

Design for Testability

Bed of Nails

Codice: 82140020.045
Version 3

INDICE

1	Progettazione della contattazione della scheda	2
1.1	Quando toccare la scheda	3
1.1.1	Collaudo In circuit dei componenti passivi e attivi (punto Master)	3
1.1.2	Scelta secondo punto di contatto (punto Kelvin)	4
1.2	Dove posizionare i punti da toccare	5
1.2.1	Lato di contattazione	5
1.2.2	Distribuzione dei punti di contatto	6
1.2.3	Distanza tra i punti contatto di contatto	6
1.2.4	Scelta della locazione del punto di contatto	7
1.2.5	Zone d'ombra dovute ai componenti adiacenti	8
1.2.6	Maggiore precisione di contattazione (piantaggio a zero)	9
1.3	Su quale punti toccare la scheda	10
1.3.1	Test Pad (prima scelta)	10
1.3.2	Test Pad su traccia (seconda scelta)	11
1.3.3	Pin di componenti tradizionali (terza scelta)	12
1.3.4	Via (quarta scelta)	13
2	Progettazione meccanica della scheda	15
2.1	Dimensioni della scheda e altezza dei componenti	15
2.2	Fori di riferimento	16
2.3	Area libera da componenti	16
2.4	Trasportabilità della scheda	17
2.4.1	Area libera da componenti	17
2.4.2	Peso della scheda	17
2.4.3	Posizionamento dei fori di riferimento	17
2.5	Pannelli di schede	18
2.5.1	Fori di riferimento	18
3	Progettazione elettrica della scheda	19
3.1	Circuiterie analogiche e digitali	20
3.1.1	Circuiti di inizializzazione	20
3.1.2	Oscillatori	20
3.1.3	Circuiti integrati digitali	21
3.1.4	Circuiti integrati analogici	23
3.1.5	Microprocessori e Microcontrollori	24
3.2	On board programming	25
3.2.1	Direct programming	25
3.2.2	Indirect programming	25
3.2.3	Disabilitazione del microprocessore	25
3.2.4	Accessibilità dei segnali	26
3.3	Boundary Scan	27
3.3.1	Uso dispositivi conformi allo standard IEEE-1149.1	27
3.3.2	Collegamento componenti alla catena	27
3.3.3	Connettore JTAG	27
3.3.4	Isolamento singolo componente dalla catena	27
3.3.5	Terminazione dei segnali del TAP	28
3.3.6	Accorgimenti sul pin di clock	28

3.3.7	Filtraggio dell'alimentazione	29
3.3.8	Necessità dei file BSDL (Boundary Scan Description Language)	29
3.3.9	Trattamento dei pin associati alla "Compliance enable"	29
3.3.10	Numerazione dei pin dei componenti	29
4	Progettazione del file CAD	30
4.1	File CAD	30
4.1.1	Part List	30
4.1.2	Net List	30
4.1.3	Coordinate List	30
4.1.4	Access List	30
4.1.5	Track List	30
4.2	Formati CAD supportati	31
5	ECO	32

INTRODUZIONE

La “testabilità” di un prodotto può essere descritta come la comodità con la quale una scheda, o un componente, può essere verificato con l'atteso grado di precisione.

La testabilità non è un'innovazione tecnologica, ma una razionalizzazione tecnologica. È un modo di progettare i prodotti che crea una costante consapevolezza dell'importanza di concepire un collaudo semplice durante l'ingegnerizzazione della scheda.

La testabilità, se introdotta già durante la fase di progetto, consente di ridurre drasticamente il costo ed il tempo dedicato al collaudo.

I risparmi, in termini di tempo e di danaro, consentiti dal progetto di schede seguendo i criteri del “design for tesability” sono, ovviamente, i vantaggi immediatamente visibili. La maggiore efficienza e precisione del collaudo, la maggiore redditività del prodotto sono ulteriori vantaggi.

Il design for testability consente di:

- Ridurre il tempo necessario per passare dal progetto alla produzione.
- Ridurre il coinvolgimento dei progettisti durante lo start up della produzione
- Incrementare lo scambio di conoscenze e cooperazione tra i tecnici del progetto, dell'ingegneria e della produzione
- Ridurre i costi iniziali e normali del ciclo produttivo
- Garantire una migliore diagnostica, a livello di componente o pin, con conseguente riduzione del tempo medio di riparazione.

Alcuni concetti importati di questo documento sono stati messi in evidenza usando i simboli che seguono:



Definizioni delle parole chiave usate nel documento.



Regole da seguire per la progettazione della scheda.



Rimandi a documentazione Spea dove trovare informazioni più dettagliate.



Indicazione di variazioni del prezzo dell'attrezzatura di collaudo nel caso non si possa seguire quanto consigliato nel documento.

1 Progettazione della contattazione della scheda

Le schede collaudate sui sistemi di test automatici, richiedono alcune semplici regole di progetto meccanico che possono, semplificarne ed aumentarne la loro testabilità.

In questo capitolo vengono descritte le regole per progettare la scheda, dal punto di vista della contattazione, in modo da avere un collaudo stabile e ripetibile.

1.1 Quando toccare la scheda

La scheda va toccata in tutte le net dove si ritiene utile verificarne la bontà delle connessioni e dei componenti connessi.

1.1.1 Collaudo In circuit dei componenti passivi e attivi (punto Master)

Per garantire l'attesa copertura diagnostica di un programma di test, ogni net della scheda deve essere contattabile in almeno un punto (punto Master).

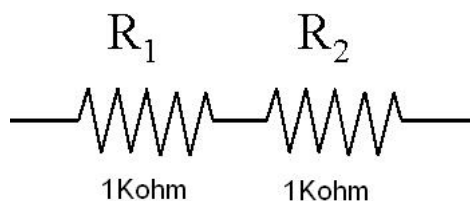
Ovviamente tutte le net non direttamente contattate risulteranno completamente o parzialmente scoperte dal collaudo.

Tuttavia se a causa delle tecnologie utilizzate per la realizzazione della scheda, si è costretti a scendere a compromessi e dover non posizionare alcuni punti di test, ci sono alcune connessioni tra componenti che si possono collaudare con relativa facilità:

- **Serie di due o più resistenze**
Non contattando le connessioni tra i componenti si può leggere il valore totale della serie.
- **Serie di una resistenza e un diodo di segnale**
Non contattando le connessioni tra i componenti si può leggere il valore totale della serie.

Questi test consistono nel misurare più componenti insieme misurandone il loro valore equivalente. Così facendo si garantisce la copertura di entrambi i componenti (ma non in maniera parametrizzata) ma non si è in grado di dare una diagnostica dettagliata.

Facendo l'esempio che segue, in caso in cui una delle due resistenze manchi o non sia saldata la diagnostica indicherà che il valore serie delle due non è stato misurato senza dare indicazione di quale delle due sia anomala.



Lo sviluppo di test di più componenti insieme (test cluster) comporta un tempo di realizzazione più lungo e quindi grava sul prezzo del programma di collaudo.



La riparazione di schede con errori segnalati da un test cluster potrebbe aver bisogno di più tempo per la riparazione a causa della non segnalazione precisa di quale componente è Fail.

1.1.2 Scelta secondo punto di contatto (punto Kelvin)



Il punto **KELVIN** ha il compito di far in modo che durante le misure con correnti elevate le resistenze parassite (contatto e della pista) non influenzino la misura.

