

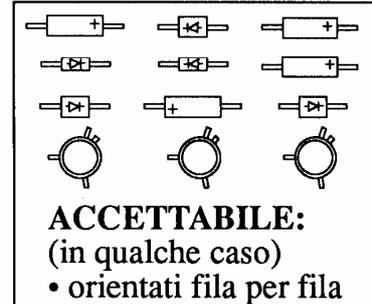


Fig. 11 c

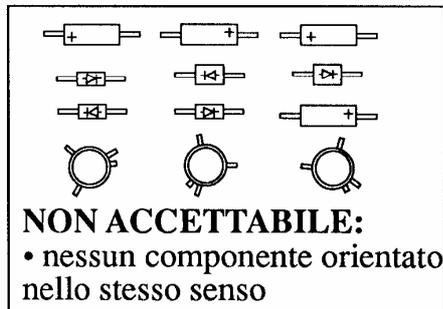


Fig. 11 d

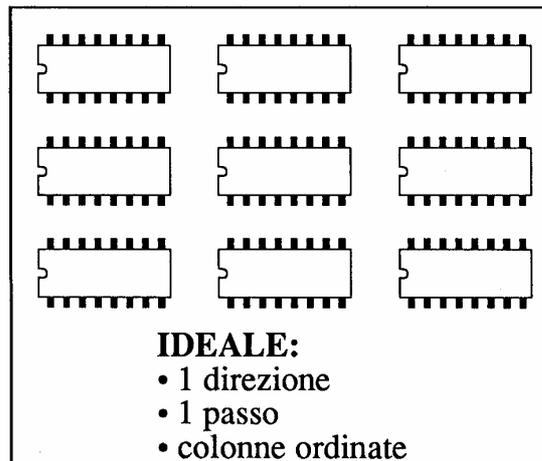


Fig. 12 a

Verifica del circuito stampato (LAYOUT CHECKLIST)

In generale:

- 1) Lavorate con un griglia di riferimento, con una scala di almeno 2:1. Verificare se avete identificato e indicato correttamente il nome dei vari fogli di lavoro (esempio: *LC = piste lato componenti, LS = piste lato saldature, VC = vista componenti, ecc.*)?
- 2) Avete controllato l'esattezza di *tutti i collegamenti elettrici* utilizzando una fotocopia dello schema elettrico ripassando con un pennarello colorato rosso i collegamenti che sono stati verificati?
- 3) Avete indicato le dimensioni reali totali della piastra, la posizione dei fori di montaggio, ecc.?
- 4) Risulta il circuito stampato appena terminato compatibile con il procedimento di fabbricazione utilizzato dal vostro fornitore?

Per i componenti:

- 1) Tutti i componenti utilizzati nello schema elettrico sono stati inclusi nello sbrogliato?
- 2) Sono corrette le dimensioni di tutti i componenti in riferimento alla scala d'ingrandimento utilizzata?
- 3) La disposizione dei componenti sulla piastra risulta razionale e corretta?
- 4) La distanza che esiste tra i componenti è corretta in relazione alla dimensione della scheda?
- 5) Sono state indicate correttamente tutte le polarità dei componenti polarizzati (integrati, transistor, diodi, diodi zener, condensatori elettrolitici, ecc.)?
- 6) Sono state rispettate le eventuali condizioni particolari richieste nel posizionamento di componenti (dissipatori di calore, supporti particolari, ecc.)?

7) Esiste la possibilità di un facile accesso ai componenti per ispezione, dopo che la scheda sia stata installata nell'apparecchiatura?

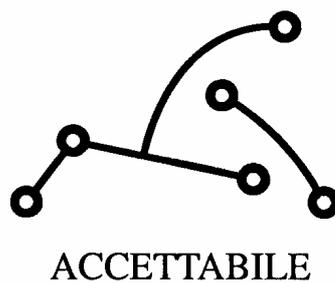
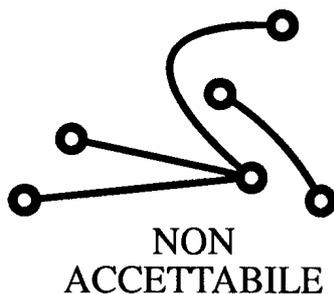
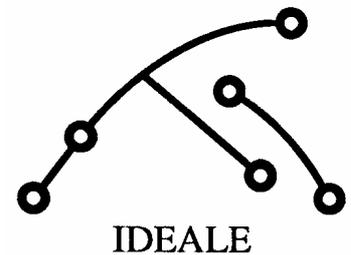
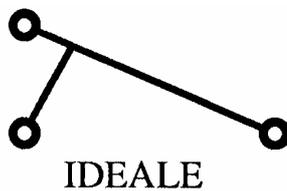
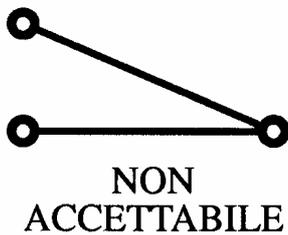
8) Risulta rispettata la distanza minima imposta tra i bordi della piastra (fori di montaggio, fori meccanici, ecc.) e la sagoma dei componenti?

