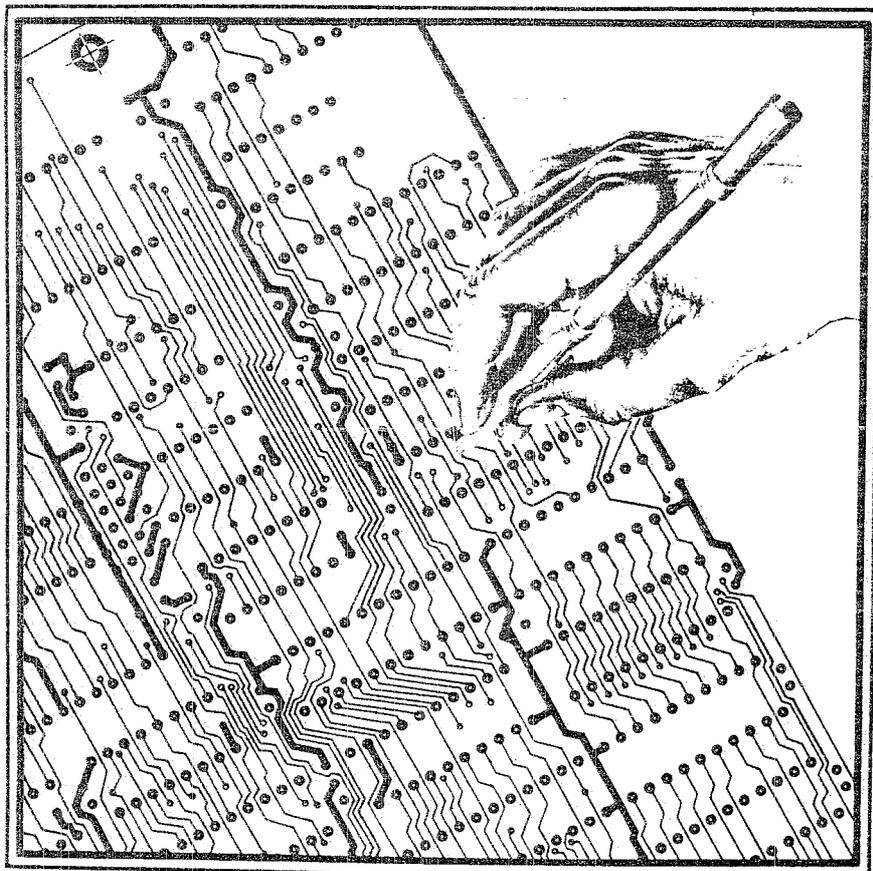




LABORATORI NAZIONALI di FRASCATI
Servizio Documentazione

La Progettazione del Circuito Stampato nel Lab. Fot. & C.S. dei LNF



INFN - Laboratori Nazionali di Frascati
Servizio Documentazione

LNF-87/5(NT)
30 Gennaio 1987

**LA PROGETTAZIONE del CIRCUITO STAMPATO nel
Laboratorio Fotografico & Circuiti Stampati dei LNF**

Opuscolo d'informazione per gli utenti.

A cura del:

LABORATORIO FOTOGRAFICO E CIRCUITI STAMPATI
SERVIZIO COSTRUZIONE RIVELATORI
DIVISIONE TECNICA

INDICE

1. - Premessa.....	pag. 3
2. - Nascita e Possibilità del Laboratorio Circuiti Stampati	3
3. - Il Circuito Stampato.....	4
4. - Schema Elettrico.....	5
5. - Sbrogliatura.....	7
6. - Materiale.....	10
7. - Definizioni.....	13
8. - Nastratura.....	14
9. - Riproduzione Fotografica.....	16
10. - Limiti Consentiti.....	18
11. - Consigli generali di applicazione.....	19
12. - Calcolo della Larghezza delle Piste in funzione della Corrente e della Temperatura.....	20
13. - Bordi di Taglio.....	21
14. - Sigle da inserire.....	22
15. - Dimensioni Minime consentite delle Lettere e dei Numeri in Scala 1:1....	23
16. - Foratura.....	23
17. - Serigrafia.....	23
18. - Doratura Contattiere.....	27
19. - Massa Diffusa.....	28
20. - Distanza Minima fra Piste per Passaggio Pista di Mass.....	29
21. - Master Rosso - Bleu.....	29
22. - Pulizia dei Fogli.....:	30
23. - Conservazione.....	30
24. - Procedura per la Realizzazione del Circuito Stampato.....	31
Bibliografia	32

**LA PROGETTAZIONE DEL CIRCUITO STAMPATO NEL LABORATORIO FOTOGRAFICO
& CIRCUITI STAMPATI DEI LNF**

D. Riondino
INFN - Laboratori Nazionali di Frascati, P.O.Box 13 - 00044 Frascati (Italia)

1. - Premessa

Il presente manuale é stato elaborato allo scopo di dare, a chi volesse iniziare o che già svolge progettazione di **Circuiti Stampati**, un contributo valido per la risoluzione dei problemi strettamente legati alle esigenze del **Laboratorio Circuiti Stampati**.

2. - Nascita e Possibilità del Laboratorio Circuiti Stampati

Il 1978 rappresenta, nella Divisione Tecnica dei **Laboratori Nazionali di Frascati**, l'anno di nascita del Reparto Produzione Circuiti Stampati.

Nel corso dei primi due anni, attraverso una fase di assestamento e sperimentazione, si é cercato di stabilire la procedura più adatta alla realizzazione di un circuito stampato rispondente alle esigenze medie dei LNF.

Dal 1980 ad oggi si sono affinate le tecniche cercando al tempo stesso di ottimizzare il prodotto finito mediante l'aiuto di nuove attrezzature.

Ed é per questo che oggi il Laboratorio é in grado di eseguire prototipi di circuiti stampati:

- **Monofaccia;**
- **Bifaccia con fori metallizzati;**
- **A Massa Diffusa;**
- **Con Doratura delle Contattiere;**
- **Su Kapton;**
- **Su materiali vari.**

Inoltre con l'aggiunta della parte Progettazione Master, il Laboratorio oggi é in grado di svolgere tutta la procedura richiesta in questo settore a partire dallo Schema Elettrico fino al Circuito Stampato finito.

3. - Il Circuito Stampato

Il Circuito Stampato oggi tanto impiegato negli assemblaggi elettronici deve la sua nascita nel 1940 ad un'inventore inglese della società Henderson & Spaulding, di nome **Paul Eisler**.

Tutta la serie dei Brevetti venne resa nota solo al termine del Conflitto Mondiale e solamente agli inizi degli anni 60 ebbe la completa diffusione su scala mondiale.

Il concetto base del Circuito Stampato fu sostanzialmente centrato nella sostituzione dei fili volanti, (Fig. 1) allora unico metodo possibile di lavoro per la realizzazione degli assemblaggi elettronici, con sottili strisce di Rame incollate su una base rigida quale vetronite o bachelite (Figg. 2,3).

L'enorme diffusione che tale sistema ebbe, specie nell'ambito industriale, fu dovuta alla completa risoluzione di tutto l'insieme dei problemi che allora incombevano sugli assemblaggi elettronici quali:

- la scarsa ripetibilità dell'apparato;
 - la necessità di persone altamente specializzate per l'esecuzione del montaggio;
 - la difficoltà di documentare il montaggio in modo più immediato del semplice schema elettrico;
 - la bassissima resistenza agli urti;
- ed ultima ma essenziale
- l'impossibilità della produzione in serie di certe parti del circuito comuni a più assemblaggi.

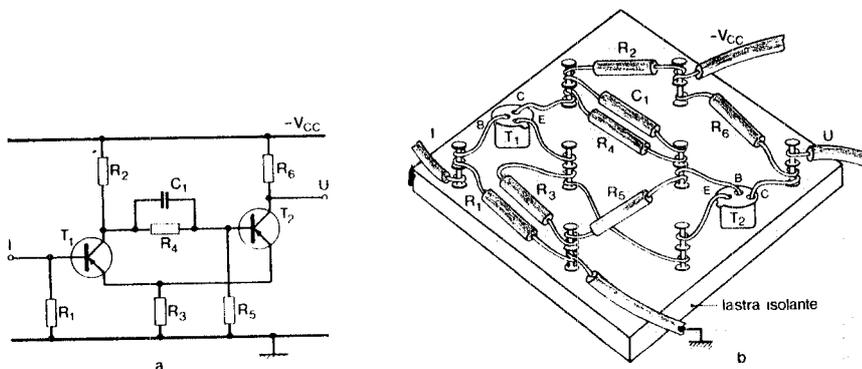


FIG. 1 - Esempio della realizzazione di un circuito con la tecnica punto-a-punto. La lastra isolante porta dei pioli metallici disposti a reticolo ai quali si fissano i componenti, che saranno poi saldati manualmente.

FIG. 2 - Elementi base di un circuito stampato montato: C - componente, F - foro meccanico, FC - foro componenti, FCI - foro componenti e di interconnessione, FI - foro di interconnessione, FM - foro metallizzato, FNM - foro non metallizzato, LC - lato componenti, LS - lato saldatura, P - piazzola, PI - pista, PO - ponticello.

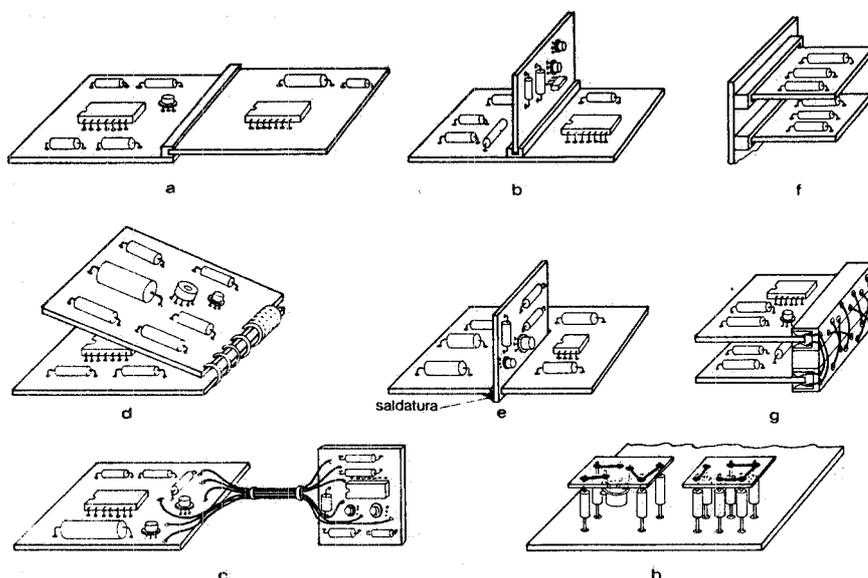
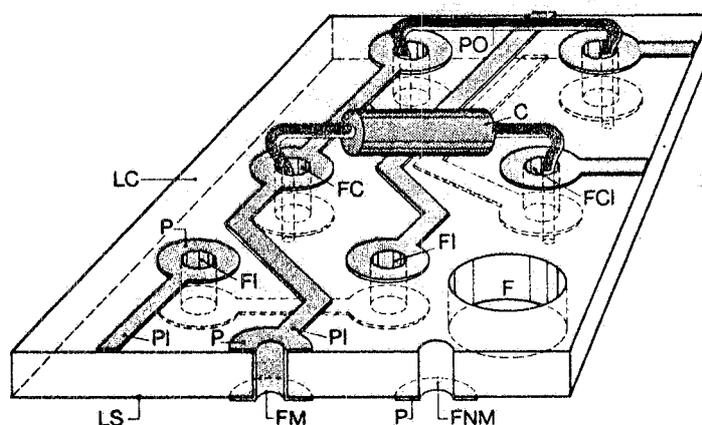


FIG. 3 - principali metodi di connessione fra piastre: a) giunzione di testa; b) giunzione a 90°; c) con cavo specifico; d) a portafoglio; e) a plug; f) con piastra interconnessione; g) con connessione punto-a-punto; h) a moduli. Le lettere in figura corrispondono a quelle usate nella descrizione del testo.

4. - Schema Elettrico

Lo Schema Elettrico, o Schema di Principio, è un disegno che viene utilizzato come mezzo d'intesa tra chi ha progettato il circuito e chi dovrà progettare il Master.

Esso ha tutte le caratteristiche del circuito di prova, solitamente effettuato a fili, dove al posto dei componenti elettronici e delle connessioni vengono usati dei simboli convenzionali.

Considerato l'alto valore che tale disegno ha per la progettazione del circuito stampato, si può facilmente comprendere come una giusta comprensione sia di fondamentale importanza per una sicura realizzazione del prototipo.

Occorrerà, quindi, che lo schema sia disegnato in modo chiaro ed esauriente.

Si consiglia pertanto di seguire, nell'esecuzione del disegno, le seguenti convenzioni:

- disegnare su fogli di carta millimetrata;
- identificare ogni singolo componente con una combinazione di lettere e cifre;
- evitare lunghe linee di collegamento fra i componenti cercando di migliorarne la dislocazione;
- considerare per gli ingressi il lato sinistro e per le uscite il destro;
- evitare lunghe linee di alimentazione e massa sostituendole con le tensioni elettriche (+5V) e con;
- sostituire i bus di segnali con una linea in grassetto recante le indicazioni necessarie es. B1:B2 nella Fig. 4.