In alcune configurazioni circuitali, per garantire il miglior collaudo possibile, è suggerito un'ulteriore punto di contatto (punto Kelvin). Qui di seguito alcune delle situazioni dove si rende necessario:

- Condensatori di valore superiore a 10 μ F
- Diodi di bassa-media potenza ($I_f > 50\text{mA}$)
- Resistenze di valore inferiore a 100W
- Transistor bipolari
- Transistor Mos-Fet
- Relè
- Fusibili
- Trasformatori
- Induttanze
- Net di massa
- Net di alimentazione



Per tutti i componenti che lavorano con correnti superiori ad 1A, si suggerisce di predisporre due punti di contatto e, per ogni successiva unità di corrente, prevederne uno addizionale. In questo caso si suggerisce che almeno alcune delle piazzole dedicate alla contattazione siano di forma quadrata, con dimensione pari a 2x2mm e posizionate quanto più possibile vicino ai bordi della scheda. In questo modo, se necessario è possibile usare contatti a molla di dimensioni maggiori per correnti elevate.

Quando il posizionamento del kelvin non è possibile bisogna tenere conto che la misura del componente sotto test potrebbe essere meno parametrizzabile rispetto a quella effettuabile con quattro punti.



L'impiego di molti punti kelvin grava sul prezzo dell'attrezzatura di collaudo.

1.2 Dove posizionare i punti da toccare

Dopo aver scelto quale è il punto di contatto opportuno da predisporre, bisogna decidere quali sono i vincoli meccanici che potrebbero pregiudicare la buona contattazione.

1.2.1 Lato di contattazione



Si definisce **LATO TOP** della scheda quello comunemente chiamato lato componenti.



Si definisce **LATO BOTTOM** della scheda quello comunemente chiamato lato saldature.

Una delle regole fondamentali del Design for Testability, è quella di predisporre il posizionamento di tutti i punti di test su uno solo dei due lati della scheda.

Tipicamente è consigliato prevedere il posizionamento dei punti di test sul lato della scheda meno "affollato" di componenti che, di norma, corrisponde al lato "Bottom".



Con un sistema di contattazione di tipo Bad of Nails la contattazione di PAD dei componenti SMD e da considerarsi non applicabile.

Nel caso in cui la scheda non fosse completamente accessibile da un solo lato, ci si potrebbe trovare in due differenti situazioni:

- **Accessibilità complementare dal lato apposto**

Bisogna prevedere un adattatore a chiodi fissi per entrambi i lati della scheda. Ovviamente questa scelta contribuirà ad aumentare in maniera significativa il prezzo dell'attrezzatura.



Nel caso in cui si decida di progettare una scheda per essere contattata da entrambi i lati andrebbero concentrati al massimo i punti di contatto su uno dei due lati, come regola generale è suggerito di suddividere l'accessibilità in modo da avere sul lato secondario meno del 10% dei punti di test rispetto al lato opposto.



Utilizzare entrambi i lati di contattazione rende più oneroso il prezzo dell'attrezzatura di collaudo.

- **Non accessibilità neanche dal lato opposto**

In questo caso bisognerà verificare se attraverso dei test cluster (serie o paralleli di più componenti) si riesce a verificare porzioni di schede. Così facendo la copertura del test potrebbe essere meno performante e il tempo di sviluppo più dispendioso. Attenzione anche la diagnostica dei guasti potrebbe essere meno esplicita.

1.2.2 Distribuzione dei punti di contatto

Per garantire la planarità della scheda, i testpoint devono essere distribuiti in modo uniforme sulla superficie della scheda.

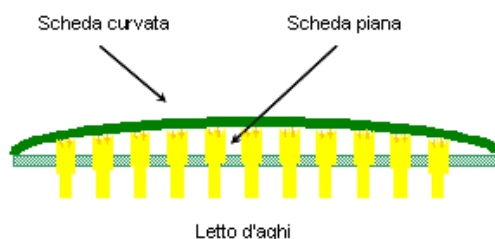
Viceversa, la loro localizzazione in poche aree della scheda, può curvare in modo anomalo la piastra. L'eventuale curvatura della scheda comporterebbe principalmente due pericoli:

- **Non ripetibilità della contattazione**

Rispetto alla posizione aspettata il punto da toccare risulterebbe essere spostato a causa della deformazione della scheda. A tal ragione non può essere garantita la contattazione ripetibile del target. Il fenomeno si accentua con punti di dimensioni minori.

- **Possibilità di rottura dei componenti**

Deformandosi il circuito stampato è possibile che alcuni componenti stressi meccanicamente di spaccino.



Se il concentramento dei PAD in determinate sezioni non è evitabile, si consiglia di predisporre un'area in corrispondenza degli stessi, ma sul lato opposto a quello contattato, per posizionare delle dita di contrasto che possano contrastare la spinta dei puntalini.

I puntalini standard impiegati, hanno una grammatura di 300g per poter incidere eventuali strati di ossido e residuo. Nel caso ce ne fosse il bisogno si possono impiegare puntalini di grammatura minore (100g).



I puntali a 100g non hanno la stessa capacità di quelli a 300g di perforare eventuali strati di ossido o residui pertanto potrebbero presentarsi problemi di contattazione durante il collaudo della produzione.



L'impiego dei puntali a 100g rendono più oneroso il prezzo dell'attrezzatura.

1.2.3 Distanza tra i punti contatto di contatto



Si definisce **DISTANZA TRA DUE PUNTI DI CONTATTO** la distanza tra il centro di due Pad.

Effettuare una scelta adeguata sulla distanza tra due punti che verranno contattati vuol dire progettare una scheda che non avrà problemi di contattazioni non ripetitive.



La distanza minima consigliata è 2.54mm (100mils).

Tenendo come regola il posizionamento dei punti di contatto ad una distanza di 100 mils sarà possibile usare contatti a molla "standard", che garantiscono il contatto ripetitivo nel tempo.

Se per esigenze di layout o per altri motivi non fosse possibile garantire la distanza di 2.54mm tra i test pad è suggerito in ogni caso disporli ad una distanza non inferiore a 1.27mm (50mils). La distanza tra due punti, comporta la scelta obbligata su che tipo di ricettacoli verranno utilizzati.

Tipo	Affidabilità	Disponibilità	Tipi	Durata	Costo
100 mils	Ottima	Buona		Ottima	Basso
75 mils	Buona	Sufficiente	Buona	Medio	
50 mils	Sufficiente	Sufficiente		Scarsa	Alto



I punti di contatto a 50mils risultano essere sufficientemente affidabili solo nel caso in cui si esegua una manutenzione accurata dell'attrezzatura. Infatti questi tipi di punti richiedono una maggiore attenzione ed una sostituzione periodica.



L'impiego dei ricettacoli a 75 o 50 mils rende l'attrezzatura più costosa.

1.2.4 Scelta della locazione del punto di contatto

Scegliere di posizionare il punto di contatto, in un posto piuttosto che in un altro può far cambiare il grado di copertura di una scheda.

Principalmente le scelte da effettuare sono:

- **Vicino al connettore**
In questo modo verrebbe collaudata quasi la totalità della continuità della pista (dal connettore a tutti i componenti connessi collaudati).
- **Vicino ai componenti critici**
Posizionato vicino ai pin di resistenze a basso valore o capacità di alto valore, ridurrebbe (in caso di test senza il punto kelvin) la resistenza parassita introdotta dalla pista.
- **Vicino ai componenti non collaudabili**
In questo caso si riuscirebbe a coprire la continuità delle net fino al componente di cui non si riesce ad eseguire il test.

