

Flying Probe Tester

DESIGN *for* Testability



Handbook

YOUR BEST WAY TO TEST



Indice

■ Flying Probe tester – Design for testability

Overview	1
Che cosa è la testabilità ?	2
Quali sono i vantaggi della testabilità ?	2
Se non si contatta non si collauda	2

■ Regole per il progetto meccanico

Overview	3
Requisiti meccanici	4
<i>Dimensioni della scheda</i>	4
<i>Altezza dei componenti</i>	4
<i>Trasporto della scheda</i>	5
Fiducial	5
<i>Posizione</i>	5
<i>Forma e dimensioni</i>	6
Tipologia dei punti di contatto	7
<i>Test Pad</i>	7
<i>Via</i>	7
<i>Via inscritto in un pad</i>	8
<i>Via seguito da un pad</i>	8
<i>Pad di saldatura dei componenti SMT</i>	8
<i>Pin di componenti tradizionali (PTH)</i>	9
<i>Tabella riassuntiva</i>	9
Quantità dei punti di contatto	10
Punti di contatto per le alimentazioni	10
Uso di sonde fisse	11
<i>Test Pad</i>	11
<i>Dimensione dei test pad</i>	11
<i>Distribuzione dei test Pad</i>	11
<i>Distanza tra i test pad</i>	11
<i>Fori di riferimento</i>	12
<i>Via</i>	12
Pannello di schede	13
<i>Fiducial</i>	13
<i>Tipologia di pannelli</i>	13
<i>Uso del letto d'aghi</i>	13
Substrati ceramici	14

■ Regole per l'accessibilità della scheda

Overview	15
Accessibilità della scheda	16
<i>Lato di contattazione</i>	16
<i>Scelta del lato di contattazione</i>	16
<i>Contattazione lato top</i>	16
<i>Contattazione lato bottom</i>	17
Quando contattare la scheda lato top ?	18
Quando contattare la scheda lato bottom ?	18

■ Regole per il progetto elettrico

Overview	19
Circuiti di inizializzazione	20
Oscillatori	20
Circuiti integrati digitali	20
Circuiti integrati analogici	21
On Board Programming	21
<i>In system write</i>	21
<i>Direct programming</i>	21
<i>Disabilitazione del microprocessore</i>	21
<i>Accessibilità dei segnali</i>	22
ECO	22
Boundary Scan	23
<i>Regole per il collaudo del bus Boundary Scan</i>	23
<i>Resistenze di terminazione</i>	23
<i>Fan out delle linee TCK</i>	23
<i>Connessione dei buffer</i>	23
<i>Segnali sul connettore</i>	23
File CAD	24
<i>Formati CAD supportati</i>	24

■ Tabelle riassuntive

Flying Probe Tester Design for Testability

Se non si può collaudare il prodotto, come si può assicurare che funzioni bene ?

Per assicurare che il prodotto soddisfi le aspettative del cliente, deve essere collaudato, come minimo, nelle funzioni che le soddisfano.

"Flying Probe Tester - Design for Testability" è stato scritto per fornire un ausilio ai progettisti di schede elettroniche in modo che questae, oltre che semplici da costruire siano anche semplici da collaudare.

L'accesso ai test pad, le loro dimensioni, il loro numero sono un aspetto che ogni giorno assume importanza sempre maggiore, soprattutto a causa delle restrizioni imposte dalla miniaturizzazione raggiunta dai componenti elettronici.

Gli aspetti di accessibilità di tipo meccanico ed elettrico, insieme alla semplificazione del suo collaudo elettrico, sono trattati in questo documento.

Usare questa guida come riferimento può consentire di risparmiare tempo e spese, per la correzione di situazioni che potevano essere preventivamente risolte.

Che cosa è la testabilità ?

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.

Quanto semplicemente può essere verificata la corrispondenza tra le specifiche ed il reale funzionamento ?

Con quale rapidità può essere generato un programma di collaudo ?

Quanto sono accessibili i componenti ?

Quale livello di copertura diagnostica può essere assicurato ?

Le risposte a queste domande consentono di definire la testabilità di una scheda elettronica.

La testabilità non è un'innovazione tecnologica, ma una razionalizzazione tecnologica.

È un modo di concepire i prodotti che crea una costante consapevolezza dell'importanza di concepire un collaudo semplice ... durante l'ingegnerizzazione ... la produzione ... l'esercizio sul campo dei prodotti stessi.

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

Quali sono i vantaggi della testabilità ?

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

Il design for testability consente:

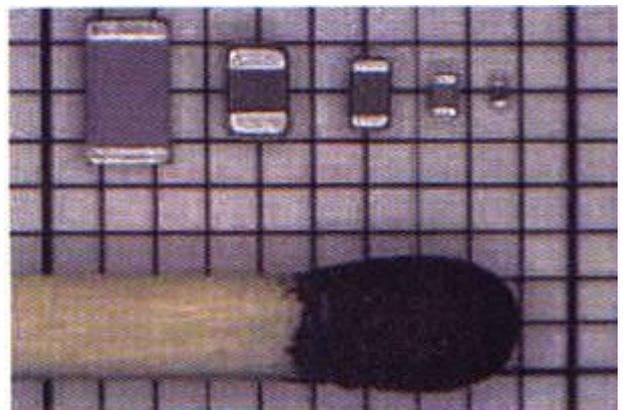
- Riduzione del tempo necessario per passare dal progetto alla produzione
- Riduzione del coinvolgimento dei progettisti durante lo start up della produzione
- Incremento dello scambio di conoscenze e cooperazione tra i tecnici del progetto, dell'ingegneria e della produzione
- Riduzione dei costi iniziali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

Se non si contatta non si collauda

La tecnologia di montaggio superficiale ha modificato la tipologia di schede nella produzione elettronica mondiale.

I componenti in tecnologia SMT sono sempre più piccoli, montati da entrambi i lati del supporto stampato e la loro densità aumenta di giorno in giorno, raggiungendo traguardi impensabili soltanto pochi anni fa.