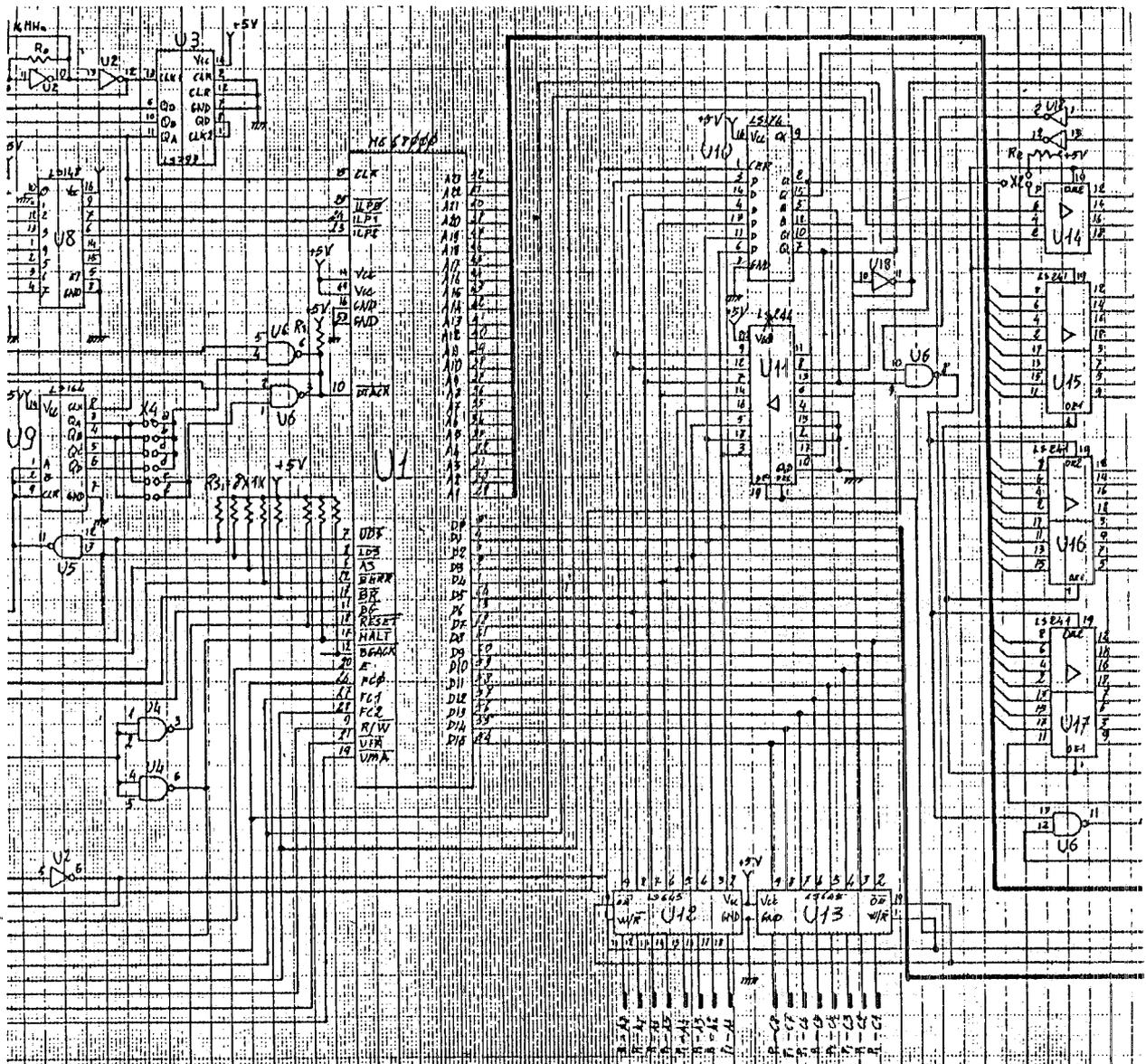


FIG. 4 - Esempio di Schema Elettrico; (Dal Progetto CPU 01 del Gruppo VET LNF).

5. - Sbrogliatura

La sbrogliatura rappresenta il processo fondamentale della progettazione Master, precede la Nastratura (che tratteremo in seguito) e consiste essenzialmente nel disegno reale o in scala, dell'assemblaggio componentistico con le relative connessioni .

L'obiettivo, di tale lavorazione, é l'ottenimento di un'assieme dotato della migliore connessione con la più ordinata dislocazione dei componenti nel minor spazio possibile (Fig. 5).

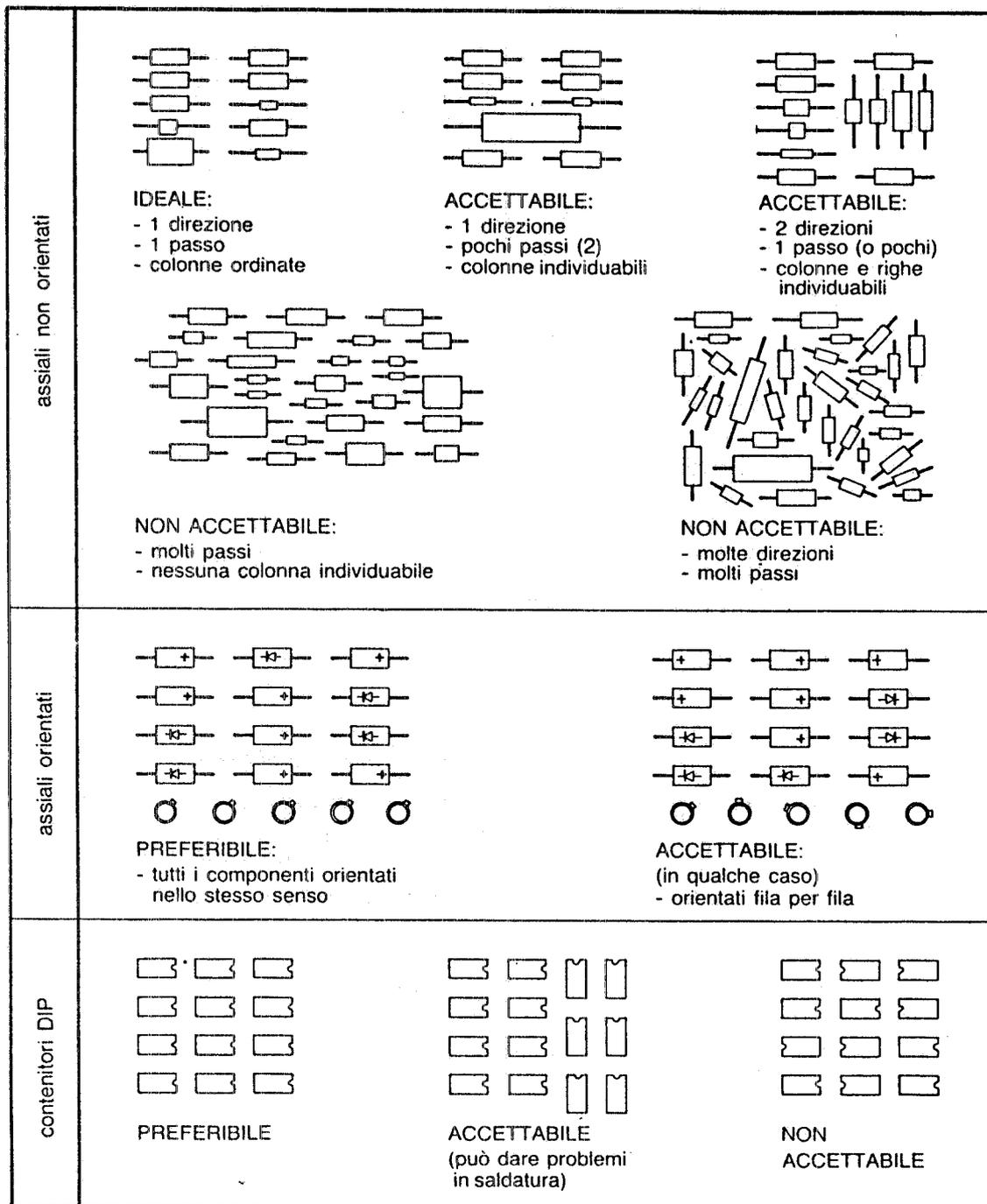


FIG. 5 - Disposizioni preferenziali dei componenti sul Circuito Stampato durante la Sbrogliatura.

A tale scopo si consiglia di lavorare con fogli di carta lucida sovrapposti ad un grigliato a decimi di pollice, essendo il passo dei reofori nella maggior parte dei componenti elettronici espresso in decimi di pollice (Fig. 6).

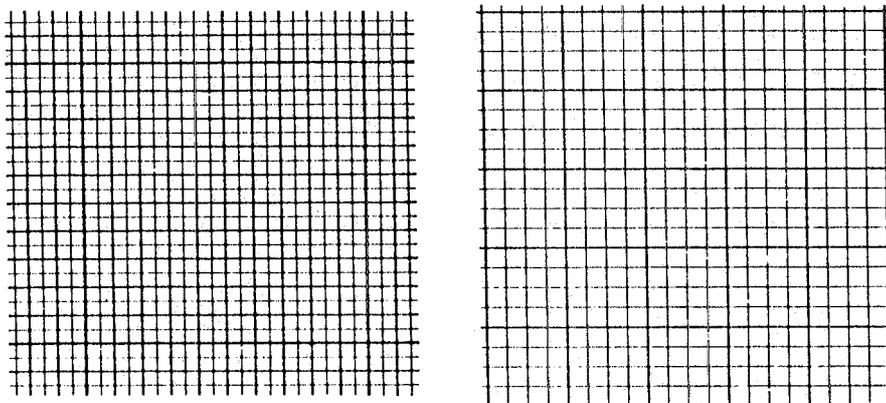


FIG. 6 - Esempi di grigliati in decimi di pollice.

e di seguire in linea generale le norme indicate nei paragrafi seguenti.

5.1. - Circuiti con Componenti Discreti

- determinare le dimensioni di tutti i componenti;
- disegnare i componenti inizialmente come lo schema elettrico;
- spaziare i componenti tenendo presente quante piste passeranno tra un reoforo e l'altro;
- spostare i componenti fino alla migliore connessione (Fig. 7).

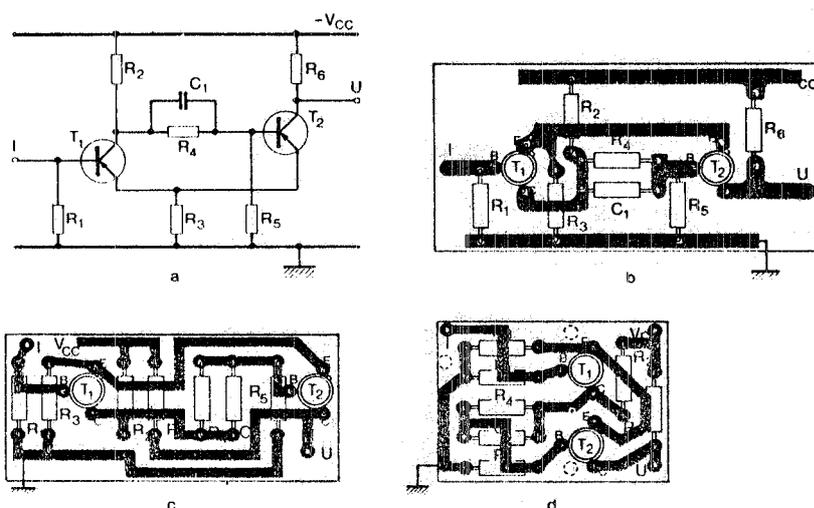


FIG. 7 - Esempi di sbrogliatura: a) schema elettrico; b) sbrogliato eseguito con le stesse posizioni che i componenti hanno nello schema elettrico; c) e d) successivi perfezionamenti per ridurre l'area. La vista é sempre dal lato componenti; ma si sono segnati in nero i conduttori come apparirebbero attraverso un laminato trasparente.

5.2. - Circuiti con Componenti Discreti e Porte Logiche

- suddividere il circuito in una serie di blocchi, dove per ogni blocco si consideri una porta logica con tutti i suoi componenti discreti ed effettuare lo sbroglio;
- effettuare l'assemblaggio totale, eventualmente ruotando i componenti discreti per semplificare al meglio i collegamenti di tutti i blocchi.