In una configurazione circuitale come quella che segue, pensando di contattare i testpoint la situazione che si ottiene è la seguente:

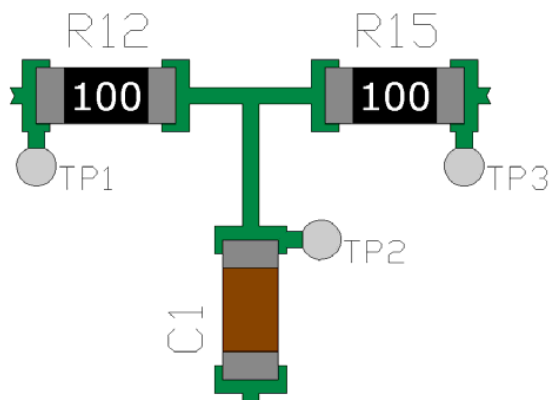
Tra TP1 e TP2

Collaudo di R12,
Collaudo continuità pista da TP1 a R12
Collaudo continuità pista da TP2 a R12

Tra TP2 e TP3

Collaudo di R15,
Collaudo continuità pista da TP2 a R15
Collaudo continuità pista da TP3 a R15

Di conseguenza anche la connessione tra il TP1 e il TP3 risulta essere verificata

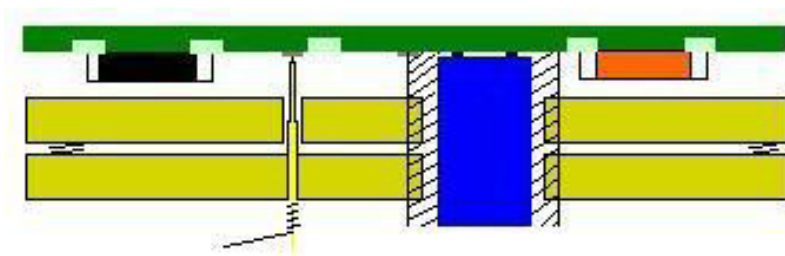


1.2.5 Zone d'ombra dovute ai componenti adiacenti

Quando ci sono dei componenti montati sullo stesso lato in cui si vuole contattare la scheda, si può incorrere nel problema di dover rinunciare ad alcuni punti in quanto si trovano in corrispondenza di uno scarico sul piano di piantaggio ricettacoli.

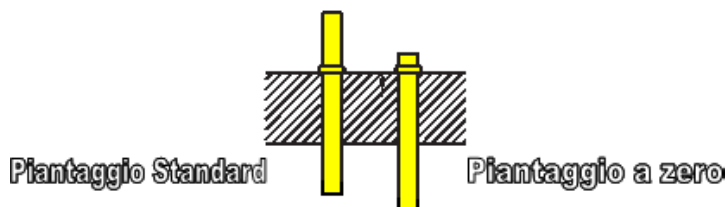
Le altezze massime cambiano in base al tipo di piantaggio dei ricettacoli:

- Fixture con ricettacoli piantaggio h= 6,5mm**
 L'altezza massima che può avere un componente montato sul lato in cui avviene la contattazione è pari a 10mm.
 Nel caso in cui si abbia la necessità di posizionare punti di test nei pressi di componenti più alti di 10mm, questi ultimi devono essere posizionati ad una distanza minima dal bordo del componente pari a 4mm (la distanza è riferita al centro del testpoint)
- Fixture con ricettacoli piantaggio a "zero"**
 L'altezza massima che può avere un componente montato sul lato in cui avviene la contattazione è pari a 6mm.
 Nel caso in cui si abbia la necessità di posizionare punti di test nei pressi di componenti più alti di 6mm, questi ultimi devono essere posizionati ad una distanza minima dal bordo del componente pari a 4mm (la distanza è riferita al centro del testpoint).



1.2.6 Maggiore precisione di contattazione (piantaggio a zero)

Quando la tecnologia dei componenti non permette il posizionamento di punti di contatto con un diametro sufficientemente affidabile, o si è costretti ad utilizzare puntalini a 50 mils, si rende necessario ricorrere alla tecnologia del piantaggio a zero dei ricetacoli.



La scelta di impiegare puntalini idonei per il piantaggio a zero comporta una spesa maggiore (sia come costo materiale che come lavorazione), rispetto a quelli di tipo standard (piantaggio 6.5mm).

La differenza rispetto al piantaggio dei ricetacoli tradizionale, consiste nell'inserire tutto il corpo del ricettacolo nel piano fisso dell'adattatore (piano piantaggio ricetacoli). Per compensare la minor altezza del pacchetto chiodo + ricettacolo si rende necessario usare un kit fixture apposito con piani di spessore differente.

Così facendo si garantisce la perpendicolarità del ricetacoli e quindi si riducono le possibilità di non "centrare" il punto da toccare.

1.3 Su quale punti toccare la scheda

Collaudare vuol dire contattare la scheda in maniera affidabile e ripetitiva per evitare falsi errori durante la fase di produzione. Per tal ragione, la scelta di come contattare la scheda segue delle priorità.



Allo scopo di permetterne la scelta della priorità di contattazione durante la fase di generazione del test è necessario che ogni tipo di punto di contatto (anche della stessa tipologia) venga caratterizzato all'interno del file CAD utilizzando il tipo di case o il part number corretto per il tipo di componete.

Bisogna tenere ben presente che i punti di test predisposti per il collaudo possono anche essere disomogenei. Dove possibile è sempre meglio posizionare punti con priorità minore solo quando e dove non è possibile usarne uno "migliore".

1.3.1 Test Pad (prima scelta)



Si definisce **TEST PAD** (piazzola di collaudo) un pad metallizzato, nel caso ideale dorato, dedicato in modo esclusivo al collaudo.

Per garantire una buona contattazione, i test pad devono essere ricoperti di materiale conduttivo e non soggetti ad ossidazione. Così facendo la qualità della contattazione viene garantita anche in caso di tempi di stoccaggio lunghi tra montaggio e collaudo della scheda.



Le dimensioni suggerite del test pad sono pari ad un $1 \div 1,2$ mm per lato.

In caso in cui i vincoli meccanici, non consentissero il posizionamento di test pad dalle dimensioni di 1,2 mm, è possibile contattare test pad di dimensione inferiore a 1 mm (dimensione minima consigliata 0,8 mm), a patto che sia assicurata la planarità della scheda.



Nel caso in cui si posizionano punti con diametro inferiore a 1mm bisognerà applicare il piantaggio a zero dei ricettacoli e di conseguenza si avrà un aumento del costo dell'attrezzatura.

1.3.2 Test Pad su traccia (seconda scelta)



Si definisce **TEST PAD SU TRACCIA** una porzione di pista scoperta da solder resist, dedicata in modo esclusivo al collaudo.

Per garantire una buona contattazione, i test pad devono essere ricoperti di materiale conduttivo e non soggetti ad ossidazione. Così facendo la qualità della contattazione viene garantita anche in caso di tempi di stoccaggio lunghi tra montaggio e collaudo della scheda.



Le dimensioni suggerite del test pad su traccia sono pari ad un $1 \div 1,2$ mm per lato.

In caso in cui i vincoli meccanici, non consentissero il posizionamento di test pad dalle dimensioni di 1,2 mm, è possibile contattare test pad di dimensione inferiore a 1 mm (dimensione minima consigliata 0,8 mm), a patto che sia assicurata la planarità della scheda.



Nel caso in cui si posizionano punti con diametro inferiore a 1mm bisognerà applicare il piantaggio a zero dei ricettacoli e di conseguenza si avrà un aumento del costo dell'attrezzatura.