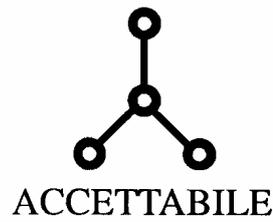
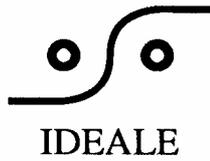
Per i fori:

- 1) Sono tutte le piazzole ed i fori posizionati correttamente sulla griglia di riferimento?
- 2) È stato previsto una separata piazzola per ogni terminale di componente, per ogni cavo di in/out o per l'alimentazione?
- 3) Sono stati indicati tutti i tipi e le dimensioni dei fori metallizzati e delle piazzole, ed inoltre corrispondono alle specifiche imposte dal progetto?
- 4) Sono state rispettate le zone riservate in cui non è possibile posizionare delle piazzole o dei fori metallizzati?
- 5) Sono state rispettate le distanze minime previste tra due piazzole e/o fori metallizzati?

Per le piste e conduttori:

- 1) Sono stati indicati tutti i tipi e la larghezza delle piste utilizzate, ed inoltre corrispondono alle specifiche imposte dal progetto?
- 2) Le piste sono state sbrogliate secondo il metodo migliore (minima quantità di ponticelli, più corte possibili e ottimizzando il percorso, evitando lunghi percorsi paralleli per i bus, arrotondando le curve, evitando gli angoli acuti, ecc.)?
- 3) I punti critici del circuito sono stati sbrogliati in modo corretto (massima lunghezza conduttori ammessa, collegamenti corretti delle masse, rispetto dell'isolamento minimo tra piste, piani di massa collegati correttamente, corretta distribuzione dell'alimentazione, isolamento perfetto dei piani di raffreddamento)?
- 4) È indicata chiaramente la differente colorazione adottata per riconoscere i diversi fogli del lavoro: (blu = piste lato componenti, rosso = piste lato saldature, nero = vista componenti)?





COME SALDARE SUI CIRCUITI STAMPATI

Definizioni

Per saldatura s'intende il processo mediante il quale si effettua l'unione di pezzi metallici, sotto l'azione del calore, con o senza apporto di un materiale metallico, in modo che si realizzi, nei tratti di collegamento, la continuità sia meccanica che elettrica tra i pezzi stessi.

Classificazione delle saldature

La classificazione si basa sui diversi procedimenti che possono essere eseguiti nella realizzazione delle saldature:

- saldature per fusione.* Il collegamento avviene, con o senza materiale di apporto, per effetto della fusione localizzata dei lembi dei pezzi che devono essere uniti. Queste saldature sono dette *autogene*.
- saldature a pressione.* I pezzi, portati localmente con il riscaldamento allo stato plastico o anche allo stato di fusione, vengono uniti con l'ausilio di una pressione meccanica o di percussione, generalmente senza materiale di apporto.
- saldobrasature.* I lembi da unire vengono accostati, riscaldati, ma non portati alla fusione; l'unione è effettuata da un materiale di apporto fuso, diverso da quello costituente i pezzi ed avente una temperatura di fusione inferiore.
- brasatura.* Il collegamento tra i pezzi avviene mediante infiltrazione tra i lembi sovrapposti, di un materiale metallico che fonde in conseguenza del riscaldamento delle superfici da unire.