5.3. - Circuiti con Componenti Discreti e un'alto numero di Integrati

- suddividere il circuito in una serie di blocchi e sbrogliarli singolarmente individuando in ognuno di essi gli ingressi e le uscite, in modo da considerarli, nell'assemblaggio globale, come una scatola nera dotata di connessioni;
- separare dallo schema tutti i blocchi composti da componenti connessi tutti allo stesso modo (Fig. 8);

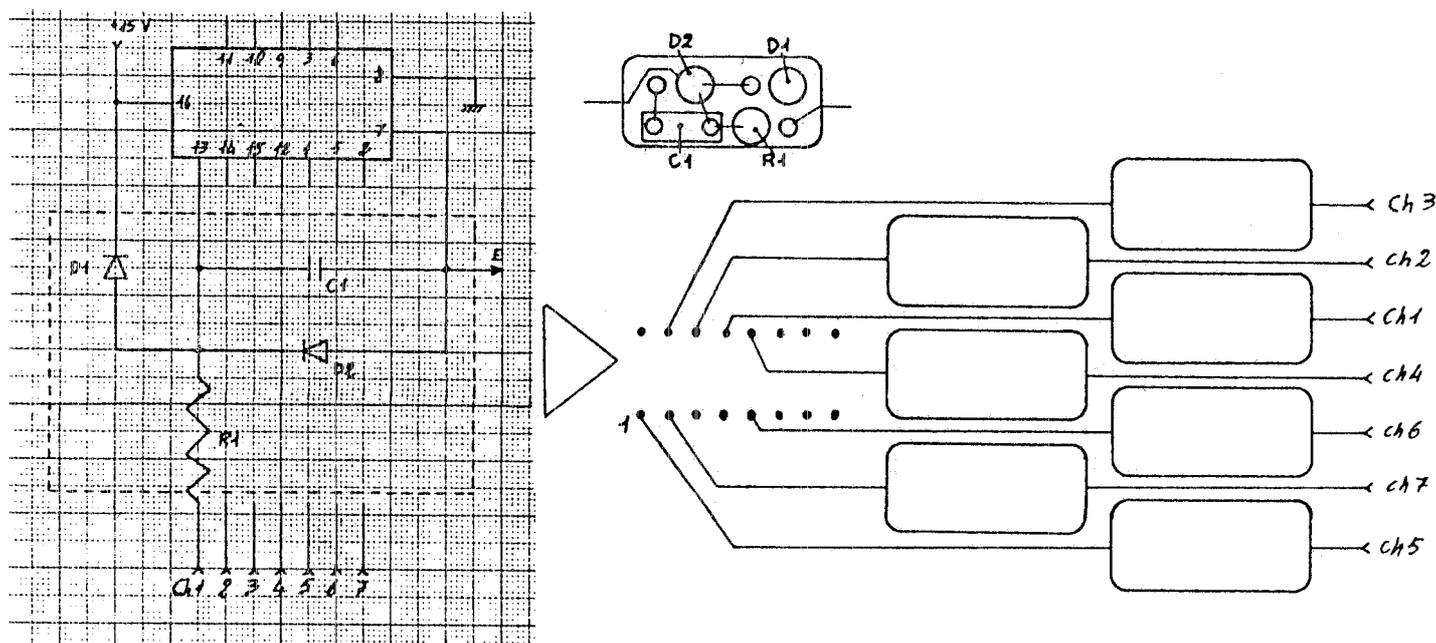


FIG. 8 - Esempio di blocco ripetitivo e la sua probabile sbrogliatura.

- trovare la connessione migliore fra i blocchi;
- suddividere la scheda in tanti spazi, tanti quanti sono i blocchi;
- posizionare sulla scheda gli eventuali connettori;
- posizionare, nel miglior modo possibile vicino ai connettori, sempre rispettando la migliore connessione, tutti i blocchi interessati;
- se ve ne sono, comprimere al massimo tutti gli integrati in parallelo (Fig. 9).

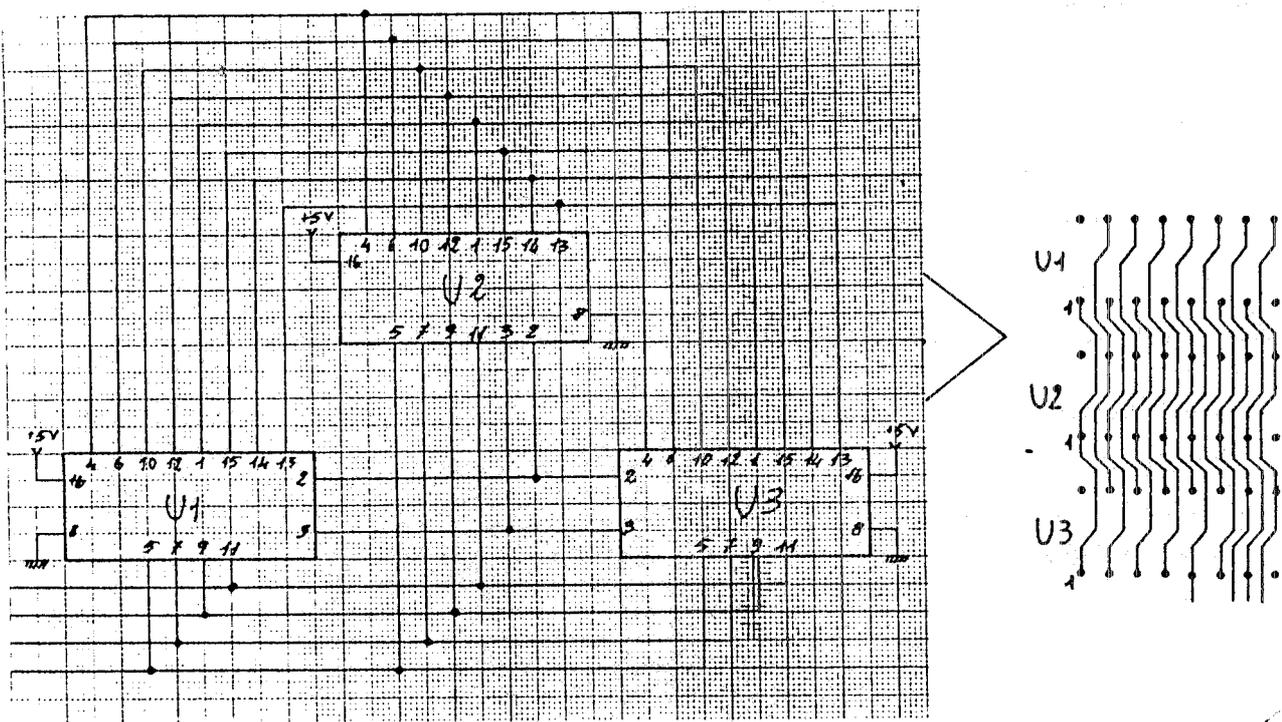


FIG. 9 - Esempio di integrati in Parallelo a destra lo schema elettrico, a sinistra la sua più probabile sbrogliatura.

6. - Materiale

Si elenca qui di seguito il materiale base, reperibile presso i negozi specializzati nel settore, da usare per l'esecuzione manuale del Master.

A scopo puramente informativo si rammentano alcune fra le più quotate case fornitrici quali la Mecanorma, la Brady, l'R41, la Bishop e la Letraset.

Nastrini:

Nastrini autoadesivi crespatis di colore Nero Opaco (possono essere curvati) oppure di colore Rosso e Bleu in Poliestere o in Polivinile (non possono essere curvati) di Larghezza compresa tra i 0.5 mm e i 6.0 mm.

Piazzole:

Piazzole autoadesive di colore Nero Opaco (Rosse e Bleu solo per casi eccezionali) di Diametro compreso tra i 2.0 mm e i 10.0 mm.

In commercio se ne possono trovare due tipi ovvero Piazzole autoadesive su fogli trasferibili e Piazzole autoadesive crespate.

Si consiglia di scegliere piazzole crespate, data la loro insensibilità ai graffi e alle abrasioni generalmente dovute alle maniche degli abiti.

Fogli:

Fogli Trasparenti e Inestensibili del tipo Mylar, Stabilene o Poliestere.

Si consiglia di lavorare con fogli di Elevato Spessore, onde evitare possibili tagli profondi, pericolosi soprattutto quando si opera con più fogli sovrapposti e di usare fogli Trasparenti e non Satinati in modo da avere la massima incisività nella pellicola finale.

Si riportano qui di seguito i pregi e i difetti dei fogli ora enunciati:

Fogli Trasparenti:

Pregi:

- 1) non assorbono luce durante l'esposizione fotografica;
- 2) massima visibilità con più fogli sovrapposti;
- 3) ricevono inchiostro per poliestere;
- 4) massima risolvibilità fotografica.

Difetti:

- 1) non ricevono scritte con matita;
- 2) facilitano l'abbagliamento (risolvibile con appositi occhiali scuri) dovuto al tavolo luminoso.

Fogli Satinati:

Pregi:

- 1) ricevono scritte con Matita;
- 2) ricevono scritte con inchiostro di china;
- 3) limitano l'abbagliamento dovuto al tavolo luminoso.

Difetti:

- 1) assorbono luce durante l'esposizione;
- 2) visibilità scarsa con ulteriore peggioramento a fogli sovrapposti;
- 3) perdita di incisività, dovuta alla diffusione della luce durante l'esposizione.

Coltellini e Lame:

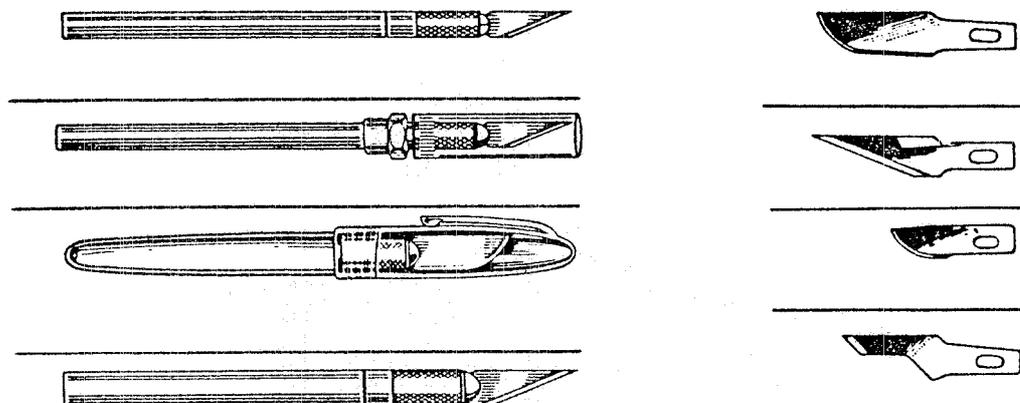


FIG. 10 - Esempi di Coltellini e Lame di ricambio.

Comparatori di Precisione:

Sono dei particolari strumenti dotati di lenti di ingrandimento e di un vetrino recante, normalmente, due scale graduate: una in decimi di pollice con un'incremento di 0.005 e l'altra in decimi di millimetro con un'incremento di 0.1.

La loro funzione é principalmente localizzata nell'esatta determinazione delle distanze esistenti fra Piste e Piazzole (Fig. 11).

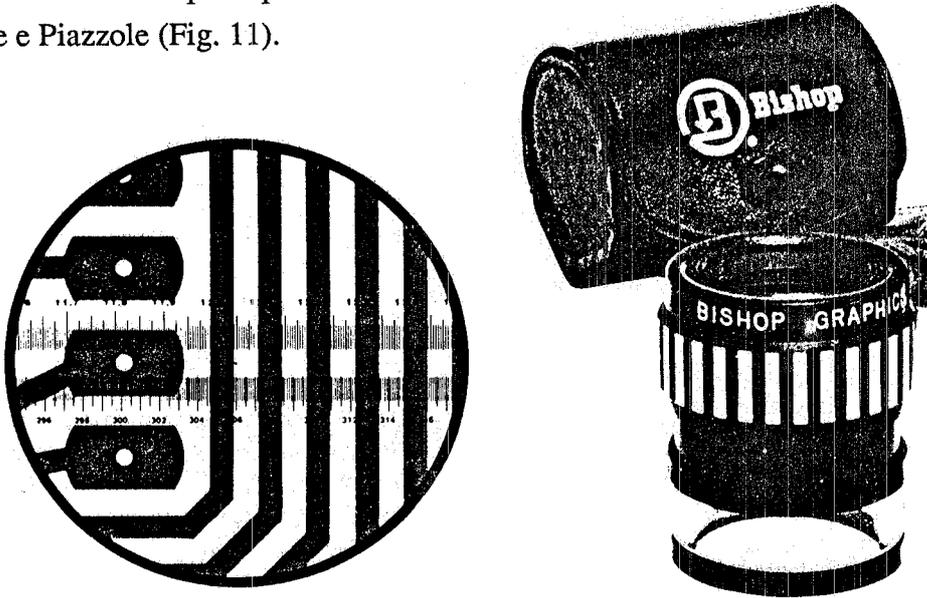


FIG. 11 - A destra un Comparatore di Precisione a sinistra la visione interna della Scala Graduata.

Registri di Precisione o Mire di Riferimento

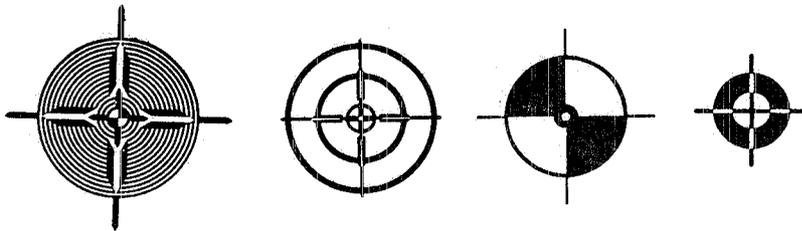


FIG. 12.1 - Esempi di Mire di Riferimento.

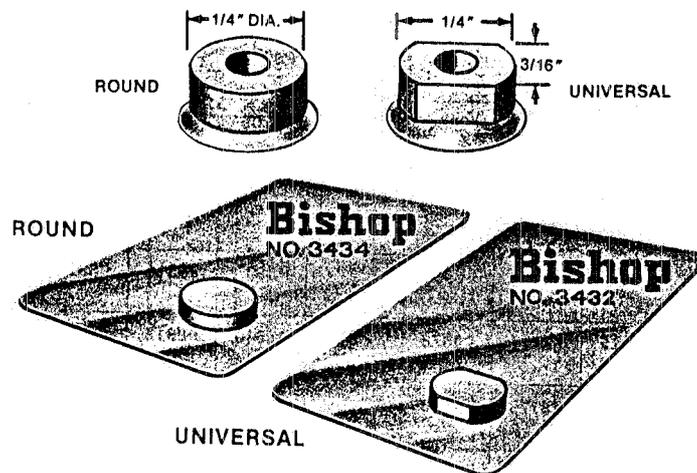


FIG. 12.2 - Esempi di Registri di Precisione.