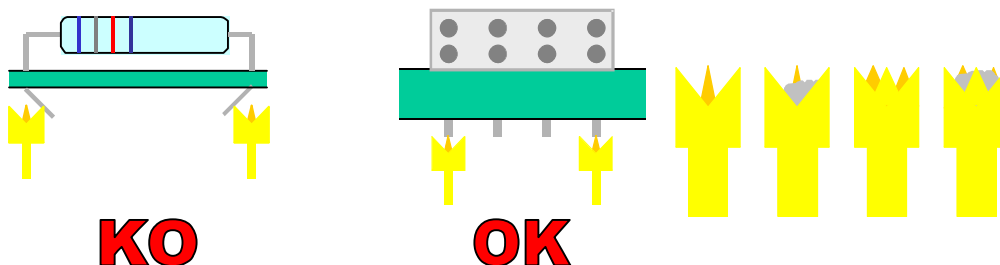
1.3.3 Pin di componenti tradizionali (terza scelta)



Si definisce **PIN DI COMPONENTE TRADIZIONALE** il punto di saldatura di un componente PTH.

I pin dei componenti in tecnologia tradizionale (PTH) costituiscono una seconda buona scelta se:

- **Lunghezza dei reofori**
Il reoforo deve essere "rasato" ad una lunghezza predefinita. Nel caso non fosse così, il reoforo potrebbe interferire con il movimento del probe causando imprecisioni nel posizionamento e il degrado del puntalino.
- **Lavaggio scheda**
La scheda va sempre lavata. Molto spesso il mancato lavaggio delle schede dopo il processo di saldatura, crea uno strato di materiale che non sempre viene scalfito dalla punta dei contatti a molla usati per il collaudo. Test dopo test residui di solder potrebbero depositarsi sull'estremità del chiodo ricoprendolo. La precisione della misura potrebbe così essere alterata. Se la scheda non è stata lavata i residui di fluxante, o la pasta saldante usata, possono concorrere ad aumentare la resistenza di contattazione dei probe, criticizzando così le misurazioni di piccole resistenze e di alte capacità.



I chiodi utilizzati per la contattazione dei Pin THT, sono soggetti ad un'usura più accelerata rispetto a quelli usati per test pad. Questo perché la loro forma favorisce l'accumularsi di residui di stagno sulla propria punta.

1.3.4 Via (quarta scelta)



Si definisce **VIA** un foro metallizzato utilizzato per portare un segnale da un layer and un altro layer.

I fori di via, in generale, non possono essere considerati un ottimo punto di contatto, sebbene alcuni accorgimenti possono farli diventare punti di test abbastanza affidabili per il collaudo.



Le dimensioni suggerite del via sono pari ad un 1÷1.2mm per lato.

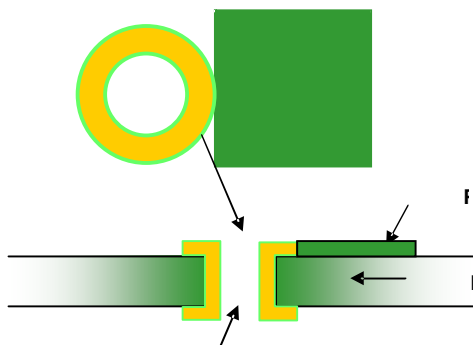
In caso in cui i vincoli meccanici, non consentissero il posizionamento di test pad dalle dimensioni di 1.2 mm, è possibile contattare test pad di dimensione inferiore a 1mm (dimensione minima consigliata 0.8 mm), a patto che sia assicurata la planarità della scheda.

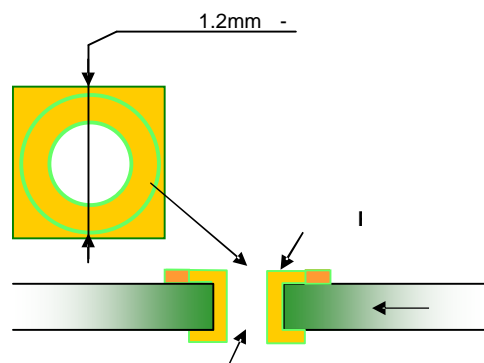


Nel caso in cui si posizionano punti con diametro inferiore a 1mm bisognerà applicare il piantaggio a zero dei ricettacoli e di conseguenza si avrà un aumento del costo dell'attrezzatura.

I vias possono essere principalmente suddivisi in tre categorie:

- **Vias ricoperto di stagno (prima scelta)**
Scoprendo il punto dal solder e ricoprendolo di stagno, il vias, diventa un punto di contattato affidabile. Bisogna fare in modo che lo stagno sia presente sui vias di tutte le schede in produzione.
- **Vias seguito da un pad (seconda scelta)**
Aumentando un lato della corona metallica del via, si crea di fatto un test pad posizionato nelle immediate vicinanze del foro di via. L'area che viene a crearsi è da considerarsi un normale test pad.





- Vias scoperto da solder (terza scelta)**

Condizione necessaria per il contatto di un foro di via, è che il loro bordo metallico sia privo di solder resist, meglio ancora se il via è dorato. In questo caso, il via deve avere un diametro di almeno 1.2mm.




Nel caso in cui su una scheda ci sia il bisogno di posizionare più vias di tipo diverso, si rende necessario differenziare il loro part number identificativo all'interno del file cad.

2 Progettazione meccanica della scheda

2.1 Dimensioni della scheda e altezza dei componenti

Elemento fondamentale da tenere presente durante il progetto di una scheda, sono le sue dimensioni massime che le permettono di essere alloggiata sull'adapter.



RECEIVER	SISTEMI	DIMENSIONI MAX SCHEDA	ALTEZZA MAX COMPONENTI
	MOTORIZED DRAWER 3030	380 x 540 mm	Lato Top: 90mm Lato Bottom: 10mm
	PNEUMATIC DRAWER 3030	380 x 540 mm	Lato Top: 90mm Lato Bottom: 10mm
	IN-LINE 3030	380 x 540 mm	Lato Top: 90mm Lato Bottom: 40mm
	LOW COST PNEUMATIC 3030	360 x 400 mm	Lato Top: 96mm Lato Bottom: 40mm
	SAR 3600 3030 Unitest Easytest	370 x 480 mm	Lato Top: 96mm Lato Bottom: 40mm
	SAR 90 e SAR 120 3030 Unitest Easytest	370 x 480 mm	Lato Top: 96mm Lato Bottom: 40mm



Se l'altezze dei componenti verso il contrasto fossero più di quelle descritte bisognerebbe sviluppare un contrasto speciale e quindi più costoso.



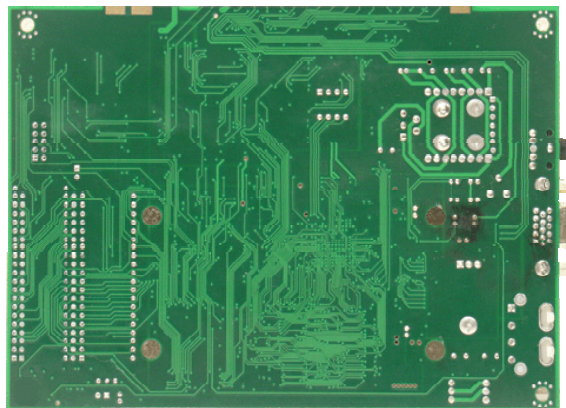
Sui sistemi in linea le dimensioni devono essere scrupolosamente rispettate. Pena rendere la scheda non collaudabile su quel tipo di sistema.

2.2 Fori di riferimento

La centratura della scheda in collaudo è un elemento fondamentale e necessario per garantire il contatto tra il letto d'aghi ed i punti da toccare sulla scheda.

Per garantirne il corretto allineamento si usano dei fori di riferimento che, normalmente, sono presenti sulla scheda. I fori devono essere asimmetrici tra loro e posizionati sulla diagonale della scheda.

Questo accorgimento consente al collaudatore di posizionare la scheda sempre orientata correttamente ed in modo agevole sul letto d'aghi.