Lo stagno

Il primo elemento fondamentale su cui si basa una saldatura è proprio lo stagno. In commercio esiste una grande varietà di tipi di lega di stagno/piombo. Dovendo acquistare questa lega occorre prestare attenzione nel richiedere una lega almeno al 60/40 (60% stagno e 40% piombo). Evitare di acquistare leghe al 50% o 40%, non solo perché il saldatore per fondere una tale lega deve raggiungere una temperatura più elevata, ma anche perché essa, a contatto con le piste del circuito stampato, si raffredda più rapidamente ed inoltre dopo poco tempo si ossida cosicché tutte le saldature appaiono ossidate e opache. Oltre alla *qualità dello stagno*, dobbiamo tenere presente anche il disossidante racchiuso dentro l'anima interna. Sono rare le ditte che precisano il tipo di *colofonia* utilizzato nell'anima dello stagno (colofonia comune oppure attivata), però è sufficiente effettuare poche saldature per verificare se il disossidante è idoneo per lavorare con i circuiti stampati. Se il disossidante è *attivo* noteremo che in prossimità della saldatura si formerà solo un piccolissimo alone di colore giallo, che è appunto quel po' di disossidante che non è potuto volatilizzarsi. Se proveremo a spingere con la punta di un ago su questo leggero strato, noteremo che esso si sfalda come fosse vetro ed immediatamente si stacca dalla basetta. Questa è la miglior garanzia che lo stagno utilizzato risulta di ottima qualità e che il disossidante offre una elevata resistenza ohmica al passaggio della corrente (cioè si comporti come un buon isolante). Nel caso che il disossidante utilizzato all'interno dello stagno non sia di ottima qualità si potrà notare una eccessiva quantità di residuo sul circuito stampato e se toccheremo questa pasta con la punta di un ago, non solo non si spezzerà, ma lascerà affondare l'ago come fosse gomma o peggio ancora si attaccherà alla sua punta come fosse chewing-gum. Inutile dire che questo tipo di disossidante offre una bassa resistenza ohmica al passaggio della corrente, quindi nel caso si dovesse saldare degli integrati i cui piedini siano molto ravvicinati fra loro, in pratica è come se collegassimo tra questi tante resistenze da 2÷3 KΩ a seconda dello strato di disossidante che si è depositato. È ovvio che in tali condizioni il circuito non potrà funzionare correttamente. Se avete già assemblato dei circuiti utilizzando questo tipo di stagno occorrerà passare sulle piste di rame un batuffolo di cotone imbevuto di *trielina*, poi con una punta di un ago togliere tutto lo strato disossidante presente tra le piste ed infine ripulire la basetta con una spazzola a setole metalliche.

Un'altra regola da tenere sempre presente è quella di non usare mai *pasta salda* per i circuiti stampati. In commercio lo stagno si trova in rocchetti di vario peso con i seguenti diametri: 0,71 - 1,5 - 2 - 3 mm. Per i montaggi elettronici è consigliabile utilizzare il diametro da 0,7 mm. oppure 1 mm. e questo in particolare modo quando si deve saldare i terminali di integrati o transistor.

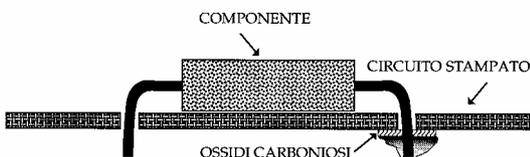


Fig. 14 Se tenete troppo il saldatore sul punto da saldare, lo stagno si attaccherà solo sul terminale, lasciando tra questo ed il circuito stampato uno strato di ossido.

Il saldatore

Più che della qualità e marca del saldatore, si deve parlare a questo punto delle sue dimensioni. Vi sono infatti dei tecnici che dispongono di un saldatore da 100 Watt con una punta del diametro di 6÷8 mm. e lo utilizzano per saldare i pins degli integrati o transistor, ed altri ancora che dispongono di un saldatore da 15 W e lo utilizzano per effettuare le saldature sulle carcasse dei potenziometri.