È sufficiente confrontare componenti passivi con package 1206 (tuttora in uso) con i più moderni 0201, per capire i livelli di miniaturizzazione consentiti dalla tecnologia.



Lo spazio fisico per la disposizione delle piazzole di test, necessarie per utilizzare la tradizionale tecnica di contattazione con letto d'aghi si è ridotto notevolmente fino a risultare nullo in particolari applicazioni (si pensi ad esempio ai telefoni cellulari) e con particolari tecnologie.

Come contattare i componenti per verificarli ?

La soluzione consiste nell'uso di sonde mobili, grazie alle quali poter andare a toccare i punti interni della scheda. La tecnologia delle sonde mobili consente poi di collaudare le schede senza richiedere uno specifico adattatore a letto d'aghi.

Le sonde mobili (quattro) si muovono indipendentemente nei piani X, Y e Z, consentendo di toccare i target più piccoli con la massima precisione e ripetibilità.

A maggior ragione, quando ci si riferisce a dimensioni ridotte e si richiedono precisioni elevate, i concetti di testabilità devono essere applicati sin dalla fase di progetto della scheda.

OVERVIEW

Regole per il progetto meccanico

I sistemi di collaudo a sonde mobili, superano i requisiti meccanici richiesti dai sistemi di collaudo a letto d'aghi e riaprono la possibilità di collaudare le schede elettroniche equipaggiate con le nuove tecnologie di miniaturizzazione ed integrazione dei componenti.

Al momento del progetto di una scheda è importante conoscere le implicazioni relative ad alcune scelte, che possono influire, spesso in modo notevole, sulla testabilità e l'accessibilità di una scheda.

Come nel tempo i progettisti elettronici hanno imparato alcune elementari regole per semplificare la produzione delle schede (es. differenziare i lati di montaggio di componenti in tecnologia SMT e tradizionale), è altrettanto importante che acquisiscano, e facciano loro, alcune regole di progetto meccanico che sono di facile applicazione e che consentono di semplificare il collaudo della scheda.

È bene ricordare che le dimensioni minime riportate in questo documento fanno riferimento al 4040 modello "Top-of-class" ovvero il flying probe che rappresenta lo stato dell'arte dei sistemi di collaudo a sonde mobili.

Per gli altri modelli di sistemi ("High Precision" e "Very High Precision") le dimensioni minime variano in accordo con le precisioni raggiungibili.

Requisiti meccanici

Dimensioni della scheda

Affinché una scheda possa essere collaudata sul sistema a sonde mobili SPEA 4040, le sue dimensioni devono essere comprese in una delle seguenti dimensioni (lunghezza x larghezza):

- 500x400mm (20x16")
- 610x610mm (24x24")
- 686x610mm (27x24")

In accordo con l'area di test del sistema di cui si dispone.

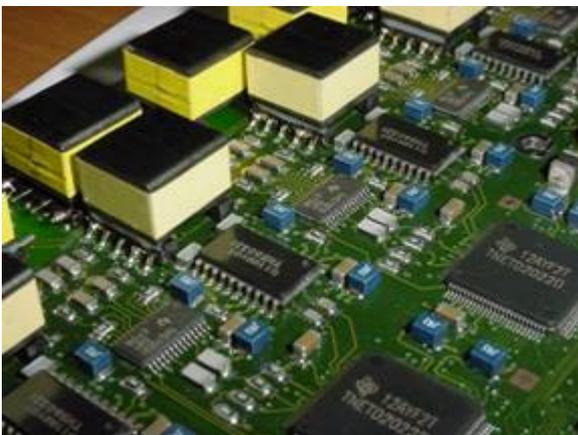
Altezza dei componenti

I componenti montati sul lato collaudato devono essere di altezza inferiore ai 60mm, altrimenti le sonde non sono in grado di sorvolarli.

Sul lato opposto a quello testato, non devono essere presenti componenti la cui altezza sia superiore a 60mm, diversamente la scheda non può essere trasportata.

È tuttavia possibile trasportare schede che siano equipaggiate con componenti di altezza fino a 110mm per i sistemi a sonde mobili dotati di caricamento manuale delle schede (shuttle).

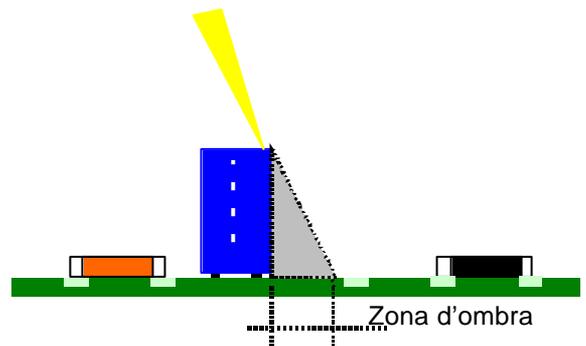
Il posizionamento di componenti la cui altezza sia decisamente superiore alla media degli altri (es. condensatori elettrolitici, trasformatori, ...) è un argomento che necessita particolari cure ed attenzioni, già durante la fase di progetto della scheda.



Qualora il lato di contattazione scelto coincida con quello su cui questi componenti sono montati, essi possono rappresentare un ostacolo al movimento delle sonde.

Per questo motivo è consigliato raggruppare tutti i componenti di questa tipologia in un'area specifica della scheda, o almeno di cercare di riunirli, per quanto possibile, in gruppi.

La loro altezza, oltre ad ostacolare potenzialmente il movimento delle sonde, crea delle zone d'ombra che non possono essere raggiunte da una o più sonde.