Una misura di foro di riferimento che è un buon compromesso tra affidabilità e costo dei materiali è 3,1mm.

Si suggerisce di prevedere diametri identici per tutti i fori di riferimento, in modo da semplificare la realizzazione del letto d'aghi.

In prossimità dei fori di riferimento è suggerito lasciare un'area sgombra da componenti per almeno 2mm di lato, in questo modo il processo di centratura del supporto stampato, e soprattutto la costruzione dell'adapter, risulta facilitato.

2.3 Area libera da componenti

I letti ad aghi pneumatici necessitano di un piano di contrasto per portare la scheda a contatto con i probe.

Per questo motivo è necessario predisporre aree prive di componenti che possano essere usate per premere la scheda sui contatti a molla.



Lasciare tra due circuiti integrati un'area libera tra i componenti di almeno 5 mm.

Se non si riesce a contrastare la scheda in maniera appropriata si possono avere problemi di contattazione specie nelle zone di alta concentrazione di chiodi.

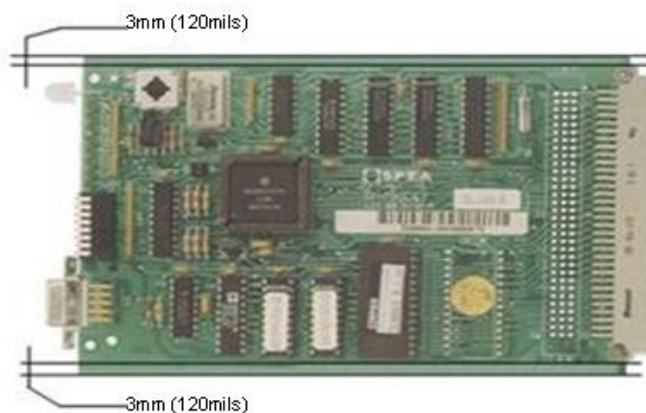


2.4 Trasportabilità della scheda

In caso in cui la scheda sotto progetto debba essere collaudata su un sistema In Line bisogna prevedere che durante il collaudo essa possa essere trasportata.

2.4.1 Area libera da componenti

Sui lati usati per il trasporto deve essere lasciato uno spazio libero di dimensione non inferiore a 3mm. Così facendo il meccanismo di arresto e bloccaggio è in grado di operare senza inconvenienti.



2.4.2 Peso della scheda

Il trasportare la scheda su una line comporta anche un ragionamento dal punto di vista del peso delle schede.

Per il trasporto sono disponibili due configurazioni di sistema, bisogna quindi individuare la soluzione che si utilizzerà per il collaudo.

- **Trasporto Standard** Schede fino a 1500gr
- **Trasporto Potenziato (Easytest Unitest)** Schede fino a 2500gr
- **Trasporto Potenziato (3030)** Schede fino a 3000gr

2.4.3 Posizionamento dei fori di riferimento.

I fori di riferimento delle spine devono essere posizionati in maniera tale che ci siano almeno 5mm dal bordo scheda alla tangente del foro utilizzato come riferimento meccanico.

2.5 Pannelli di schede

Allo scopo di ottimizzare i tempi di handling si può pensare di collaudare la scheda inquadrata. I pannelli di schede possono essere composti da differenti configurazioni di schede, ad esempio:

- Schede identiche con rotazione identica
- Schede identiche con rotazioni differenti
- Schede differenti



Limitare a 256 il numero massimo di schede che compongono un pannello

Al fine di progettare un prodotto in cui il test e l'attrezzatura abbia un costo il più contenuto possibile, delle semplici regole da seguire sono:

- Ridurre quanto più possibile la larghezza dello spazio relativo allo "scoring" tra le singole schede
- Le schede devono essere identiche
- Le schede devono avere la medesima rotazione
- L'offset deve essere identico tra tutte le schede.



Se uno dei punti sopra elencati non fosse rispettato il prezzo dell'attrezzatura e del programma potrebbe avere una differenza di prezzo a causa del tempo di lavoro necessario allo sviluppo..

2.5.1 Fori di riferimento



Prevedere dei fori di riferimento sia per il pannello che per la figura singola.

Nel caso di un pannello di schede è suggerito prevedere almeno due fori di riferimento nella cornice del pannello in aggiunta a quelli necessari per ogni singola scheda.

I fori di riferimento sulla cornice potranno essere usati per il collaudo dell'intero pannello, mentre i fori presenti sulla singola figura ne consentiranno il collaudo singolo.

3 Progettazione elettrica della scheda

Gli argomenti trattati in questo capitolo consentono di definire una serie di semplici ed uniformi regole che, se seguite ed applicate durante il progetto di schede, moduli elettronici e circuiti stampati, permette di semplificarne il collaudo.

Un punto deve essere tenuto presente: mentre un progetto è evento a se stante, il suo collaudo influisce su ogni unità prodotta e su tutte quelle che sono identificate come guaste durante la loro vita operativa.

È quindi molto importante comprendere, e definire delle regole che, se seguite sin dalle fasi iniziali del progetto, permettono di migliorare la qualità riducendo i costi della scheda durante tutta i processi produttivi, collaudo compreso.



La non messa in opera dei suggerimenti che seguono possono comportare un tempo di sviluppo dell'applicazione maggiore o l'impiego di hardware aggiuntivi e quindi un aumento del costo dell'applicazione.

3.1 Circuiterie analogiche e digitali

3.1.1 Circuiti di inizializzazione



I circuiti di **RESET** consentono di porre la scheda in un stato chiaro e definito ed evitare che ci siano delle variazioni di stati logici durante il collaudo.

Avere una scheda che dinamicamente cambia gli stati logici durante il test non rende possibile effettuare un collaudo stabile e coprente.

Pertanto durante il collaudo la scheda deve essere tenuta in Stand-by.



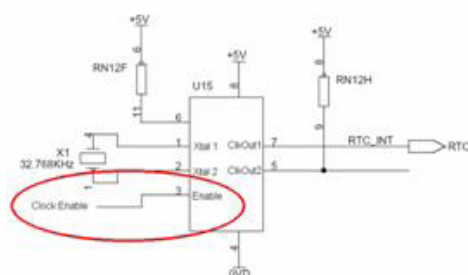
Progettare la scheda in modo che possa essere semplice tenerla in reset. Ad esempio forzando un solo punto ad un livello elettrico definito.

3.1.2 Oscillatori

Collaudare un circuito integrato collegato ad un oscillatore che sta oscillando è pressoché impossibile. Proprio come per il reset bisogna prevedere la possibilità di “spegnere” l’oscillazione



Progettare la scheda in modo da interrompere la connessione tra i due componenti ad esempio con un ponticello o prevedere un pin di abilitazione.

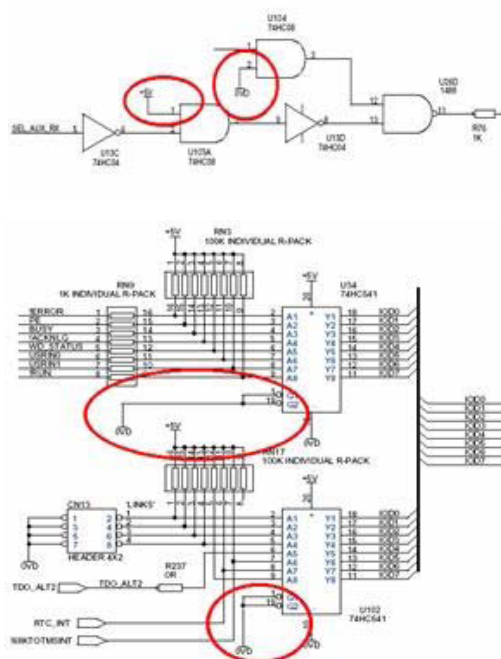


3.1.3 Circuiti integrati digitali

Durante il collaudo In Circuit ogni componente è collaudato singolarmente, tramite appositi stimoli sui suoi pin di ingresso e di controllo.