Si ritiene opportuno elencare una serie di definizioni, che a nostro avviso permetteranno una migliore comprensione dell'argomento seguente.

7. Definizioni

Lato Componenti

Rappresenta nella terminologia la visione del Master dalla parte in cui verranno poi inseriti sulla scheda i componenti elettronici.

Lato Saldature

Rappresenta nella terminologia la visione del Master dalla parte su cui verranno poi, sulla scheda, effettuate la saldature.

Foro d'Interconnessione

E' un foro che non ospita alcun Reoforo perché serve unicamente a realizzare un collegamento elettrico fra due piazzole che lo circondano, una per ogni faccia del circuito stampato.

La connessione è stabilita dal foro stesso se è metallizzato.

Piano di Foratura

Nella terminologia master rappresenta un foglio di Mylar o simile sul quale si trovano tutte le piazzole relative a tutti i tipi di foro che sono presenti sul circuito.

Piano di Massa

Rappresenta praticamente un foglio di Mylar sul quale si trovano solo le piazzole relative a quei fori che andranno poi affogati nella Massa.

Viene utilizzato solo nei casi in cui viene richiesto sul circuito il processo di Massa Diffusa.

Piano Serigrafico

Rappresenta un foglio, normalmente di Poliestere Satinato (inestensibile), sul quale si trova la corretta disposizione dei componenti.

Circuito Monofaccia

E' un tipo di circuito che utilizza lastre di Vetronite o Bachelite monoramate, ovvero dotate del solo Lato Saldature.

Viene adoperato solitamente per circuiti non molto complessi, data la grande difficoltà di progettazione.

Circuito Bifaccia

E' un tipo di circuito che utilizza lastre di Vetronite o Bachelite biramate, ovvero dotate di piste sia sul Lato Saldature e sia sul Lato Componenti.

Viene adoperato in quasi tutti i tipi di circuito anche molto complessi.

Circuito Multistrato

E' un tipo di circuito che viene utilizzato solo nei casi di particolare complessità, ovvero quando si presentano piastre molto piccole con un'elevato numero sia di connessioni che di elementi circuitali.

In pratica si tratta dell'unione di più lastre di vetronite mono e biramate incollate insieme mediante l'utilizzo di una particolare macchina.

8. - Nastratura

La Nastratura rappresenta praticamente la parte finale della progettazione del Circuito Stampato.

Consiste essenzialmente nel sovrapporre ai disegni della Sbrogliatura dei fogli trasparenti, di cui uno avente un grigliato a pollici da usare come guida per il centraggio delle piazzole (Fig. 13) e nell'applicare progressivamente il materiale secondo le esigenze dettate dallo schema sottostante, cancellando di volta in volta, mediante un pennarello, il collegamento interessato su di una fotocopia dello schema elettrico.

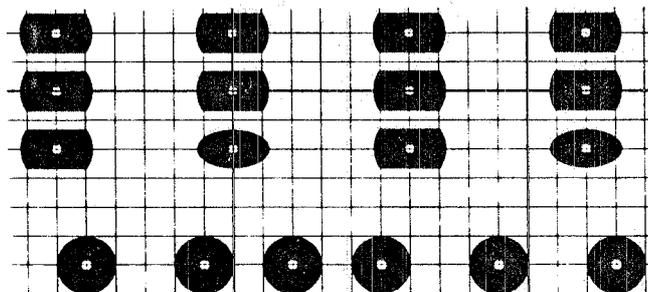


FIG. 13 - Esempio di centratura, su un Grigliato, di alcune Piazzole.

Esistono oggi due metodi di Nastratura:

- a) **Il Metodo della Doppia Piazzolatura;**
- b) **Il Metodo della Sovrapposizione.**

La distinzione principale dei due metodi si evidenzia principalmente nei casi in cui si deve lavorare per ottenere un Circuito Bifaccia.

Infatti per il primo vengono adoperati solo due fogli su cui si applicano sia i nastri che le piazzole, mentre, per il secondo, il numero dei fogli, dato che su un foglio vengono applicate solo le piazzole e sugli altri solo le piste, da due passa a tre (Fig. 14).

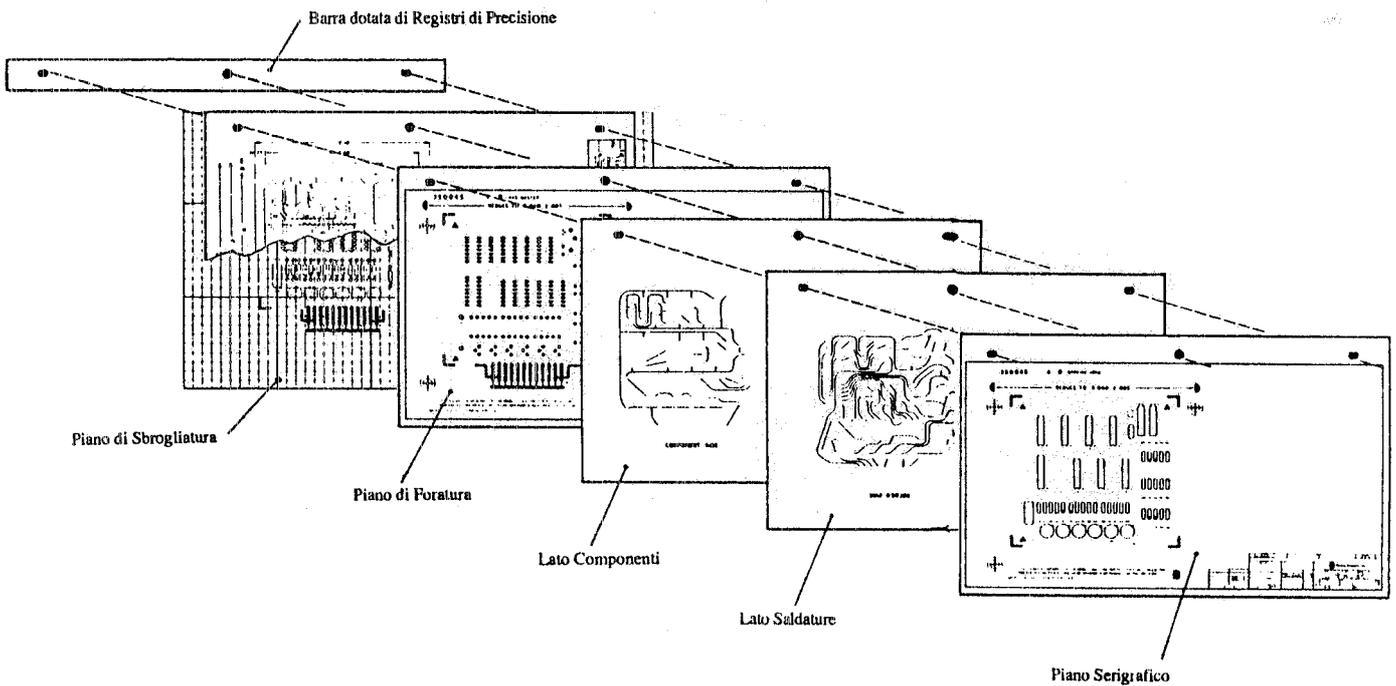


FIG. 14 - Esempio di Master secondo il Metodo della Sovrapposizione.

Questa particolarità consente, durante la fase di realizzazione, di effettuare una foratura molto accurata data la completa assenza, nel foglio di piazzole, delle Piste (Fig. 15).

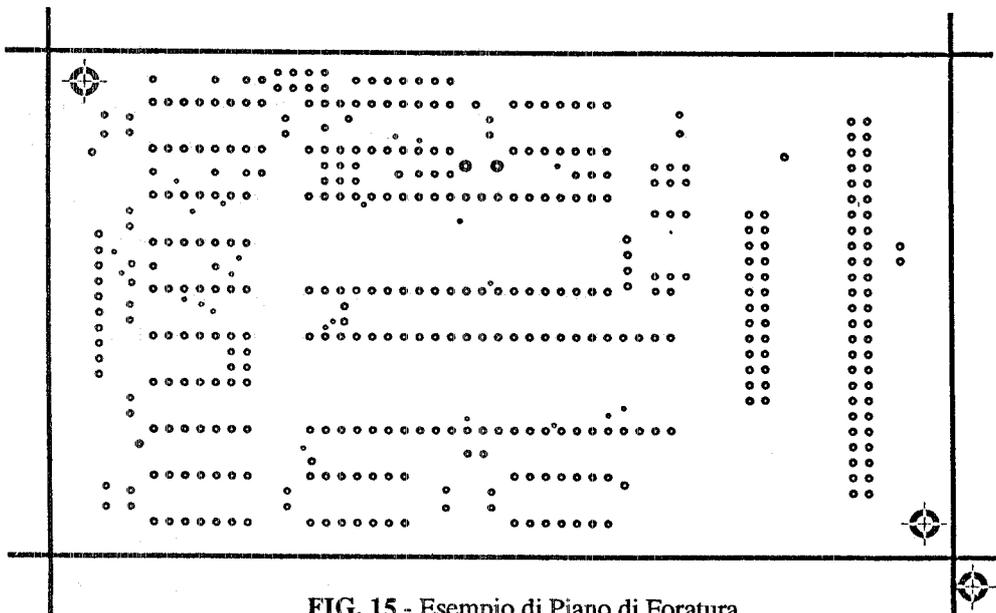


FIG. 15 - Esempio di Piano di Foratura.

Tutti e due i metodi, comunque, sono basati essenzialmente su un preciso accoppiamento dei fogli, che precedentemente veniva realizzato con mire di precisione applicate in maniera asimmetrica, all'inizio della Nastratura, su tutti i fogli di lavoro e all'esterno dei bordi di taglio della scheda (Fig. 15) e oggi realizzato automaticamente, tramite una preventiva foratura dei fogli, con i Registri di Precisione (Fig. 12).

Da notare che quest'ultimi consentono, data l'automatica centratura, di spostare il piano che non ci interessa in quel momento e di operare sul rimanente con più chiarezza.

Si riportano qui di seguito i pregi e i difetti delle due lavorazioni:

Metodo della Doppia Piazzolatura:

Pregi:

- 1) risparmio di un foglio;
- 2) risparmio di una pellicola.

Difetti:

- 1) raddoppio del consumo di piazzole;
- 2) enorme difficoltà di precisione;
- 3) possibili sfasamenti di piazzole con probabile foratura fuori asse sulla scheda finale (Fig. 17).

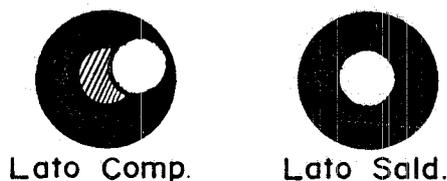


FIG. 17 - Esempio di Foratura fuori centro.

Metodo della Sovrapposizione:

Pregi:

- 1) facilità di realizzazione per la massima precisione;
- 2) fori in asse con impossibilità di eventuali sfasamenti di piazzole;
- 3) risparmio del 50% del consumo di piazzole.

Difetti:

- 1) si consuma un foglio in più;
- 2) si consuma un foglio di pellicola in più (Piano di Foratura).

Inoltre si raccomanda, nel Metodo della Sovrapposizione, di non usare, data la possibile riproduzione, i fogli Grigliati come foglio base per l'esecuzione del piano di Foratura.

L'elaborazione fotografica, in un caso del genere, subirebbe delle modifiche troppo grandi che generalmente danno, come conseguenza, una diminuzione della Risolvenza.

Il risultato che ne deriverebbe è quello di una pellicola finale dotata di scarsa nitidezza e quindi poco adatta alla realizzazione dei circuiti stampati.

9. - Riproduzione Fotografica

La scelta, di inserire questo paragrafo nel presente manuale, ha lo scopo di fornire ai lettori un quadro chiaro, anche se generico, delle varie fasi che vengono seguite durante tutto il

procedimento Fotografico.

La lavorazione fotografica, che si interpone fra la Progettazione del Master e la Realizzazione del Circuito Stampato, permette di ottenere, mediante una appropriata riduzione realizzata con lo ausilio di una speciale apparecchiatura fotografica (Fig. 18) le lastre fotografiche, occorrenti per la realizzazione della piastra in scala 1:1 del lato Componenti e del lato Saldature del Master.

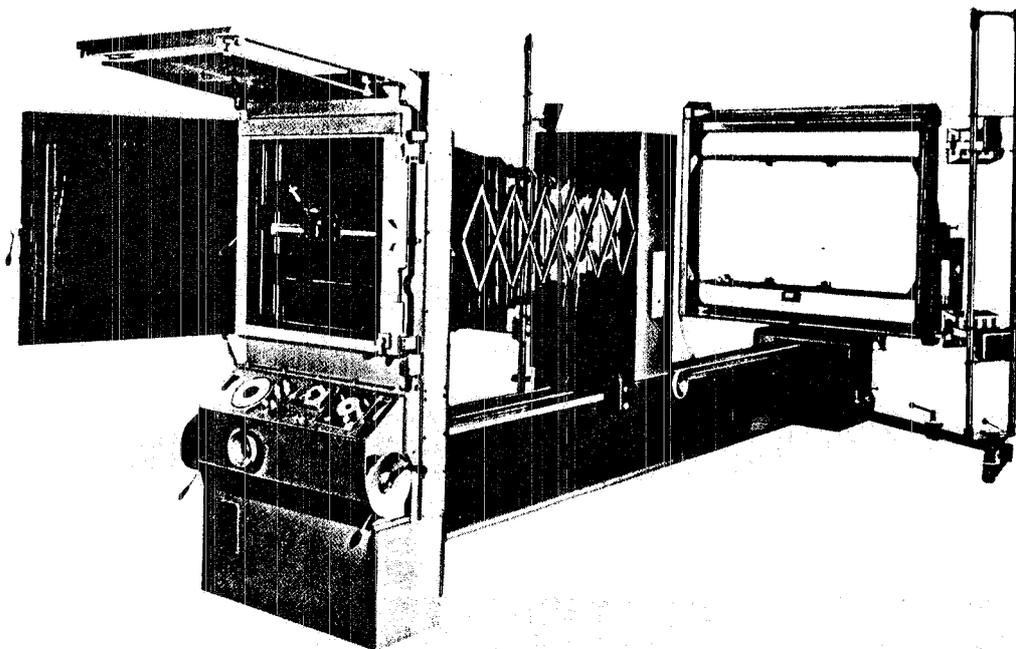


FIG. 18 - Esempio di Macchina Fotografica per la riproduzione dei Master.