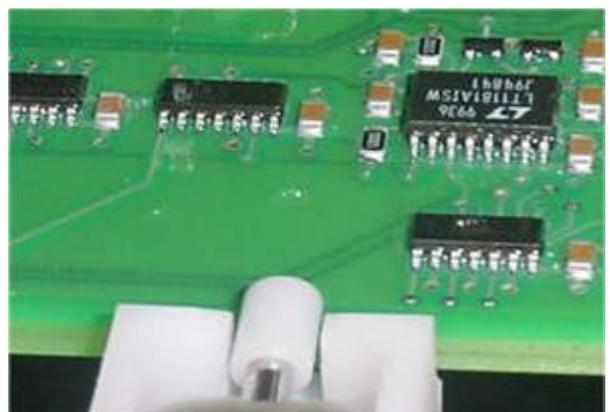


In questo caso è necessario evitare di disporre punti di contatto in queste aree, ovvero:

Altezza componente	Dimensione minima libera da punti di contatto
5mm	1.4mm
10mm	2.8mm
15mm	4.2mm
20mm	5.6mm
25mm	7.0mm
30mm	8.4mm
35mm	9.8mm

Per i sistemi dotati del dispositivo di caricamento manuale delle schede (shuttle) è necessario che queste presentino zone libere da componenti per un'area minima di 15x7mm per ognuno dei punti di fissaggio.

In questo modo è possibile usare i meccanismi di bloccaggio scheda previsti di serie con lo shuttle.



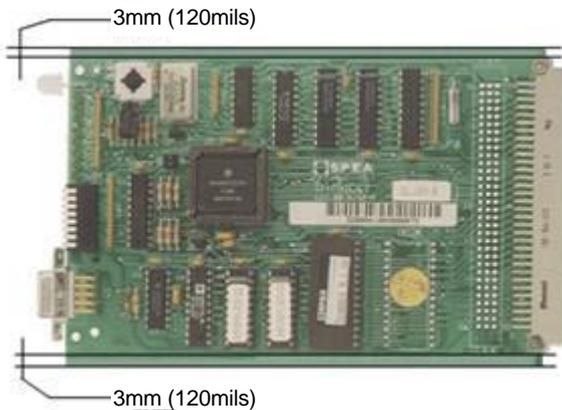
Se invece la scheda avesse un profilo irregolare, si rende necessario l'uso di meccanismi di bloccaggio magnetici supplementari.



Trasporto della scheda

Per trasportare le schede tramite caricatore automatico in linea (IBL) è necessario che alcune regole, riportate di seguito, siano rispettate.

Lo spazio libero sui lati usati per il trasporto deve essere non inferiore a 3mm, in questo modo il meccanismo di arresto e bloccaggio scheda è in grado di operare senza inconvenienti.



Per il trasporto della scheda su linea automatica sono disponibili due soluzioni:

- Standard, per trasporto schede di peso fino a 1500gr
- Potenziata, per trasporto schede di peso fino a 2500gr

Fiducial

Per fiducial si intende una qualsiasi forma unica, uniforme, ripetibile e posizionata alle stesse coordinate su tutte le schede.

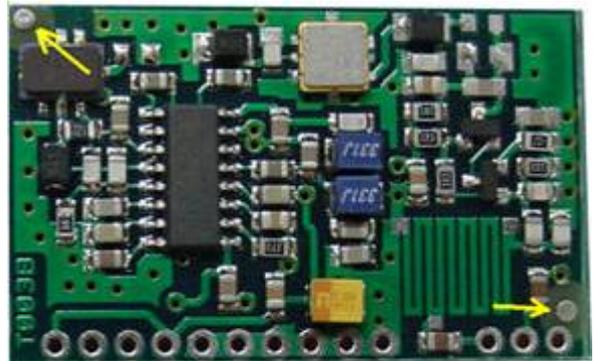
Il sistema di collaudo a sonde mobili 4040 dispone di un sistema di riconoscimento ottico della posizione della scheda analogo a quanto presente sulle macchine di inserzione automatica dei componenti ("pick & place"); e generalmente entrambe le apparecchiature usano gli stessi fiducial.

Il sistema di allineamento ottico del 4040 permette di verificare la posizione reale della scheda sul sistema di trasporto, compensandone eventuali imprecisioni di posizionamento e di non ortogonalità.

È bene che il fiducial sia descritto nei file CAD, che nella part list, nella net list e nella lista delle coordinate.

Posizione

È consigliato predisporre di almeno due fiducial posizionati sulla diagonale della scheda negli angoli opposti.



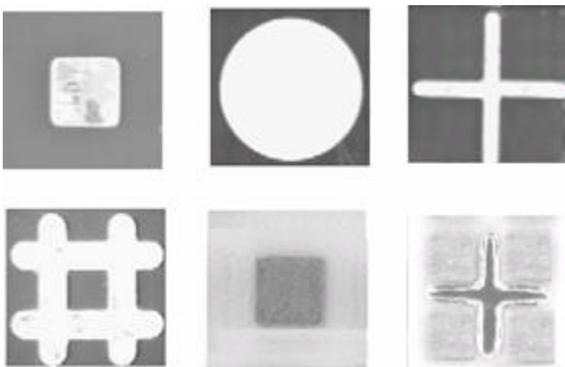
I fiducial devono essere posizionati in modo asimmetrico, in questo modo il sistema di riconoscimento ottico è in grado di correggere sia la rotazione che eventuali offset nel posizionamento della scheda; qualora la scheda sia ruotata di 180° il riconoscimento fallirà.

Nel caso i componenti siano montati soltanto su uno solo dei due lati della scheda, è suggerito posizionare comunque i fiducial su entrambi i lati. Considerato che in questi casi il collaudo avviene dal lato privo di componenti; è indispensabile che i fiducial siano presenti anche su questo lato.

Forma e dimensioni

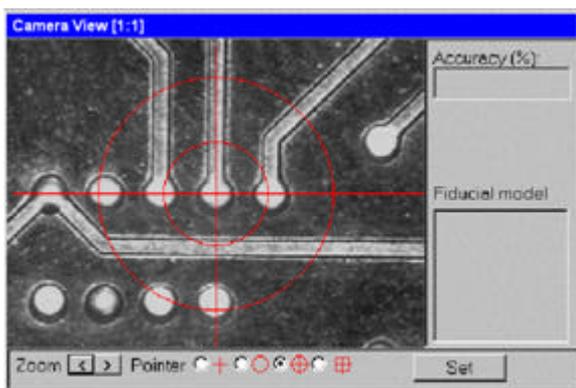
Il sistema di riconoscimento ottico dei fiduciali del tester a sonde mobili 4040 è in grado di discriminare e riconoscere fiduciali di qualsiasi forma. In ogni caso per ottenere i migliori risultati nel riconoscimento è meglio usare fiduciali:

- Circolari
- Quadrati
- Cruciformi



Il fiduciale, affinché sia riconosciuto come tale, deve essere univoco all'interno dell'area di 11x9mm inquadrata dalla telecamera durante la sua ricerca.