Nel primo caso anche se la potenza è elevata, si potrebbe ugualmente utilizzare il saldatore per i nostri montaggi, tuttavia una punta così grande non farà altro che sciogliere una quantità di stagno superiore al necessario con la logica conseguenza, quando i terminali sono molto vicini, di saldare involontariamente anche le piste o piazzole adiacenti con conseguente cortocircuito e malfunzionamento dell'apparecchio. Nel secondo caso invece, a causa della potenza troppo bassa, si otterrà sicuramente una *"saldatura fredda"*, cioè una saldatura non perfettamente efficiente e duratura nel tempo. Utilizzandolo per questo scopo il piccolo saldatore si riuscirà ugualmente a far depositare lo stagno sulla carcassa (solo perché il disossidante raffreddandosi agisce come un collante), però se andremo a controllare con un ohmetro si noterà che il più delle volte non esiste un effettivo e duraturo contatto elettrico. Per un tecnico attrezzato sarebbero necessari almeno due saldatori: uno da 100 Watt con una punta a lunga durata dal diametro grande per saldare i fili su ampie superfici ed uno da 20÷30 Watt con una punta a lunga durata del diametro massimo di 2÷3 mm., per effettuare tutte le saldature sui circuiti stampati (consigliati sono i modelli della Ditta WELLER oppure PHILIPS con pulsante 25W o 50W, *in nessun caso si deve utilizzare i cosiddetti "saldatori istantanei"*).

La punta dei saldatori deve risultare sempre pulita e libera da ossidi e residui carboniosi dovuti a scorie di stagno o dalla pasta disossidante. Notare che limando la punta del saldatore per pulirla dai detriti significa in pratica consumare una punta in brevissimo tempo. La soluzione migliore per tenere costantemente pulita la punta del saldatore è invece quella di utilizzare una scatoletta metallica, ritagliando un pezzo di feltro in modo che entri nella stessa, poi mantenere bagnato il pezzo di feltro con dell'acqua e sfregare la punta sul pezzo per ripulirla.

I componenti

I componenti elettronici (resistenze, condensatori, diodi, ecc.) prima di essere applicati sul circuito stampato, necessitano di un piccolo trattamento. Innanzitutto si dovranno piegare i terminali in modo che riescano ad inserirsi esattamente nei fori che loro competono e per questo bisogna cercare di prendere esattamente la misura che intercorre tra i due fori, quindi piegare con le pinze a becco i due terminali a 90° in modo che la distanza tra il corpo ed i punti di piegatura risulti il più possibile uguale. Questo accorgimento serve solo per fornire un'estetica accettabile alla piastra del circuito stampato.

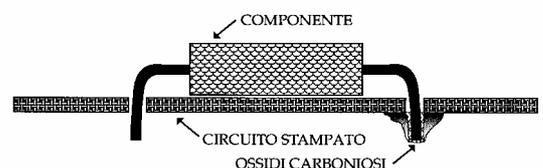


Fig. 15 Se non si pulisce i terminali con carta smeriglio o con una lametta, lo stagno non può depositarsi uniformemente sul reoforo.

Dopo aver piegato i terminali delle resistenze e dei diodi, non si dovranno subito inserire nel circuito stampato e saldarli, ma occorre *eliminare il leggero strato di ossido depositato sui terminali con lo sfregamento della tela smeriglio o il rapido passaggio sui terminali di una lametta o cutter.*

Per evitare che il componente si sfilii durante la saldatura si può divaricare leggermente i reofori, occorre evitare di piegarli a 90° per permettere un'agevole sostituzione del componente in caso di guasto. Nel campo industriale si ha invece la necessità di piegarli a 90° per fissare i componenti alla bassetta che dovrà essere immersa in un crogiuolo pieno di stagno fuso (*saldatura ad onda*).

Quando si collega al circuito stampato dei cavi uscenti da trasformatori d'alimentazione, occorre ricordarsi di raschiare sempre il filo con della carta smeriglio tipo grosso, in quanto quella tipo fine potrebbe non riuscire a scalfire lo strato di smalto isolante che ricopre sempre il cavo. Anche se il filo possiede un colore argenteo (cosa che potrebbe far supporre che risulti già stagnato), occorrerà procedere sempre a raschiarlo, poiché i trasformatori, dopo essere stati

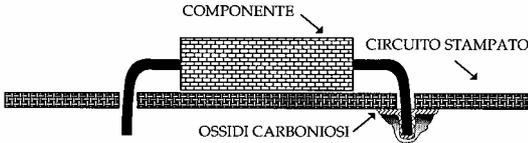


Fig. 16 Se lo stagno viene fuso sulla punta del saldatore e lo si deposita quindi sul punto da saldare, lo strato di ossido rimarrà sia tra il reoforo e lo stagno, sia tra il circuito stampato e lo stagno. In altre parole si ottiene la cosiddetta "SALDATURA FREDDA".

avvolti, vengono immersi in un liquido trasparente ed isolante che serve per fissare i vari lamierini in modo da ridurre le vibrazioni.