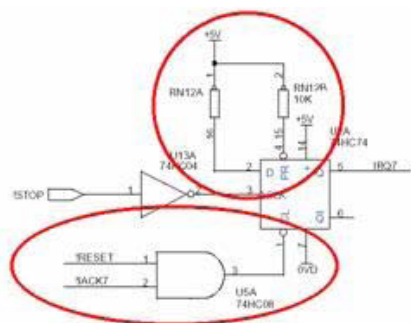
Mai vincolare i pin dei circuiti integrati direttamente alle masse o alimentazioni.



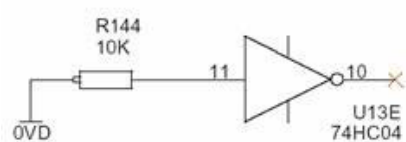
In questo caso il buffer, con il pin di "Enable" direttamente collegato a massa potrebbe causare delle instabilità durante il collaudo del resto del circuito, qualora non sia correttamente eseguito del "backdriving" digitale.

Per evitare che si presentino casi simili si consiglia di seguire i criteri elencati di seguito:

- Usare resistenze di pull down invece di collegare il pin direttamente a massa.
- Usare resistenze di pull up invece di collegare il pin direttamente alle alimentazioni.
- Usare delle resistenze serie per i segnali che sono collegati in uscita a molti componenti digitali. In questo modo il fan out dei singoli componenti non ne risentirà.
- Usare componenti le cui uscite si possano porre in "three-state".
- Collegare i pin di controllo ("Enable", "Output enable", ...) attraverso un gate o resistenze di pull/up o down, invece che direttamente alle alimentazioni o massa.
- I pin non usati di un componente devono essere vincolati attraverso una resistenza alle alimentazioni o a massa.



Le sezioni non usate devono avere i pin di ingresso collegati, tramite una resistenza, o alle alimentazioni o alla massa.



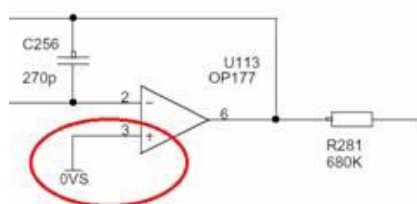
Tutti i pin dei componenti devono essere accessibili, diversamente non è possibile verificarne la corretta saldatura attraverso le tecniche Open Pin. Questo vale anche per i pin del componente non usati nel circuito.

3.1.4 Circuiti integrati analogici

Durante il collaudo In Circuit ogni componente è collaudato singolarmente, tramite appositi stimoli sui suoi pin di ingresso e di controllo.

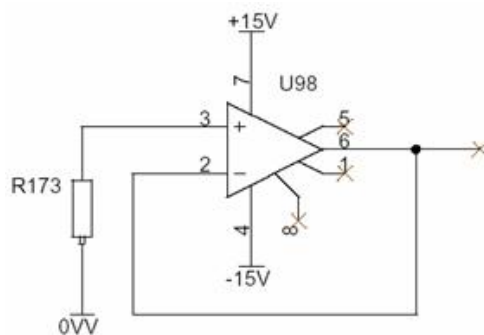


Mai vincolare i pin dei circuiti integrati direttamente alle masse o alimentazioni.



Le sezioni non usate dovrebbero avere gli ingressi collegati, attraverso una resistenza, a massa o alle alimentazioni.

In caso di amplificatori operazionali, è suggerito collegare anche l'ingresso invertente con l'uscita, in modo da verificare il funzionamento della sezione in configurazione "voltage follower".

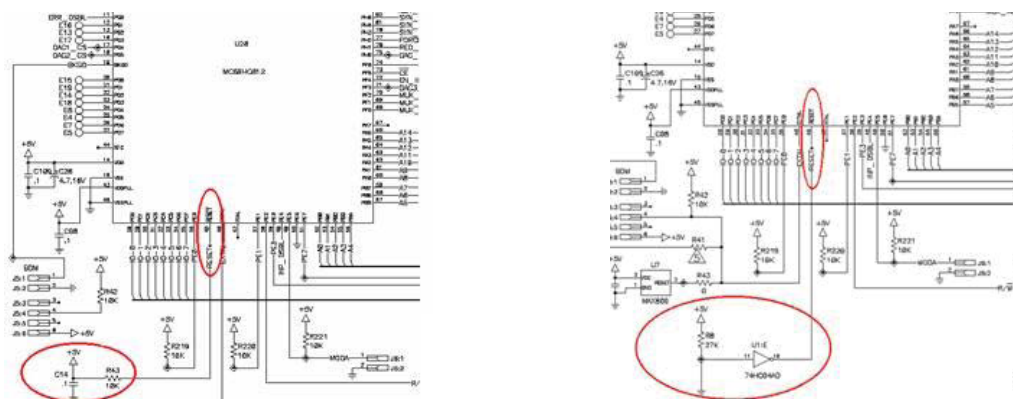


3.1.5 Microprocessori e Microcontrollori

I microprocessori/controllori hanno, in genere, un pin dedicato alla loro disabilitazione. Questi pin devono essere collegati in modo da consentirne il controllo durante il collaudo; in questo modo è possibile mettere la scheda in “stand-by”, condizione in cui tutti i segnali sono posti ad un livello definito e noto.



Collegare il pin che permette di mandare in “stand-by” il componente ad una resistenza di pull-up o pull-down. Meglio ancora se collegati attraverso una porta logica.



I collegamenti diretti tra due o più pin devono essere evitati, diversamente non sarebbe possibile collaudare, e garantire, tutte le configurazioni che si possono presentare.

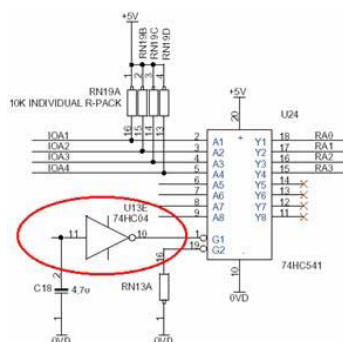
Se il componente disponesse di più pin di disabilitazione tutti quanti dovrebbero essere collegati nel modo suggerito.

Qualora i componenti contengano della memoria di tipo E²PROM o EPROM, questa deve disporre di uno specifico pin che la disabilita.

Considerazioni differenti devono essere fatte a riguardo dei pin di ingresso che sono collegati a capacità di valore “elevato” (nell’ordine di qualche centinaio di μF).

In questo caso la loro presenza non consente un completo test dinamico alla massima velocità possibile.

Per ovviare a questa situazione e meglio evitare connessioni dirette tra il condensatore ed il pin, ad esempio inserendo in serie una porta logica. In modo sarà possibile applicare i vettori di collaudo sfruttando le massime frequenze applicabili



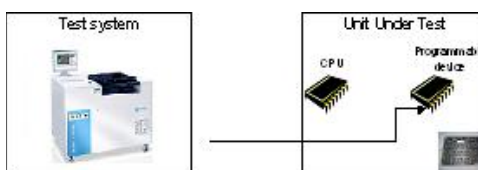
3.2 On board programming

3.2.1 Direct programming



Si parla di **DIRECT PROGRAMMING** quando un componente viene programmato tramite la sua porta seriale o parallela.