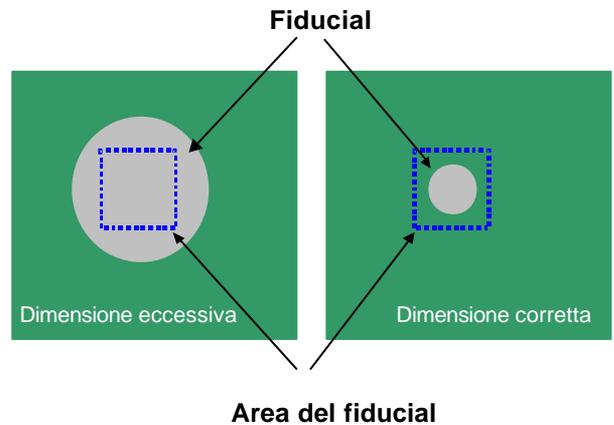
Diversamente il programma di riconoscimento del fiduciale potrebbe non essere in grado di identificare il corretto fiduciale.



L'immagine precedente è un esempio di punti che non possono essere usati come fiduciali poiché molto simili tra loro.

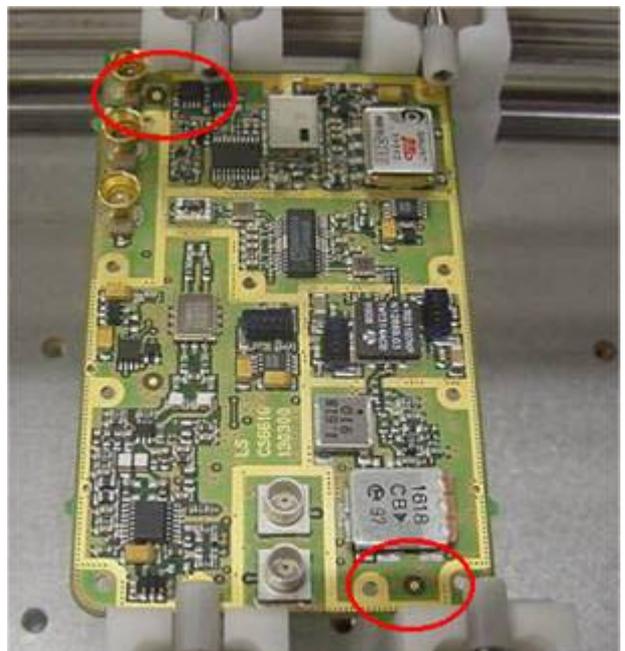
L'area che include il fiduciale, definibile in fase di debug, ha una dimensione massima di 4.5x4.5mm,

Questo significa che nel caso le sue dimensioni siano superiori, il riconoscimento potrebbe fallire o quanto meno essere poco efficiente.



Un buon riconoscimento dei fiduciali è uno dei parametri che concorrono al raggiungimento dell'attesa precisione di posizionamento delle sonde mobili. Per questo motivo è suggerito predisporre un'area intorno al fiduciale, non inferiore ad 1mm², libera da componenti, vie, piste, ... in modo che l'immagine del fiduciale non possa essere influenzata da questi.

Per questo motivo è fondamentale che il fiduciale non sia assolutamente coperto da stagno e che si trovi lontano da parti che possano riflettere la luce (es. schermi, connettori con corpo metallico, ...). Diversamente queste parti potrebbero riflettere la luce alterando l'immagine usata per il suo riconoscimento.



Tipologia dei punti di contatto

Le schede collaudate sui sistemi a sonde mobili richiedono alcune semplici e non costose (sia in termini economici che di tempo) regole di progetto meccanico che possono semplificarne ed aumentarne la testabilità.

Test Pad

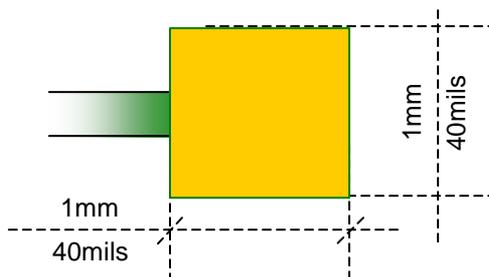
Il test pad (piazzola di collaudo) consiste in un pad metallizzato, nel caso ideale dorato, di forma preferibilmente quadrata, o tonda, e dedicato in modo esclusivo al test.

Per garantire la contattazione, i test pad devono essere ricoperti di materiale conduttivo e non soggetti ad ossidazione.

In questo modo la qualità della contattazione viene garantita anche in presenza di tempi di stoccaggio lunghi tra montaggio e collaudo della scheda.

Se soddisfatte, queste caratteristiche rendono il test pad un esempio di perfetto punto di contatto.

Le dimensioni suggerite del test pad sono pari ad un millimetro per lato, sebbene la contattazione sia possibile con piazzole di dimensioni pari a $500\mu\text{m}$ ed occasionalmente le con piazzole di dimensioni inferiori ($250\mu\text{m}$).

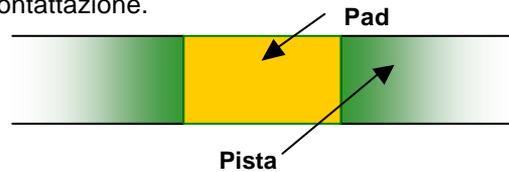


Se necessario è possibile contattare, con le sonde mobili, in modo ripetibile test pad con dimensioni fino a $80\mu\text{m}$, a patto che siano assicurate determinate condizioni come la planarità della scheda, la calibrazione dei probe, la tipologia dei fiducial, ...