L'ordine cronologico, delle fasi che compongono il processo si può distinguere in:

- 1) posizionamento della macchina alla riduzione richiesta; - es. 4:1 o 2:1;
- 2) eventuale accoppiamento dei fogli; - es. nel caso del metodo della sovrapposizione, per ottenere i due lati del circuito, verranno di volta in volta accoppiati e perfettamente centrati, secondo i metodi prima enunciati, i fogli con le piste con quello delle piazzole; da notare che in questa fase, per determinare la corretta visione del Master viene rivolta una particolare attenzione alle scritte o sigle presenti sul Master (vedi paragrafo sigle).
- 3) preparazione dello Sviluppo in vasca termostata a temperatura ottimale;
- 4) applicazione e centraggio del Master sul Piano Mobile della Macchina;
- 5) applicazione e centraggio, in Camera Oscura, della Pellicola sul piano Aspirante della Macchina dietro l'Ottica;
- 6) esposizione con accensione delle lampade del Piano Mobile;
- 7) sviluppo Negativo;
- 8) fissaggio del Negativo;
- 9) arresto del Negativo;
- 10) asciugatura, mediante apposita macchina, del Negativo;
- 11) ritocco del Negativo sul Piano Luminoso con Rosso Coprente;

- 12) esposizione per contatto, Negativo con un'altra Pellicola, nel Bromografo per l'ottenimento del Positivo;
- 13) sviluppo del Positivo;
- 14) fissaggio del Positivo;
- 15) arresto del Positivo;
- 16) asciugatura del Positivo;
- 17) ritocco e Controllo del Positivo Finale;
- 18) tutte le Fasi, escluso il punto 3, a partire dal Punto 2 fino al Punto 17 vengono riefettuate per ogni positivo richiesto dal Master.

10. - Limiti Consentiti

Per una sicura realizzazione della piastra si consiglia di mantenersi sempre, durante la Nastratura, nei limiti che vengono qui di seguito elencati:

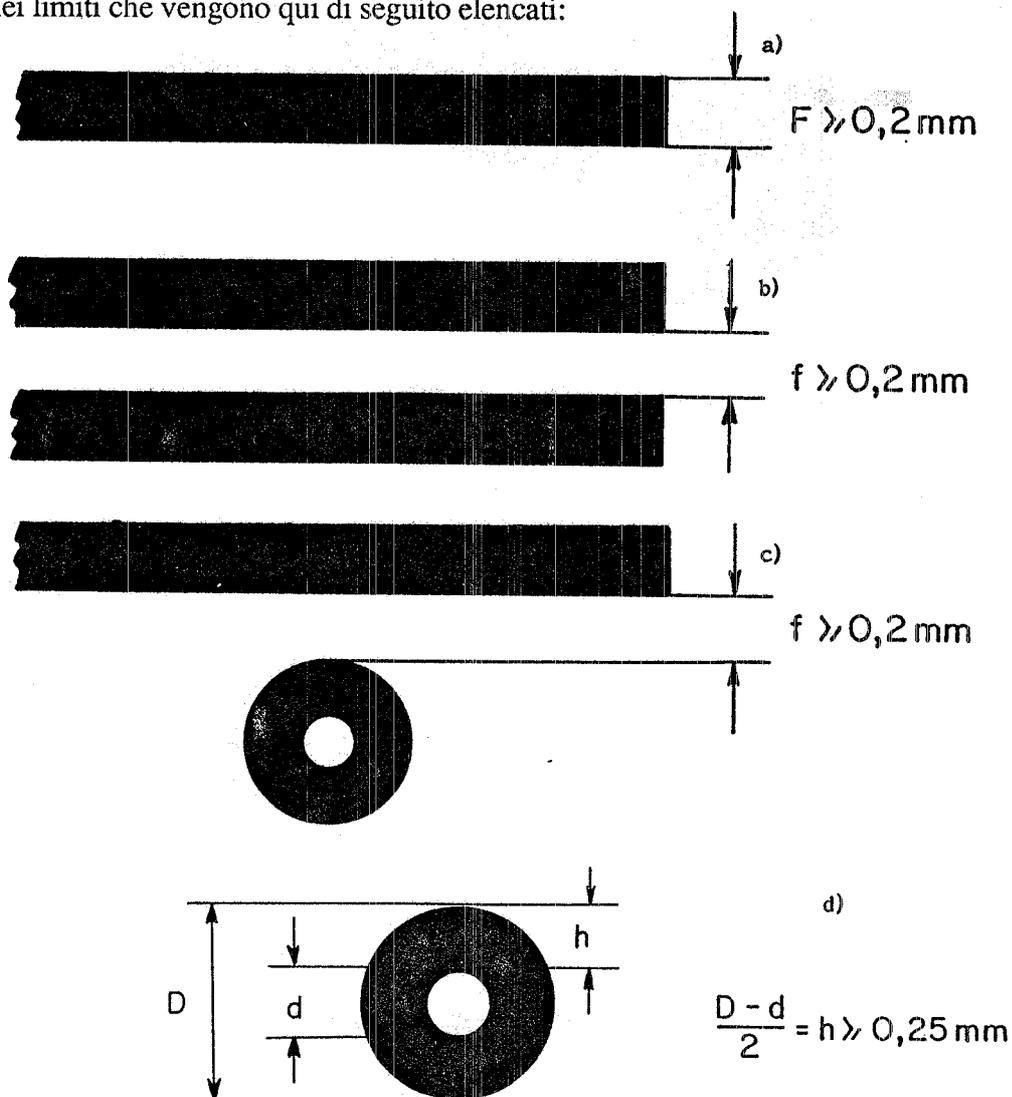


FIG. 19 - a) Dimensione Minima consentita della Larghezza della pista in scala 1:1; b) Distanza Minima consentita fra due piste in scala 1:1; c) Distanza Minima consentita fra Pista e Piazzola in scala 1:1; d) Dimensione Minima consentita Anello Piazzole in scala 1:1.

11. - Consigli generali di applicazione

L'esecuzione della nastratura incontra molto spesso una serie di connessioni problematiche, la cui casistica completa è praticamente, data l'enorme casualità dell'argomento, impossibile da mostrare in una figura esplicativa.

Pertanto si è pensato di evidenziare solo i casi più probabili mostrando accanto a essi una delle tante possibilità di soluzione (Fig. 20).

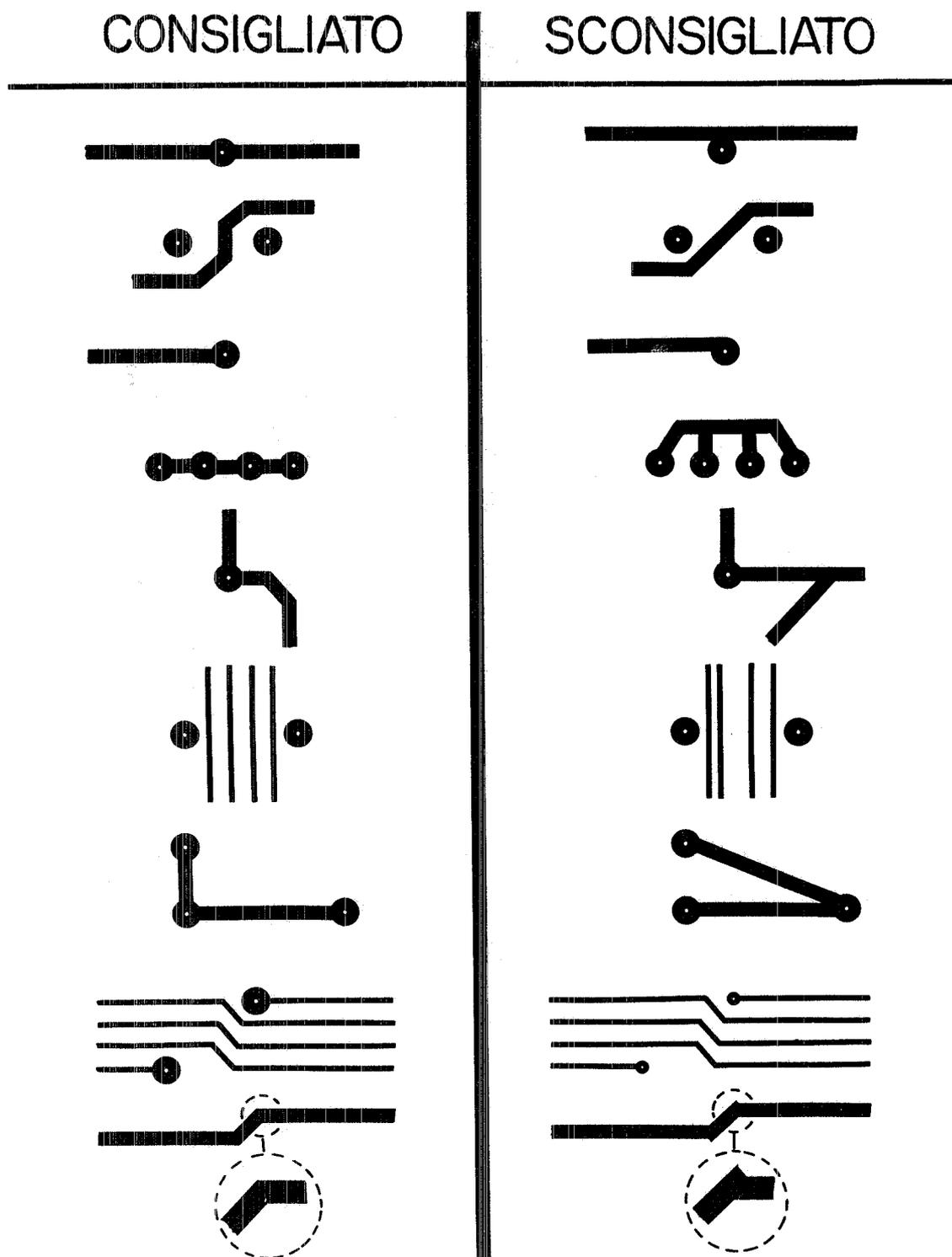


FIG. 20 - Esempi di Nastratura.

12. - Calcolo della Larghezza delle Piste in funzione della Corrente e della Temperatura

Una delle richieste che molto spesso si presenta nella progettazione del master é il calcolo della Larghezza della Pista di Potenza.

A tal riguardo esistono molti testi^(1,2) che consentono, mediante alcune formule e tabelle, di rispondere in modo più dettagliato ed esatto a questo tipo di domande.

Generalmente la formula da noi usata é:

$$I = (W/K)^{0,538}$$

dove:

- **I** = corrente (in ampere);
- **W** = larghezza del conduttore (in micron);
- **K** = coefficiente che dipende dallo spessore del rame e dalla temperatura (in °C).

TABELLA I - Valori del coefficiente K.

Spessore del Rame (g/dm ²)	Temperatura	
	20°C	30°C
3,05	50,0	36,8
6,10	28,0	20,3
9,15	20,3	13,4

A scopo puramente informativo vengono riportati in Tabella II. e in rappresentazione grafica (Fig. 21) le diverse dimensioni della pista ed i corrispondenti valori ammissibili di corrente (in ampere) per K=6,10 g/dm².

TABELLA II - Valori di Larghezza di Pista e corrispondenti valori di Corrente ammissibile.

Larghezza della pista (in mm)	Corrente ammissibile (ampere)	
	20°C	30°C
0,25	3,2	3,8
0,5	4,7	5,6
0,7	5,6	6,7
1,0	6,8	8,1
1,5	8,5	10,1
2,0	9,9	11,8
2,5	11,2	13,3
3,0	12,3	14,6
3,5	13,4	15,9
4,0	14,4	17,1
4,5	15,3	18,2
5,0	16,2	19,3

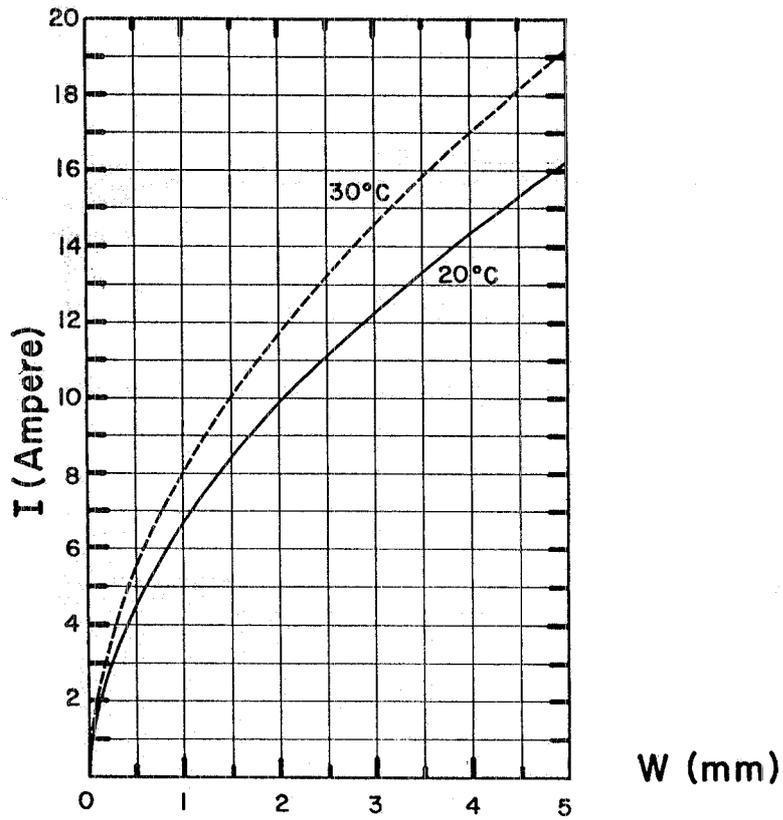


FIG. 21 - Rappresentazione grafica della Larghezza del Conduttore in funzione della Corrente e della Temperatura.