In questo caso il componente programmabile è direttamente accessibile dal sistema di test. La CPU presente a bordo scheda può essere disabilitata o posta in una condizione nota prima di iniziare la sequenza di programmazione. Il sistema di collaudo genera i comandi, le tensioni, i segnali di controllo e tutto quanto è necessario per provvedere alla programmazione del componente.



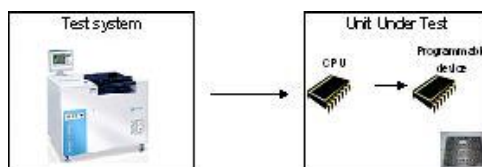
La scelta di questo tipo di programmazione rende il driver riutilizzabile per altre applicazioni del componente.

3.2.2 Indirect programming



Si parla di **INDIRECT PROGRAMMING** quando un componente viene programmato tramite un microprocessore installato sulla scheda.

Il componente programmabile è collegato soltanto alla CPU della scheda. Il sistema di collaudo non è in grado di accedere direttamente a tutti i segnali necessari per la programmazione. In questo caso il componente viene programmato attraverso la CPU della scheda. Il sistema di collaudo colloquia con la CPU che provvede alla programmazione del componente.



Il driver da utilizzare sarà costruito sulla configurazione circuitale formata dal microprocessore e il componente da programmare. Pertanto potrà essere riutilizzato solo in caso in cui si presentino le stesse connessioni tra gli stessi componenti.

3.2.3 Disabilitazione del microprocessore



Durante la programmazione dei componenti gli eventuali microcontrollori devono essere tenuti in "stand-by". Prevedere come per i componenti digitali un pin di disabilitazione.

3.2.4 Accessibilità dei segnali

Indipendentemente dal tipo di programmazione OBP che si utilizza le net su cui è necessario forzare o misurare dei segnali devono essere accessibili.



3.3 Boundary Scan

Per assicurare il massimo grado di testabilità attraverso l'uso della tecnica Boundary Scan, è importante seguire alcune regole durante la progettazione della scheda così come descritto in seguito.

3.3.1 Uso dispositivi conformi allo standard IEEE-1149.1

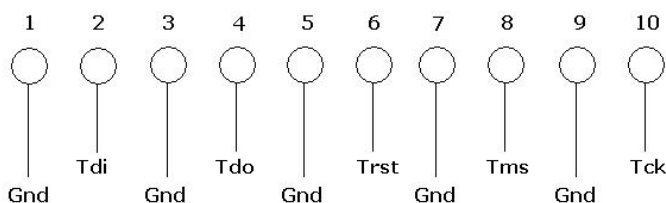
Scegliere i componenti da utilizzare all'interno di una scheda verificando che siano conformi allo standard IEEE-1149.1. Questo è l'unico modo per avere la certezza di poter effettuare un test di tipo Boundary Scan.

3.3.2 Collegamento componenti alla catena

È buona norma inserire tutti i componenti con il Boundary Scan a bordo in un'unica catena, perché ciò semplifica la connessione della scheda così come il test dei componenti stessi.

3.3.3 Connettore JTAG

Per la connessione alla catena Boundary Scan si raccomanda l'uso di un connettore che dovrà contenere i 5 segnali del TAP e 5 di massa alternati tra loro. Una possibile piedinatura del connettore è indicata nell'esempio di sotto.



Eventuali pin necessari per rendere i componenti conformi con il Boundary Scan (vedi paragrafo relativo al "Compliance Enable"), dovranno essere resi disponibili sullo stesso connettore ampliandone il numero di pin.

Il mancato rispetto di questa indicazione rende impossibile il test dell'intera catena.

3.3.4 Isolamento singolo componente dalla catena

Per il Debug dei test Boundary Scan può essere utile interrompere la catena unica alla quale sono collegati i componenti.

A tale scopo nel progetto della scheda è buona norma inserire dei jumper oppure usare dei componenti elettronici (come porte logiche o multiplexer), per il collegamento dei pin del TAP tra i vari componenti. L'uso di componenti elettronici al posto dei jumper, consente di controllare automaticamente e senza interventi manuali la configurazione della catena Boundary Scan.

3.3.5 Terminazione dei segnali del TAP

È importante assicurare sulla scheda un'ottima qualità dei segnali della Test Access Port (TAP) e in particolare del clock di test (TCK).

A tal scopo si suggerisce di prevedere sulla scheda le seguenti terminazioni:

Segnale	Direzione	Terminazione
TRSTn	Input	4.7-10 Kohm pull-up
TDI	Input	4.7-10 Kohm pull-up
TDO	Output	33 ohm series
TMS	Input	4.7-10 Kohm pull-up
TCK	Input	4.7-10 Kohm pull-up

I valori indicati sono quelli usati tipicamente, anche se potrebbe essere necessario in taluni casi usare valori differenti.

Nel caso non fosse possibile predisporre le terminazioni descritte, il collaudo potrebbe essere instabile a causa dei disturbi.

È stato dimostrato che l'utilizzo di questi valori per le terminazioni di segnale è molto efficace nella riduzione dei disturbi e dei problemi di integrità del segnale sulle schede collaudate con la tecnica Boundary Scan.

Quando sulla scheda è presente un grande numero di dispositivi Boundary Scan, può essere necessario collegare tramite buffer i segnali del TAP. Per ridurre il carico di questi segnali, si consiglia di inviare segnali bufferizzati separatamente ai vari gruppi di componenti Boundary Scan della scheda,.

3.3.6 Accorgimenti sul pin di clock

Tutto il funzionamento dei circuiti Boundary Scan dipende dalla qualità del segnale di test clock (TCK). La distribuzione del segnale TCK a tutti i componenti Boundary Scan richiede perciò particolare attenzione. In generale, il segnale TCK richiede di essere trattato come qualsiasi altro segnale ad alta frequenza. Si raccomanda quindi di utilizzare le stesse linee guida di distribuzione dei segnali ad alta frequenza applicate agli altri segnali di clock della scheda. È bene prestare attenzione a: carichi, terminazioni, distribuzione, layout delle piste, pista del clock più breve possibile.

Di seguito, alcune delle regole di che devono essere seguite nella progettazione dei circuiti stampati:

- Nel caso di uso di buffer sul segnale TCK, non utilizzare componenti basati su PLL. I dispositivi di distribuzione del segnale di clock "zero delay" (utilizzati per distribuire il segnale TCK a una molteplicità di componenti sulla scheda) incorporano sempre un PLL interno, dunque non possono essere utilizzati. A differenza dei clock dei microprocessori e di quelli di sistema, il clock TCK non è infatti "free running".
- Aggiungere resistenze in serie sulle uscite del driver di clock.
- La dimensione della scheda e il numero di componenti Boundary Scan potrebbero richiedere buffer per il segnale di clock, distinti per ciascuno dei componenti Boundary Scan presente sulla scheda.
- Aggiungere buffer sul segnale TCK (e sugli altri segnali del TAP) porterà ad una riduzione della velocità massima del clock che sarà usato per il test.
- Gli altri segnali del TAP sono tipicamente meno sensibili: un pull-up è generalmente sufficiente e non sono richieste altre condizioni particolari.

3.3.7 Accorgimenti sull'alimentazione

Un altro punto da tenere in conto durante la progettazione della scheda è quello relativo alle capacità di filtro da usare per l'alimentazione. Durante il test Boundary Scan molte uscite dei componenti possono essere posizionate contemporaneamente allo stesso livello logico ed un gran numero di esse può cambiare stato simultaneamente (molte più che durante il normale funzionamento della scheda). Questo può introdurre fenomeni di oscillazioni della massa o rumore sui segnali del TAP, nel caso le alimentazioni dei componenti sulla scheda non siano opportunamente filtrate e stabilizzate.