Riassumendo, la contattazione ideale si ha con una piazzole dorate, di forma quadrata e con dimensione di un millimetro per lato.

Considerata l'estrema precisione, accuratezza e ripetibilità del 4040, i test pad possono essere

ricavati scoprendo dal solder resist piccole porzioni di pista nel layer esterno scelto per la contattazione.



In questo caso, ovviamente, la larghezza della pista non dovrà, in ogni caso, essere inferiore ai $100\mu\text{m}$. Sarebbe possibile usare piste con dimensioni sino ad $80\mu\text{m}$ ma nella pratica i processi produttivi del circuito stampato e della scheda non sono in grado di garantire queste precisioni.

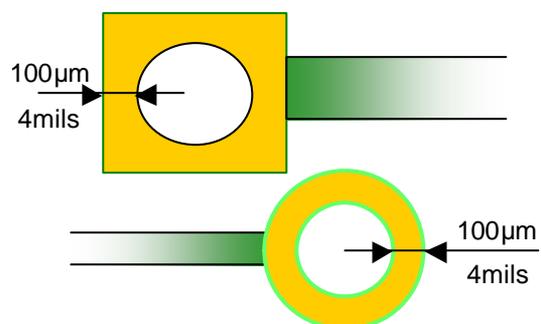
Via

Per riuscire a contattare in modo efficace e ripetitivo i fori di via è necessario che il loro bordo metallico sia privo di solder resist, meglio ancora se il via è dorato; il rispetto di queste regole non li rende, comunque, un ottimo punto di contatto.

I probe, quando contattano i via, tendono ad "incagliarsi" all'interno del foro rischiando di restarvi imprigionati o, al limite, di danneggiare la punta.

Per questa ragione è consigliato di saldare il via che, ricoperto di stagno, si trasformerebbe in un test pad facilitandone il contatto.

Se per ragioni legate al processo produttivo scelto non fosse possibile coprire di stagno i fori di via, è consigliato di fare in modo che il loro profilo sia quadrato anziché circolare. Questo artificio farebbe guadagnare dello spazio da dedicare alla contattazione.



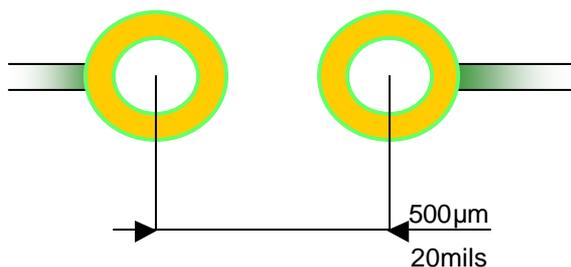
SPEA ha sviluppato appositi probe per la contattazione dei fori di via.

La loro particolarità consiste nel fatto di avere la test piramidale, che consente loro di riuscire a toccare il bordo del foro.

In questo caso la distanza minima di contatto ("minimum pitch") assicurabile è di $500\mu\text{m}$ (20mils) oppure $800\mu\text{m}$ (33mils) in accordo con il tipo di foro di via e probe usato.

Nel caso si voglia usare il via come punto di contatto, la dimensione minima dell'area metallica non deve essere inferiore a $100\mu\text{m}$, per garantire la ripetibilità della contattazione.

La distanza minima (*"minimum pitch"*), da garantire tra due fori di via è strettamente correlata alla tipologia di probe usato per la contattazione, in ogni caso è bene che non sia inferiore a $500\mu\text{m}$; sebbene il 4040 sia in grado di raggiungere performance migliori (fino a $250\mu\text{m}$).

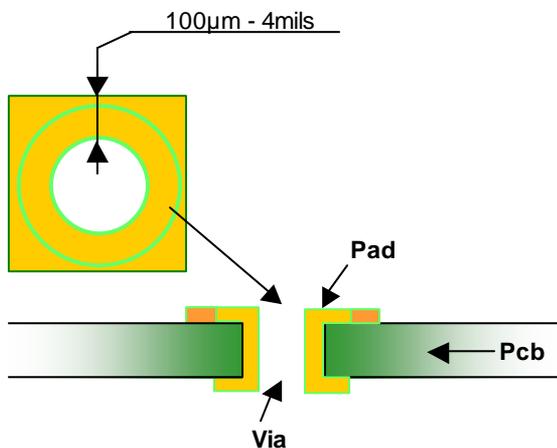


Riassumendo, l'uso del foro di via come punto di contatto può essere frutto di un scelta, in questo caso si stagnano i fori e si useranno appositi probe per il collaudo, oppure un ripiegò.

In questo caso esistono degli espedienti che consentono di trasformare un foro di via in un accettabile ed affidabile punto dedicato alla contattazione.

Via inscritto in un pad

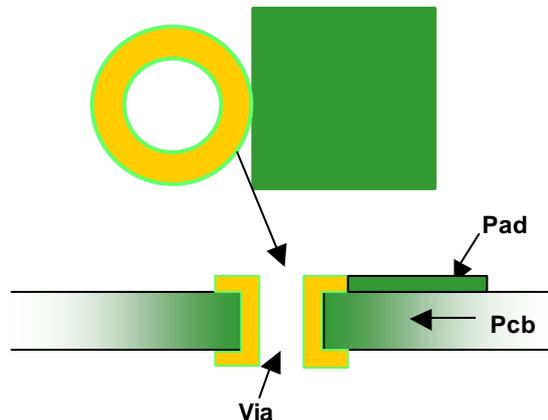
Inscrivendo il foro di via in un pad di forma quadrata, si ottiene una maggiore superficie contattabile, rendendone più semplice la contattazione.



In questo caso, per riuscire a garantire la ripetibilità della contattazione, la minima dimensione suggerita dell'area metallica non deve essere inferiore a $100\mu\text{m}$

Via seguito da un pad

Aumentando un lato della corona metallica del via, si crea di fatto un test pad posizionato nelle immediate vicinanze del foro di via.