13. - Bordi di Taglio

Normalmente, nel metodo della Sovrapposizione, i Bordi di Taglio sono riportati sul Piano di Foratura (Fig. 22).

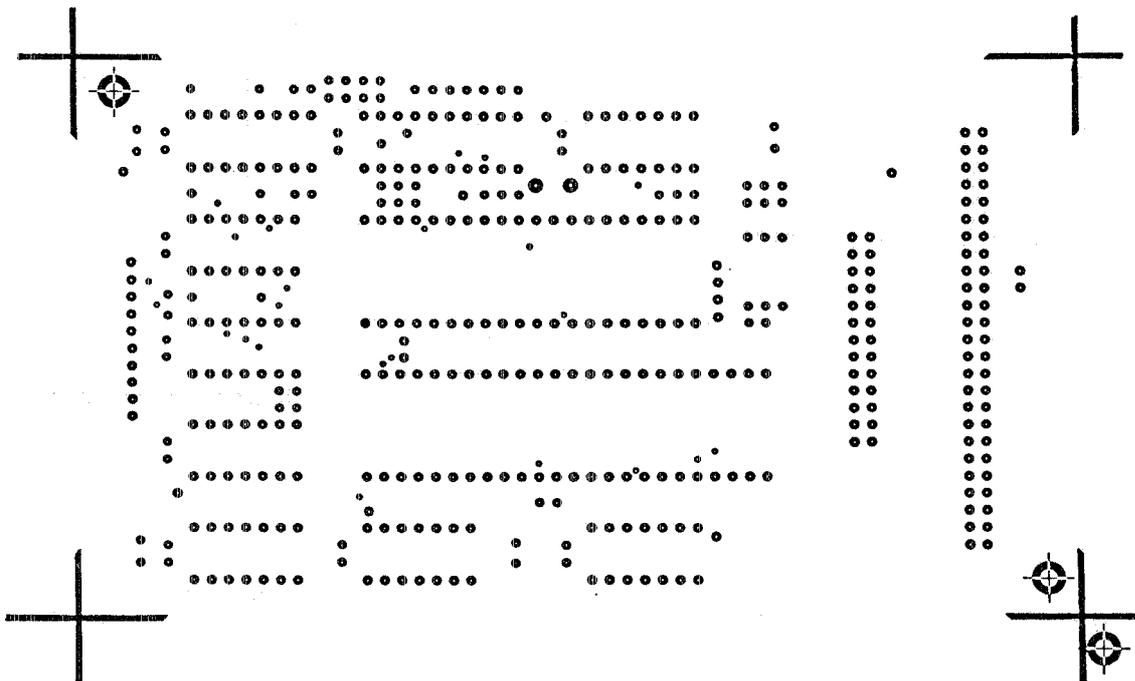


FIG. 22 - Esempio di Piano di Foratura.

Se inoltre si vuole inserire una tolleranza di Taglio si può procedere come indicato, o similmente, in Fig. 23.

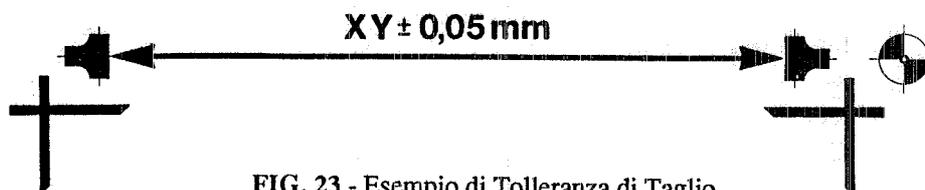


FIG. 23 - Esempio di Tolleranza di Taglio.

In ambedue i casi il taglio della scheda é inteso secondo il profilo interno dei segni convenzionali (Fig. 24).

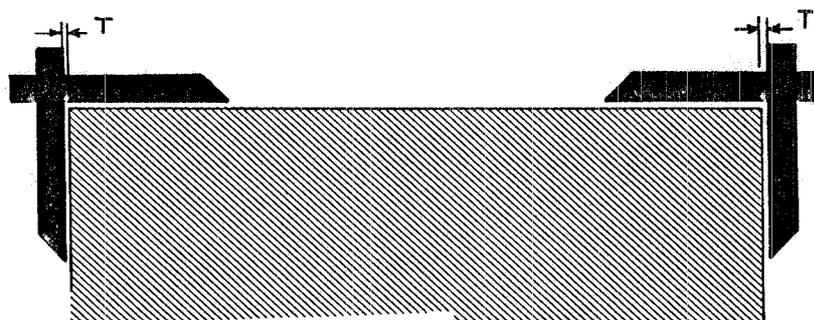


FIG. 24 - Esempio di convenzione seguita durante il Taglio di una scheda.

14. - Sigle da inserire

L'inserimento di Sigle sul Master ha un duplice scopo: quello di differenziare il circuito da un'altro e quello, ben più importante per una corretta lavorazione, di distinguere un lato dall'altro.

La prassi da seguire in questo caso é molto semplice occorre in primo luogo capire su quale lato del Master (Lato Componenti o Lato Saldature) intendiamo inserire la Sigla voluta; dopo di che, " **Rispettando fedelmente la Visione Corretta del Lato Considerato**" passeremo, a seconda che sia trasferibile o china, ad applicarla o a scriverla sul Master (Fig. 25).

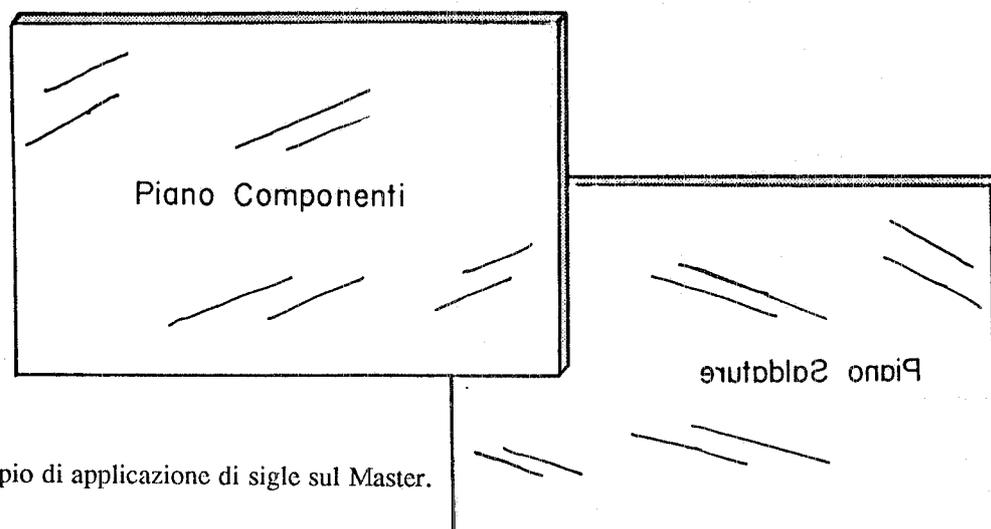


FIG. 25 - Esempio di applicazione di sigle sul Master.

15. - Dimensioni Minime consentite delle Lettere e dei Numeri in scala 1:1

H = Altezza > 1,1 mm

S = Spessore > 0,3 mm

L = Larghezza > 0,6 mm

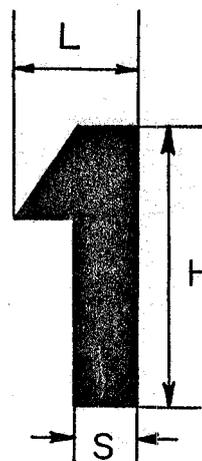


FIG. 26 - Specifiche relative alle caratteristiche dei caratteri delle Sigle.

16. - Foratura

E' buona regola indicare direttamente sul Master (Fig. 27) la Foratura, individuando per ogni tipo di Piazzola il Diametro del Foro.

NOME GRUPPO	VET			FORATURA
NOME SCHEDA	CPOI		◦	Ø 0,4mm
PROCESSO PARTICOLARE	Massa Diffusa		◉	Ø 0,8mm
SEDE INFN	LNF		●	Ø 1,2mm
RIDUZIONE SCALA	2:1		●	Ø 3,0mm
NOME MASTERISTA	D. RIONDINO			DATA 22/11/86

FIG. 27 - Esempio di descrizione specifica per la Foratura.

Oppure, se la foratura é di diverso valore per lo stesso tipo di piazzola, si consiglia di fare una fotocopia del Piano di Foratura e di distinguere sopra di essa, mediante un'evidenziatore o simile, le piazzole in questione specificando, ad un lato del foglio, la Foratura desiderata.

17. - Serigrafia

In gergo Master rappresenta un foglio, solitamente Carta Lucida o Poliestere Satinato, sul quale si trova, disegnata o composta da una serie di disegni autoadesivi, la corretta dislocazione dei componenti (Fig.28).

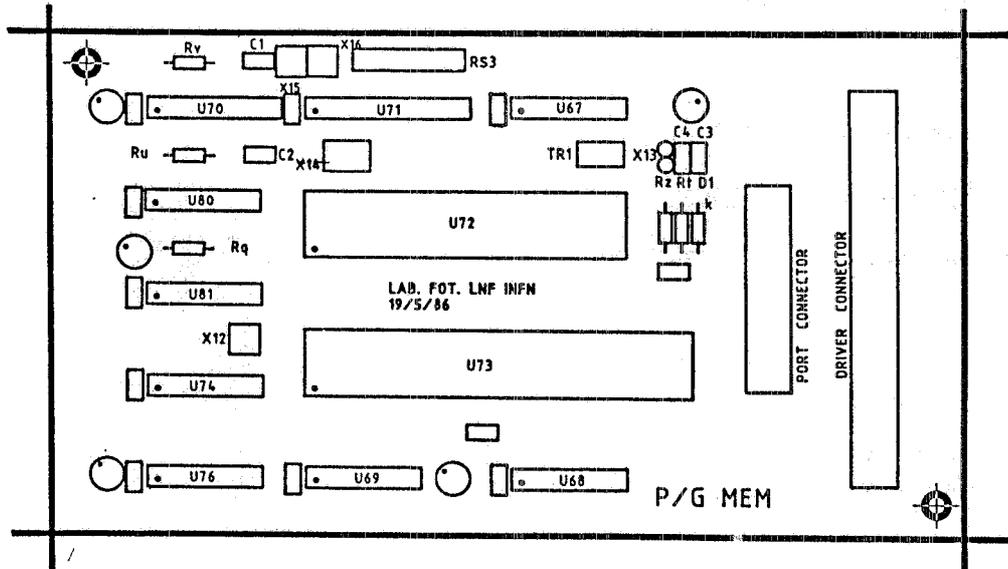


FIG. 28 - Esempio di Serigrafia.

Occorre precisare che prima del processo serigrafico, sulla piastra viene applicato uno strato di **Photo Resist** altamente isolante.

L'inserimento di tale strato permette di preservare il circuito da eventuali corti, di fare da base per la stesura serigrafica e di consentire la saldatura solo alle piazzole relative ai componenti elettronici, mantenendo inalterata, invece, la protezione per tutte le piazzole relative a fori d'interconnessione.

Proprio in merito a quest'ultimo problema, nella progettazione del Master, viene previsto un'ulteriore foglio chiamato **Piano Solder Resist**, sul quale in corrispondenza delle piazzole sopra menzionate, presenti sul Piano di Foratura, vengono applicate delle Piazzole Piene, generalmente, data la loro trasparenza, di colore Rosso per facilitare la sovrapposizione, e leggermente più larghe (Fig. 29).

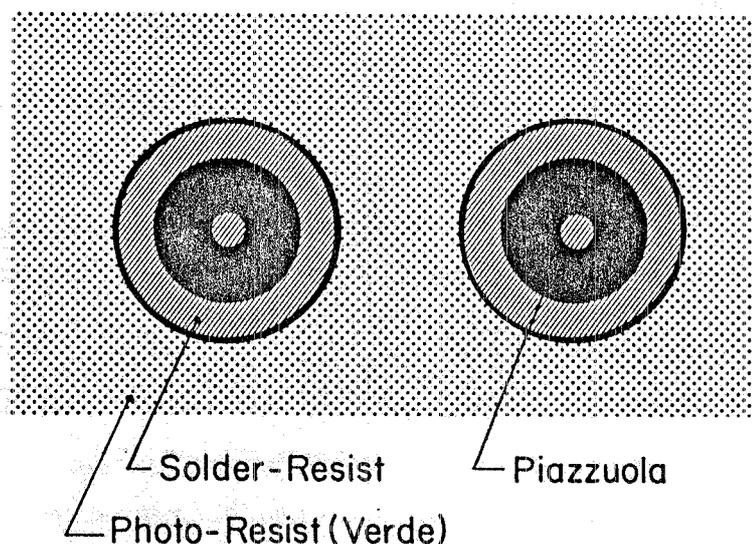


FIG. 29 - Particolare ingrandito di un'esempio di Piano Solder Resist.