Non risulta invece necessario ripulire i terminali dei transistor, integrati e relativi zoccoli, poiché questi vengono realizzati con materiale antiossidante.

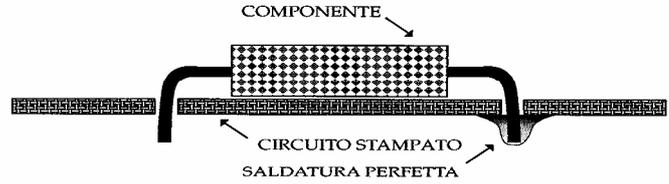


Fig. 17 Appoggiando il saldatore vicino al punto da saldare, a stretto contatto sia della piazzola che del reoforo del componente, e facendo fondere vicino a questo lo stagno, il disossidante brucerà eliminando tutti gli ossidi presenti determinando una "saldatura perfetta".

Come effettuare la saldatura

Per ottenere delle ottime saldature si deve innanzitutto appoggiare la punta del saldatore - *pulita da ogni scoria* - a contatto del terminale da saldare. Appena si sarà fusa una goccia, si dovrà allontanare lo stagno ma occorre tenere ancora la punta del saldatore appoggiata tra il terminale del componente e la relativa piazzola per qualche secondo, in modo che il disossidante contenuto all'interno dello stagno possa combinarsi con gli ossidi metallici ancora presenti sul terminale e sulla pista di rame del circuito stampato trasformandoli in resinati metallici.

In altre parole il disossidante, liquefacendosi con il calore del saldatore, brucerà gli ossidi metallici presenti sulle due superfici che si vogliono saldare.

Dopo qualche istante si vedrà lo stagno che si espanderà sulla pista o piazzola come se fosse una goccia d'olio. Quando lo stagno si sarà ben distribuito sulla pista attorno al terminale, potrete togliere il saldatore con la certezza di aver eseguito una saldatura perfetta. Non preoccupatevi se il tempo necessario per ottenere questo vi sembrerà elevato poiché, se controllerete con un cronometro, non si supera mai i 10÷15 secondi; un tempo idoneo per ottenere una perfetta saldatura senza la preoccupazione di rovinare il componente (transistor e integrati).

Operazioni da non effettuarsi nella saldatura

Le operazioni da evitare assolutamente quando si esegue una saldatura sono le seguenti:

a) *non fondere mai prima lo stagno sul saldatore per poi appoggiarlo sul punto da saldare.* Così facendo ogni vostra saldatura risulterà fredda, cioè apparentemente il terminale sembrerà ben cementato con la pista di rame tuttavia, non esisterà un reale collegamento elettrico fra il componente e la piazzola. Una tale saldatura anche se subito può funzionare perfettamente, col passare del tempo o sottoposta ad uno sforzo di tipo meccanico anche piccolo, può produrre il distacco del terminale dalla piazzola con errato funzionamento del circuito.

b) fondendo lo stagno sul saldatore, la pasta disossidante che dovrebbe servire per pulire i terminali da stagnare e le piste di rame dello stampato, verrà utilizzato solo per pulire la punta del saldatore senza la necessaria azione di pulizia sul terminale del componente e sulla piazzola del circuito stampato. Quindi lo stagno si depositerà sul circuito stampato, ma sopra allo strato di ossido sempre presente e si comporterà come una resistenza ohmica di valore non trascurabile.

c) *non usare mai la pasta calda,* poiché questa non solo sporca il circuito e lo farà diventare in brevissimo tempo nero, ma quel che è peggio che si comporta come una resistenza che collega due o più terminali o piste adiacenti.

d) *non togliere il saldatore dal punto della saldatura appena lo stagno si è fuso,* bensì tenerlo in posizione per altri 4÷6 sec. in modo da consentire al disossidante di pulire in profondità tutte le superfici.

e) *non utilizzare mai i saldatori istantanei,* perché sono la via più semplice per eseguire tutte le saldature di tipo freddo.

utilizzare sempre poco stagno: una buona saldatura non richiede una montagna di stagno, bensì la quantità strettamente necessaria per depositarsi tutto intorno al terminale ed espandersi sulla intera piazzola del circuito stampato. Occorre pertanto fondere circa 2÷3 mm. dello stagno e solo se in seguito si constata che la quantità risulta insufficiente, si può procedere a un'ulteriore erogazione nello stagno.