Le dimensioni suggerite per il pad sono quelle relative al test pad.

Pad di saldatura dei componenti SMT

Una buona regola per facilitare la contattazione dei pad di saldatura dei componenti consiste nel prevedere, durante la sbrogliatura del PCB, dei pad "prolungati" rispetto alle necessità di saldatura.

Lo spazio richiesto è quello strettamente necessario alla zona destinata al contatto dei probe; deve trattarsi di una zona planare, in modo da garantire un contatto stabile e sicuro durante il collaudo.



Geometria tipica delle piazzole di saldatura



Geometria suggerita delle piazzole di saldatura

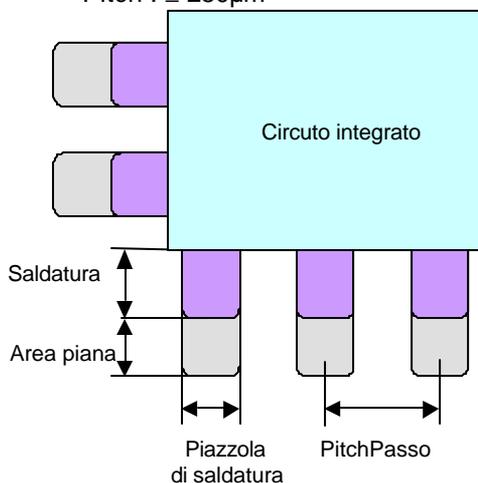
La modifica, delle dimensioni delle piazzole di saldatura, una volta introdotta nelle librerie CAD-CAE, non comporta particolare aumento del carico di lavoro per i progettisti, ma consnete risultati estremamente positivi per il collaudo delle schede.

Anche la contattazione sulle piazzole di saldatura è da considerare con attenzione e come priorità secondaria rispetto ai test pad.

Per quanto riguarda i circuiti integrati in tecnologia SMD, deve essere considerato che la contattazione sui pin potrebbe fare apparire come valide anche le saldature fredde.

Gli accorgimenti suggeriti per la contattazione dei pad di saldatura tramite il tester a sonde mobili 4040, si traducono nel rispetto delle seguenti dimensioni:

- Larghezza del pad: $\geq 100\mu\text{m}$
- Lunghezza del pad: $\geq 100\mu\text{m}$
- Pitch : $\geq 250\mu\text{m}$



I valori precedentemente elencati sono relativi alle dimensioni auspicabili, che forniscono comunque adeguate garanzie di contatto.

Le performance del 4040 possono consentire la riduzione delle dimensioni suggerite, in accordo con determinati fattori che possono influire positivamente sulla contattazione, come:

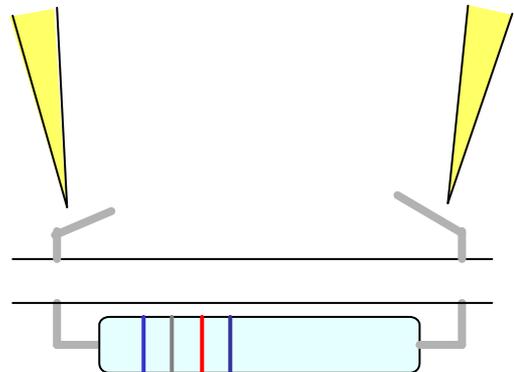
- Tipo di contatto a molla usato
- Precisione e tipologia dei fiducial
- Planarità della scheda
- Planarità del sistema di trasporto schede

Qualora queste condizioni fossero soddisfatte, sarebbe possibile pad di saldatura di dimensioni ancora più ridotte (sino ad $80\mu\text{m}$). Nella pratica è necessario verificare che i processi produttivi del circuito stampato e della scheda siano in grado di garantire queste precisioni.

Pin di componenti tradizionali (PTH)

I pin dei componenti in tecnologia tradizionale (PTH) non sempre costituiscono un buon punto di contatto soprattutto a causa della presenza del reoforo del componente.

Qualora i pin non vengano tagliati ("rasati") ad una lunghezza predefinita, il reoforo potrebbe interferire con il movimento del probe causando imprecisioni nel posizionamento e degrado del probe.



Viceversa, i pin di componenti "rasati" (ad esempio circuiti integrati, connettori, ...) garantiscono sufficiente sicurezza di contatto.

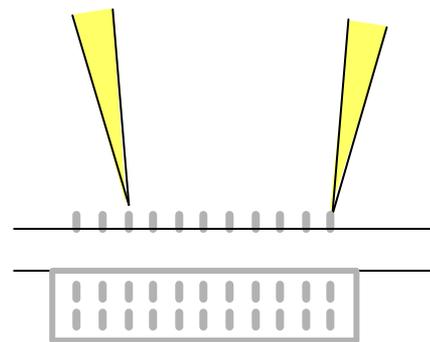


Tabella riassuntiva

Le principali regole, relative alle caratteristiche dei punti di contatto sono riassunte nella tabella che segue:

	Test Pad	Via	Pad SMT
Dimensione suggerita	1x1mm	1x1mm	1x1mm
Dimensione minima	$\phi 80\mu\text{m}$	$100\mu\text{m}^{(1)}$	80x80 μm
Forma suggerita	Quadra	Quadra	Rettangolare
Forma accettabile	Circolare	Circolare	Rettangolare
Pitch suggerito	500 μm	500 μm	500 μm
Pitch minimo	250 μm	250 μm	250 μm

⁽¹⁾ = Larghezza corona metallizzata

Quantità dei punti di contatto

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

Esempi di punti di contatto usabili dal 4040, sono:

- Test pad
- Pad di saldatura di componenti SMT
- Pin di componenti tradizionali (PTH)
- Fori di via

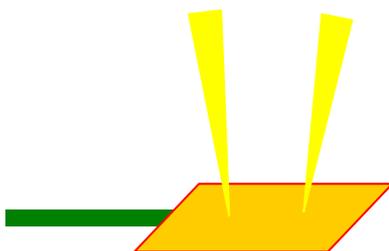
Per garantire il miglior collaudo possibile, è suggerito di prevedere almeno un'ulteriore punto di contatto per le net connesse a:

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

In generale, per tutti i componenti che lavorino con correnti superiori ad 1A, si suggerisce di predisporre due punti di contatto e, per ogni successiva unità di corrente, prevederne uno addizionale.