Per il perfetto centraggio, sia di quest'ultimo piano che di quello serigrafico con la piastra finale, occorrerà prevedere delle mire di precisione posizionate in maniera asimmetrica all'interno della piastra (Fig.30). Poiché generalmente queste due ultime lavorazioni vengono effettuate a circuito finito e quindi già scontornato.

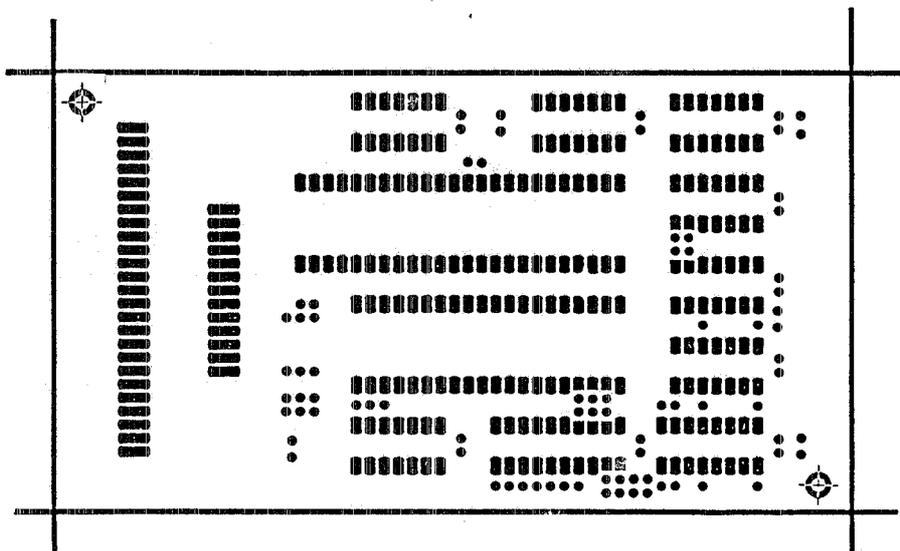


FIG. 30 - Esempio di Piano Solder Resist.

Infatti l'unica possibilità che si ha per riuscire, una volta scontornata la piastra, ad effettuare tali accoppiamenti è che le mire in questione siano già **incise sulla Piastra**.

Pertanto bisognerà averle già applicate sul Master e posizionate in un punto libero da piste.

Si consiglia, quindi, di posizionarle a Nastratura ultimata e di applicarle sul Piano di Foratura in modo da averle contemporaneamente sia sul Lato Componenti sia sul Lato Saldature (Fig.32).

Inoltre nel disegnare la Serigrafia occorre tener presente che il Piano Solder Resist restringe ulteriormente la zona su cui applicare il disegno (Fig. 31).

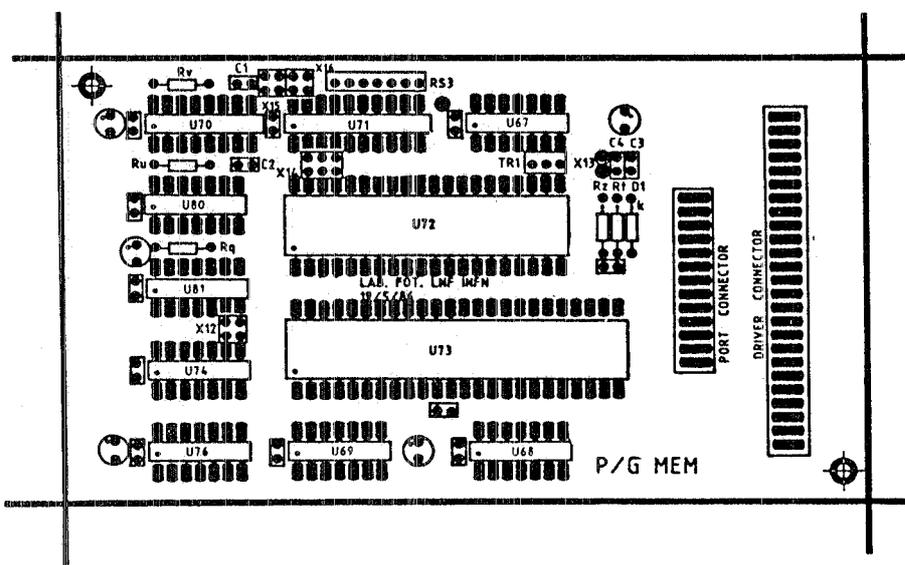


FIG. 31 - Esempio di accoppiamento del Piano Serigrafico con il Piano Solder Resist.

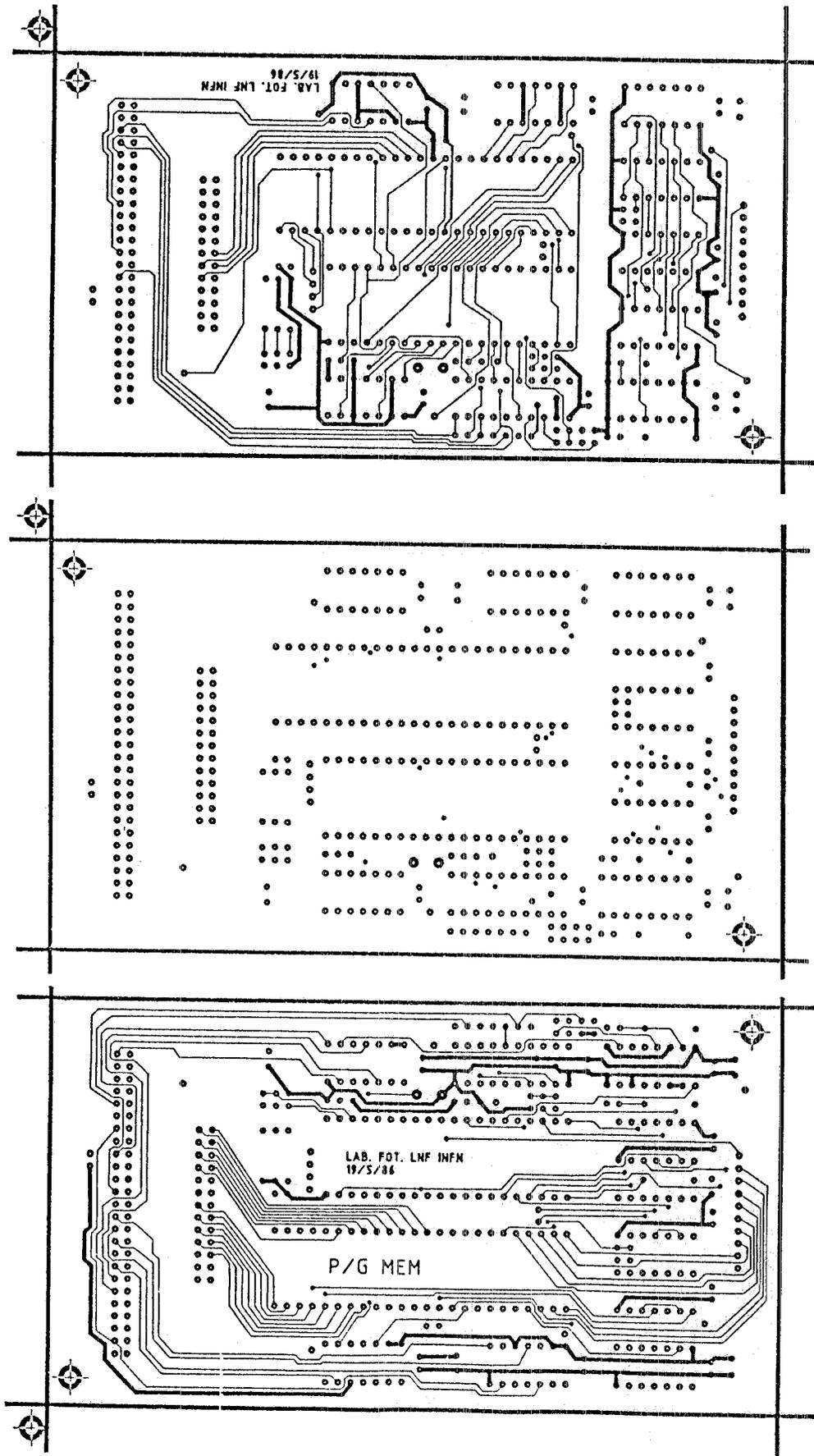


FIG. 32 - Sono mostrati i tre Piani fondamentali del Master: Piano di Foratura (al centro), Piano Componenti (a sinistra), Piano Saldature destra); notare il posizionamento delle mire in zona sgombra da piste per il futuro centraggio del Piano Scrigrafico e del Piano Solder Resist.

Quindi per non vedere spezzettata o quasi totalmente cancellata la Serigrafia conviene, prima di disegnare il componente elettronico, vedere bene dove rimarrà lo strato protettivo.

Occorre inoltre aggiungere che le stesse considerazioni valgono anche per il posizionamento delle sigle relative ad ogni singolo componente.

A scopo puramente illustrativo vengono qui di seguito mostrate alcune serigrafie semplificate che potranno essere d'aiuto nei casi in cui lo spazio a disposizione è estremamente ridotto (Fig. 33).

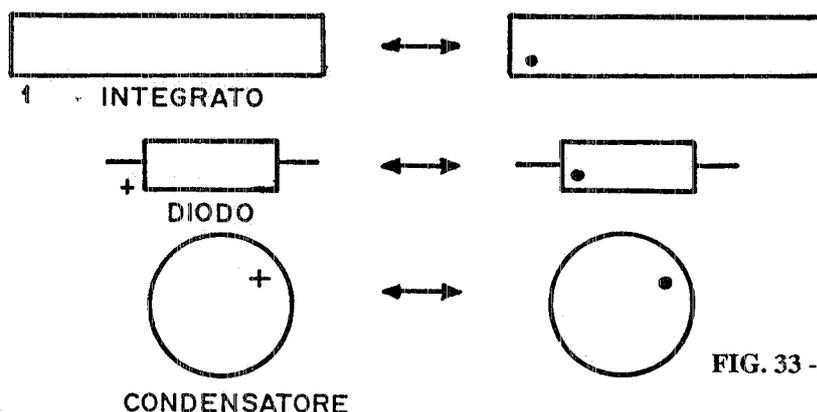


FIG. 33 - Esempi di Serigrafia semplificata.

18. - Doratura Contattiere

Per circuiti che richiedono questa specifica lavorazione elettrolitica, occorre procedere, durante la progettazione del Master, secondo le istruzioni che seguono:

- 1) usare connettori che abbiano un'estremità in corto (Fig. 34a);
- 2) collegare la pista di corto ad una piazzola esterna alla piastra e in alto rispetto ai contatti, per consentire l'applicazione del morsetto di contatto per la doratura galvanica (Fig. 34b);
- 3) specificare bene la zona di taglio per il connettore (Fig. 34b).

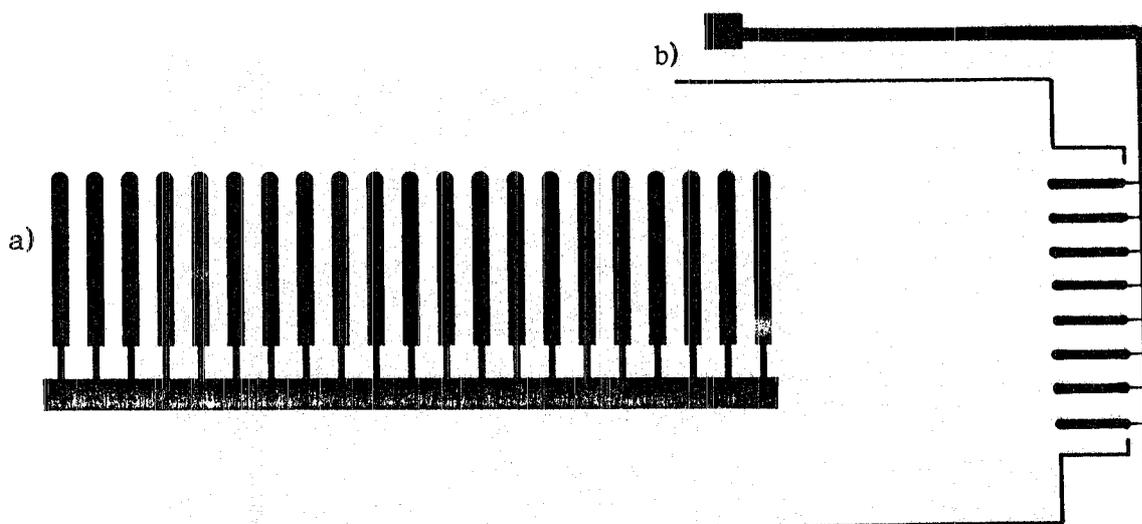


FIG. 34 - a) Esempio di connettore con un'estremità in corto per il contatto galvanico; b) Esempio di una scheda con il connettore da dorare; notare la piazzola rettangolare per l'applicazione del morsetto e i bordi di taglio del connettore.