Durante la progettazione prestare particolare attenzione a questo aspetto, assicurando l'uso di adeguate capacità di filtro sulle alimentazioni dei componenti stessi in modo da stabilizzarne le alimentazioni.

3.3.8 Necessità dei file BSDL (Boundary Scan Description Language)

È indispensabile usare componenti i cui file BSDL siano disponibili. Durante la fase di selezione dei componenti, è bene assicurarsi che il produttore abbia creato un file BSDL per ciascun componente Boundary Scan che si intende utilizzare nel proprio progetto. Il BSDL è il linguaggio standard usato per la descrizione dei componenti Boundary Scan ed è una specie di data-sheet della funzione Boundary Scan del componente stesso.

I produttori di dispositivi Boundary Scan solitamente forniscono il file BSDL del componente non appena i suoi primi esemplari sono disponibili. Nella maggior parte dei casi, è possibile trovare i file BSDL nel sito internet del produttore dei componenti.

3.3.9 Trattamento dei pin associati alla "Compliance enable"

La descrizione della Compliance Enable contenuta nel file BSDL, indica le condizioni dei pin dei componenti che devono essere mantenute per far sì che il TAP e la funzionalità Boundary Scan siano operativi. Ad esempio:

Attribute COMPLIANCE_PATTERNS of MCF5272_1K75N: entity is "(HIZ) (1)";

Questo significa che il pin "HIZ" sul componente MCF5272 deve essere mantenuto in uno stato logico alto durante tutta la durata del test Boundary Scan. Ciò per far sì che il TAP ed il componente operino secondo quanto descritto nello standard IEEE-1149.1. Nei file BSDL generati con versioni precedenti del linguaggio stesso, tale indicazione sarà espressa attraverso la "COMPLIANCE_ENABLE".

Per la testabilità della catena Boundary Scan sulla scheda, occorre far coincidere tutte le condizioni di "compliance enable" elencate nel file BSDL.

È assolutamente indispensabile collegare tali pin al connettore JTAG, oppure almeno ad un test point accessibile.



Il mancato rispetto di questa indicazione rende impossibile il test dell'intera catena.

3.3.10 Numerazione dei pin dei componenti

Per ottenere la generazione automatica dei Test Boundary Scan, devono essere usati nella net list della scheda i corretti numeri di pin. Per tutti i componenti Boundary Scan usati, la numerazione dei pin nella net list della scheda deve corrispondere esattamente a quella contenuta nei file BSDL.

Per tali componenti è indispensabile utilizzare la numerazione standard dei pin usata dal produttore.



I formati dei file CAD accettabili ed usabili dipendono dal sistema CAD/CAE usato; i formati che sono supportati da SPEA sono elencati nella nota tecnica intitolata "Leonardo – SPEA In-Circuit Boundary Scan Test" cod. 81190531.108

4 Progettazione del file CAD

4.1 File CAD



Si definisce **CAD** il file che contiene le seguenti informazioni della scheda:

- Part List
- Net List
- Coordinate List
- Access List
- Track List (non obbligatoria)

Le parole "File CAD" si riferisce alle informazioni usate dai sistemi CAD/CAE per il progetto degli schemi elettrici e del PCB.

I file CAD sono usati dal sistema operativo del sistema, per la generazione automatica del programma di collaudo. Il loro formato è memorizzato in uno o più file testo ASCII.

4.1.1 Part List

Alcune volte anche identificata come "Bill of Materials" è un file testo in formato ASCII contenete la lista di tutte le parti usate per l'assemblaggio della scheda.

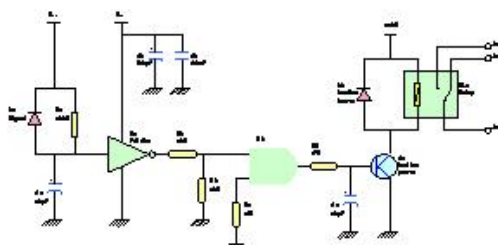
Deve contenere: drawing reference, part number, valore, tolleranze, case name.



Si definisce **PART NUMBER** un codice che definisce in maniera univoca un componente.

4.1.2 Net List

In alcuni casi chiamata anche "wirelist" è un file ASCII generato dal sistema CAD/CAE contenete le informazioni di interconnessione dei componenti. Semplificando si tratta di una rappresentazione degli schemi elettrici.



4.1.3 Coordinate List

Contiene, per ogni pin dei componenti le informazioni relative alla loro posizione fisica in termini di coordinate X e Y.

4.1.4 Access List

Le informazioni relative all'accesso dei punti di contatto della scheda sono invece presenti nella access list.

4.1.5 Track List

Contiene le informazioni relative al layout ed alle caratteristiche delle piste del PCB.

4.2 Formati CAD supportati

Ogni sistema CAD/CAE ha il proprio tipico formato di uscita, per questa ragione SPEA ha sviluppato un import specifico per i formati che sono, di fatto, degli standard di mercato, come ad esempio Cadence, Mentor, Verybest, Pads, Zuken, ...

Alcuni dei formati CAD supportati da SPEA sono:

Academi	Fex	Test program Takaya
Accell-Pcad	Gencad	Test program Teradyne Javelin
Access	Gerber	Test program GENRAD227x
Ariade	IPC-356	Test program MARCONI520
Becker Automotive	Landis & Staefa	Test program MARCONI530
Board Cad Data	Mentor	Theda
Caddy	Nokia	Theda –Unicad
Cadence	Obd++	Tpgen
Cadence 2	Orcad	TXF-OUT
Cadence 3	Orcad Layout MIN	Ultiboard
Cadif	Orcad Layout Plus	Unicad
Camcad	Orcad PCB	Unidat
C-link	Pads	Veribest
DDD/IDL	Part List from ASCII file	Vimar
Docica	PCAD	Vivaldi
EE-Designer	Protel	Xmatic
Else	Redac-CadStar	Zuken CR3000
Fabmaster	Scicards	Zuken CR5000
Fatf	Snecma-Scicards	



I formati dei file CAD accettabili ed usabili dipendono dal sistema CAD/CAE usato; i formati che sono supportati da SPEA sono elencati nella nota tecnica intitolata "Leonardo – Board CAD data" cod. 81190614.124

5 ECO



ECO è l'acronimo di “**E**ngineering **C**hange **O**rders”, ovvero di tutte quelle modifiche effettuate una volta che il prodotto è rilasciato in produzione.

In generale si riferisce a semplici modifiche (tranci di piste, filature, cambi di valore o aggiunta di componenti) che si rendono necessari, ma che non giustificano una revisione totale del progetto.

Durante questa fase il progettista può prendere in considerazione alcuni aspetti che possono ridurre al minimo il loro impatto verso gli impianti (macchine, programmi, ...) già esistenti.

In particolare è importante seguire le seguenti regole, che possono essere gestiti con relativa facilità dal progettista :

- **Evitare lo spostamento dei test pad**
- **Evitare lo spostamento dei connettori**
- **Evitare lo spostamento dei componenti**
Sia per l'accessibilità della scheda ma anche come posizione del contrasto o stand off.
- **Evitare lo spostamento di tutti i punti precedentemente forati**
Leonardo fornisce un file formato DXF con la mappa di tutti i fori forati.
- **Considerare il completo accesso per i componenti aggiunti**



Se per qualche motivo anche uno dei punti precedentemente elencato non potesse essere rispettato bisogna prevedere di posizionare il nuovo punto dovrà essere posizionato ad almeno 100mils dai punti già forati



I punti aggiunti in fase di ECO non hanno la stessa precisione di posizionamento rispetto a quelli forati in fase di costruzione. Pertanto si consiglia di posizionare PAD con dimensioni di almeno 1.2mm.