Qualora non sia possibile fisicamente predisporre più di un test pad per net, è suggerito che il singolo punto di contatto abbia dimensione non inferiore alla massima suggerita ($1\text{mm} \times 1\text{mm}$) o, preferibilmente, maggiore.

In questo modo è possibile che due sonde accedano contemporaneamente allo stesso punto di contatto, sopperendo alla mancanza del secondo punto.



Punti di contatto per le alimentazioni

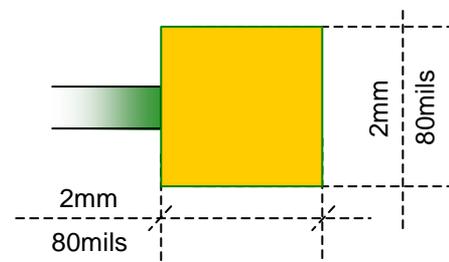
Le net che fanno parte delle alimentazioni delle schede necessitano di particolari considerazioni per quanto riguarda il loro accesso.

Ad esempio, è necessario che siano disponibili almeno due punti di contatto, in modo da assicurare che le misure siano eseguite nel miglior modo possibile.

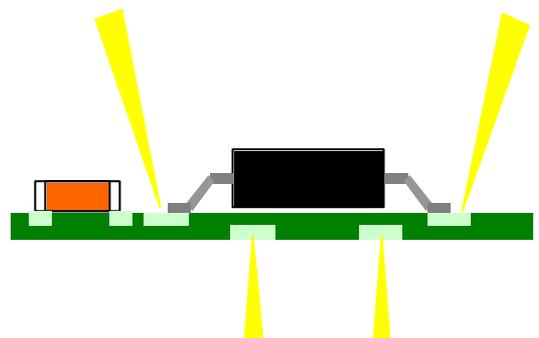
Poiché le net di alimentazione sono contattate numerose volte durante il collaudo della scheda (anche diverse centinaia di volte), è fortemente suggerito che vengano disposti almeno una decina di punti di contatto uniformemente distribuiti sull'intera superficie della scheda.

In questo modo è possibile programmare le sonde mobili in modo che ottimizzino i loro percorsi raggiungendo il punto di contatto con il movimento più breve possibile.

Inoltre, se possibile, è suggerito che almeno alcune delle piazzole dedicate alla contattazione siano di forma quadrata, con dimensione pari a $2 \times 2\text{mm}$ e posizionate quanto più possibile vicino ai bordi della scheda.



In questo caso è consigliato predisporre l'accesso da entrambi i lati della scheda, in modo da consentirne la contattazione indipendentemente dal lato usato per il collaudo.



Il rispetto di quanto suggerito rende possibile la contattazione sia con singoli contatti a molla posizionati manualmente, sia tramite semplici letti d'aghi.

Uso di sonde fisse

L'uso di sonde fisse, in aggiunta a quelle mobili, può già essere previsto in fase di progetto. Il loro collegamento ai canali del sistema di collaudo può avvenire sia tramite connettori sia tramite specifici letti d'aghi pneumatici o a vuoto.

Per sfruttare al meglio la possibilità di usare i punti fissi è suggerito seguire alcune indicazioni sin dalla fase di progetto della scheda.



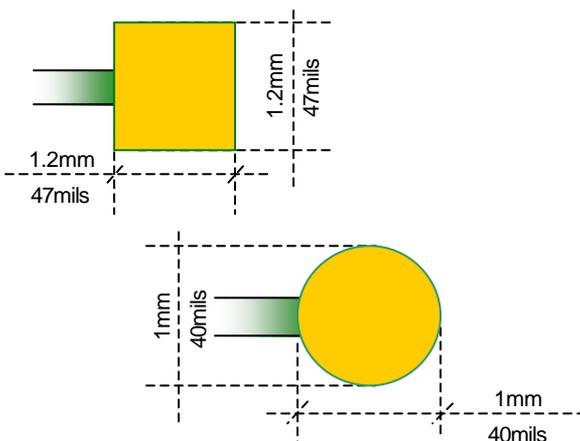
Qualora la contattazione avvenga dal lato opposto rispetto a quello contattato dalle sonde mobili vi sono alcune regole relative alle dimensioni, ed alla disposizione dei pad che, se seguite, semplificano di molto la realizzazione del letto d'aghi.

Test Pad

Il test pad essendo dedicato in modo esclusivo al test garantisce la contattazione dei contatti a molla usati dai letti d'aghi.

Dimensioni dei test pad

Per assicurare il corretto e ripetibile contatto si suggerisce di predisporre test pad di forma quadrata e con lato di lunghezza pari a 1.2mm, anche se è accettabile un test pad di forma circolare e diametro di 1mm.

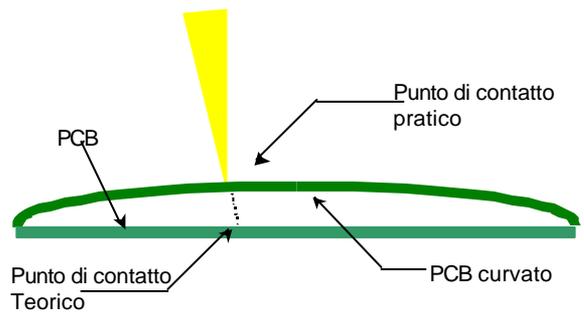


Benché sia possibile contattare test pad circolari con diametro fino a 0.8mm si suggerisce di evitarne l'uso.

In questo caso diventerebbe indispensabile usare contatti a molla con passo a 1.27mm (50mils) che garantiscono una durata di circa 1/10 rispetto a quelli "standard", con un costo circa doppio.

Distribuzione dei test pad

I test pad 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 scheda.