19. - Massa Diffusa

Rappresenta una novità estremamente interessante e, data l'alta proprietà schermante, un valido aiuto nel campo dei circuiti stampati dedicati alla banda delle alte frequenze.

Consiste essenzialmente di una massa sparsa su tutta la piastra, che comprende anche le piste e le piazzole collegate ad essa.

Un'elaborato Processo Fotografico consente alla massa di spandersi su tutta la piastra e di distanziarsi, per l'opportuno isolamento, dalle piste e dalle piazzole di un valore, in scala 1:1, di circa 0.5 - 0.9 mm.

Nella progettazione del Master, in questi casi, si rende necessaria una distinzione nel Piano di Foratura, fra Piazzole Semplici e Piazzole di Massa.

Essa viene ottenuta mediante l'inserimento di un'ulteriore foglio, il cosiddetto **Piano di Massa**, sul quale sono applicate solo ed esclusivamente tutte le Piazzole di Massa.

Quindi per la Progettazione di un circuito stampato occorreranno non più tre piani fondamentali bensì quattro ovvero: a) - il **Piano delle Piazzole Semplici (non a Massa)**; b) - il **Piano di Massa**; c) - il **Lato Componenti**; d) - il **Lato Saldature**.

Questa procedura consente, alla sopra enunciata elaborazione fotografica, di avere la completa immersione delle piazzole di massa nella Massa Diffusa.

Infatti per l'ottenimento dei tre positivi finali, ovvero Piano di Foratura (completo di tutti i fori), Piano Componenti e Piano Saldature, si dovrà di volta in volta nelle fasi di accoppiamento considerare o meno il Piano di Massa.

Pertanto per la riproduzione del Piano di Foratura affinché il positivo sia dotato di tutte le piazzole, dovranno essere accoppiati i due Piani con le Piazzole.

Mentre per la riproduzione degli altri due Piani l'esclusione del Piano di Massa dagli accoppiamenti consentirà, invece, la completa e necessaria immersione delle Piazzole di Massa nella Massa Diffusa.

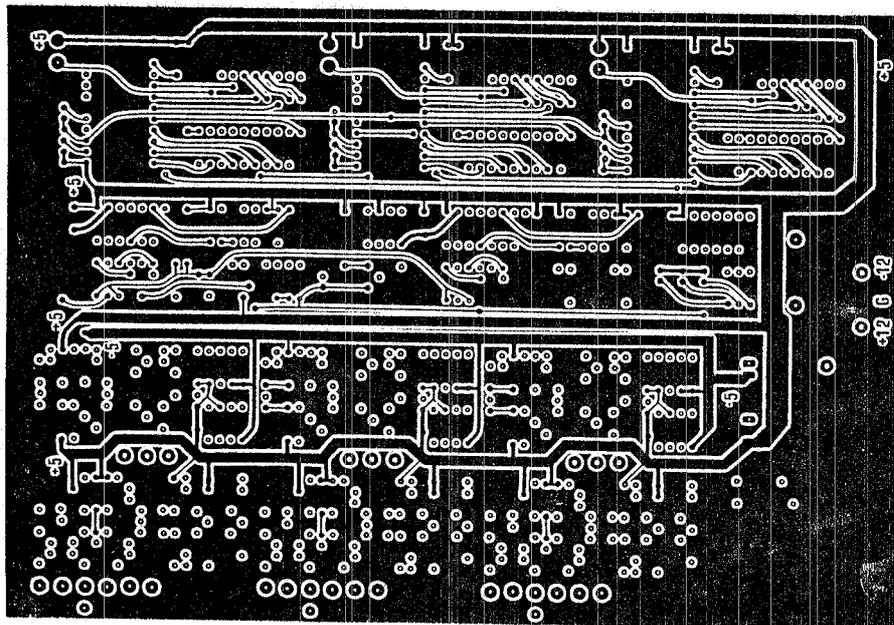


FIG. 35 - Esempio di Massa Diffusa. Notare la completa assenza delle Piazzole di Massa.

20. - Distanza Minima fra Piste per Passaggio Pista di Massa

Un problema che si presenta molto spesso nei circuiti ad Alta Frequenza, e che può facilmente essere risolto tramite l'ausilio della Massa Diffusa, è lo schermaggio di alcune piste di segnale.

Il processo Fotografico consente, nei casi in cui è previsto uno spazio adeguato, di creare una pista di schermatura collegata alla massa, la cui larghezza è direttamente proporzionale alla distanza fra le piste di segnale.

L'attenzione, quindi, nella progettazione del Master, è principalmente centrata nell'esatta determinazione di questa misura.

Generalmente la minima distanza che consente, ancora, il passaggio di una pista di massa del valore di 0,3 mm di larghezza, fra due piste di segnale è, in scala 1:1, di circa 1,2-1,3mm.

21. - Master Rosso - Bleu

L'esecuzione della nastratura, nella Progettazione Master, può essere effettuata, oltre che con i metodi precedentemente trattati, anche mediante l'uso di nastri Rossi e Bleu.

Questa possibilità è consentita perché il processo fotografico, che come abbiamo già detto segue la Nastratura, permette di estrarre le pellicole, relative al Lato Componenti e al Lato Saldature della piastra, tramite l'ausilio di particolari filtri.

Il ruolo principale di questi filtri è quello di evidenziare un colore rispetto a l'altro e consentire così la distinzione dei due lati.

La procedura da seguire durante la nastratura è molto semplice, si tratta di seguire le indicazioni della sbrogliatura applicando sia i nastri che le piazzole su un'unico foglio.

L'unica fase da seguire con molta attenzione è l'applicazione delle sigle; si consiglia di adoperare in questo caso o lettere dello stesso colore del lato a cui si riferiscono o sovrapporre, al foglio base, due fogli, uno per lato, su cui applicare le sigle secondo le norme dettate nel paragrafo omonimo.

Vantaggi:

- 1) Esecuzione del lavoro su un solo foglio;
- 2) Completa assenza di accoppiamenti;
- 3) Massima precisione del Piano di Foratura;

Svantaggi:

- 1) Difficoltà estrema, durante la lavorazione, specie nel caso di un numero elevato di connessioni per l'inserimento di eventuali modifiche data la sovrapposizione incrociata dei nastri Rossi e Bleu.

N.B. Sono consentiti solo tre sovrapposizioni di nastri dello stesso colore questo perché oltre i tre strati la pellicola non distingue più il colore legge nero, e di conseguenza riporta su tutti e due i lati della piastra.

22. - Pulizia dei Fogli

I cortocircuiti sono determinati quasi sempre, a meno di collegamenti errati, da piccoli frammenti di rame interposti fra le piste, che normalmente sfuggono al processo d'incisione.

La causa principale, che li determina e che inoltre é comune alla Nastratura, alla Riproduzione Fotografica e alla Realizzazione del Circuito Stampato, é da ricercarsi quasi sempre nella mancanza totale o meno di una corretta pulizia.

Infatti, per quanto riguarda la Nastratura, la presenza di polvere, pelurie, residui di nastrino e tracce di collante, possono, data la loro casualità, facilmente inserirsi fra le piste e dare luogo così, sulla piastra finale, ai tanto fatidici quanto indesiderati cortocircuiti.

Pertanto si consiglia, durante la Nastratura, di seguire le seguenti norme:

- 1) non lavorare mai con maglioni, che potrebbero lasciare pelurie, ma servirsi dei camici da lavoro;
- 2) tenere sempre pulito il piano di lavoro in modo che non sporchi i fogli;
- 3) coprire sempre il Master tra le pause di lavorazione;
- 4) utilizzare sempre materiale pulito;
- 5) asportare sempre, tutto il collante residuo, ogni volta che si effettuano degli spostamenti di nastri.

23. - Conservazione

L'alto valore, data la sua unicità, che il Master presenta, ai fini della realizzazione del prototipo, e la possibile necessità di elaborare ulteriori modifiche, consigliano di utilizzare raccoglitori a cassette orizzontali (Fig. 36) posizionati in luoghi asciutti e lontani da fonti di calore, in modo da limitare il più possibile i probabili spostamenti, dovuti ai cedimenti del collante, dei nastri applicati.

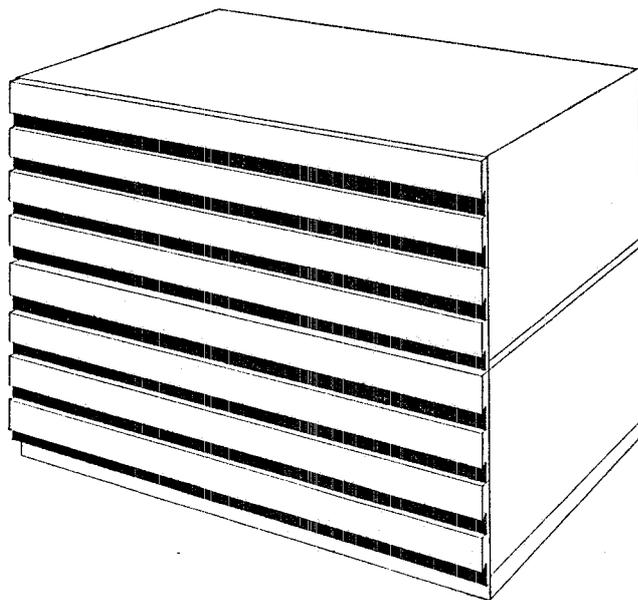


FIG. 36 - Esempio di contenitore per Master a cassette orizzontali.

24. - Procedura per la Realizzazione del Circuito Stampato

Il presente paragrafo ha lo scopo di completare ai lettori la panoramica informativa in merito alla tecnica di realizzazione di un Circuito Stampato.

Le varie fasi, in ordine cronologico, che compongono il processo della Realizzazione del Circuito Stampato, considerato il caso di un Bifaccia, consistono in:

- 1) determinazione delle esatte dimensioni della scheda;
- 2) scelta della vetronite;
- 3) taglio della scheda alle misure richieste maggiorate, per comodità di lavoro, di un certo valore;
- 4) taglio di un Supporto Ramato alle stesse misure del comma precedente che avrà la duplice funzione di maschera di foratura ed protezione da eventuali graffi per la Piastra;
- 5) pulizia del supporto con Macchina ad acqua, dotata di spazzole abrasive rotanti;
- 6) asciugatura ed essiccazione in forno;
- 7) stesura del Photo-Resist a caldo sul supporto;
- 8) centratura e fissaggio del Piano di Foratura sul supporto;
- 9) esposizione con lampade a Raggi Ultravioletti in Bromografo;
- 10) sviluppo della Maschera di Foratura in apposita macchina con getti di sviluppo a pressione;
- 11) essiccazione della Maschera in forno;
- 12) accoppiamento e serraggio della Maschera con la Piastra Base;
- 13) determinazione dei vari Diametri di foratura per le piazzole della scheda finale;
- 14) installazione della Punta sul Trapano Speciale (Dotato di Visore con mira di precisione per il perfetto centraggio delle piazzole);
- 15) esecuzione della Foratura;
- 16) apertura del pacchetto con eliminazione della Maschera di Foratura;
- 17) lucidatura della piastra;
- 18) asciugatura;
- 19) immersione progressiva temporizzata della piastra nella serie dei Bagni Acidi, preparativi al deposito chimico del Rame nei fori (Metallizzazione);
- 20) deposizione chimica del Rame sulla piastra, mediante immersione temporizzata, in bagno chimico di Rame;
- 21) deposizione galvanica del Rame sulla piastra, mediante immersione temporizzata, in bagno galvanico di Rame (omogeneizzazione dello strato di Rame);
- 22) lavaggio della Piastra;
- 23) asciugatura ed essiccazione in forno;
- 24) stesura a caldo del Photo - Resist sulla Piastra;
- 25) centratura e fissaggio delle due Pellicole sui lati della Piastra (lato Componenti e lato Saldature);
- 26) esposizione, mediante macchina a raggi ultravioletti collimati, dei due lati della piastra;
- 27) sviluppo del Photo - Resist;

- 28) essiccazione della Piastra in Forno;
- 29) sgrassaggio di Preramatura in bagno acido mediante immersione della piastra;
- 30) ulteriore deposito galvanico di Rame sulla piastra preparativo al deposito galvanico dello Stagno;
- 31) lavaggio;
- 32) deposito galvanico di Stagno sulla piastra mediante immersione temporizzata in bagno galvanico;
- 33) lavaggio;
- 34) strippaggio Photo - Resist dalla Piastra mediante macchina dotata di solvente;
- 35) lavaggio;
- 36) incisione della Piastra in Macchina a getti di acido a pressione;
- 37) lavaggio;
- 38) asciugatura ed essiccazione in forno;
- 39) stesura a caldo del Solder - Resist;
- 40) centratura del Piano Solder - Resist sulla piastra;
- 41) esposizione con lampade a Raggi Ultravioletti;
- 42) sviluppo della piastra;
- 43) lavaggio;
- 44) essiccazione in forno;
- 45) stesura del Materiale Serigrafico;
- 46) centratura del Piano Serigrafico sulla piastra;
- 47) esposizione;
- 48) sviluppo;
- 49) lavaggio;
- 50) essiccazione;
- 51) taglio alle Dimensioni Richieste e Finitura della Piastra.

Bibliografia

Testi:

- 1) L'assemblaggio Elettronico: Editoriale Delfino;
- 2) Il libro dei Circuiti Stampati: Franco Muzzio & C. Editore.

Cataloghi

- 1) Bishop;
- 2) Mecanorma.