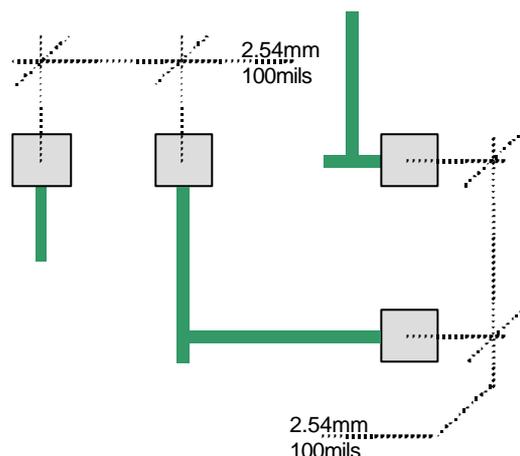
Le sonde mobili del 4040 non sono perfettamente ortogonali rispetto il piano della scheda, ma sono angolate (le sonde esterne di 16° e quelle interne di 5°).

Come si evince dalla figura precedente, se la scheda è deformata la normale precisione di contatto raggiungibile dal 4040 potrebbe non essere più garantita.

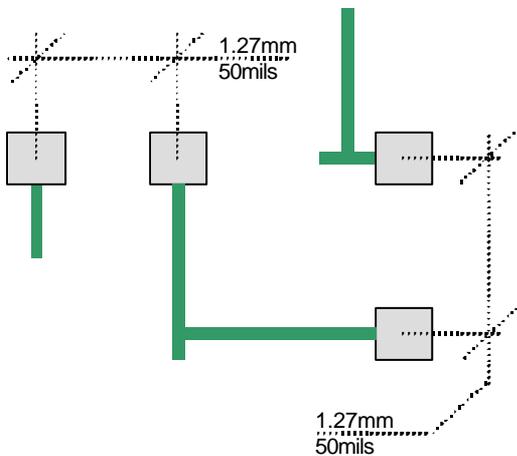
Distanza tra i test pad

I test point, affinché possano essere contattati con ripetibilità ed efficienza devono essere tra loro posizionati ad una distanza suggerita pari a 2.54mm (100mils).

In questo modo è possibile usare contatti a molla "standard" con un diametro di 2mm, 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).

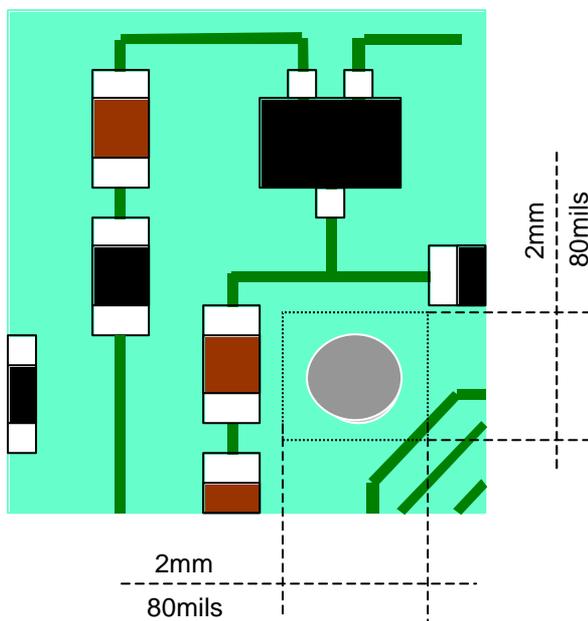


Con questa distanza tra i test pad non è più possibile usare contatti a molla standard, ma è necessario usare specifici contatti con diametro ridotto, che rispetto a quelli standard hanno una durata inferiore.

Fori di riferimento

La presenza di fori di riferimento sulla scheda ne semplifica il posizionamento sul letto d'aghi da parte del collaudatore, riducendo il tempo necessario all'handling.

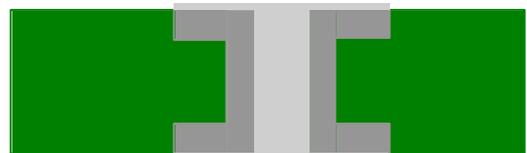
In prossimità dei fori di riferimento è suggerito lasciare un'area sgombra da componenti per almeno 2mm di lato.



Via

Come già spiegato nei capitoli precedenti, i fori di via non sono un ottimo punto di contatto. Assecondandone l'uso all'impiego di sonde fisse (contatti a molla) diventano però un'accettabile punto di contatto, soprattutto se vengono seguite alcune raccomandazioni, durante il processo produttivo.

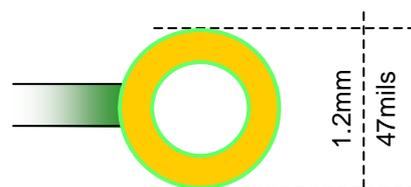
Ad esempio è consigliato fare in modo che durante il processo di saldatura il foro di via risulti coperto di stagno, in questo modo potrebbe essere assimilato ad un test pad.



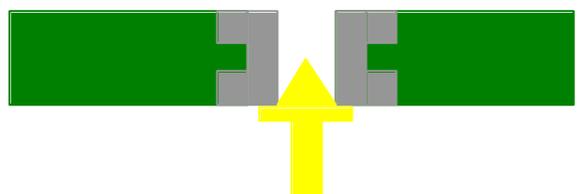
Considerata la densità media dei componenti, presenti sulle scheda da collaudare, spesso non è possibile coprire di stagno i fori di via durante il processo di saldatura.

In questi casi valgono le considerazioni fatte nei capitoli precedenti e relativi ai fori di via iscritti o seguiti da un pad.

In ogni caso le dimensioni minime affinché un foro di via possa essere usato come punto di test non differiscono da quelle relative ai test pad, ovvero devono avere un diametro non inferiore a 1.2mm.



L'uso di contatti a molla commerciali a testa piramidale consente di toccare il foro di via in modo ripetitivo, anche considerando che il probe è perfettamente perpendicolare a quest'ultimo.

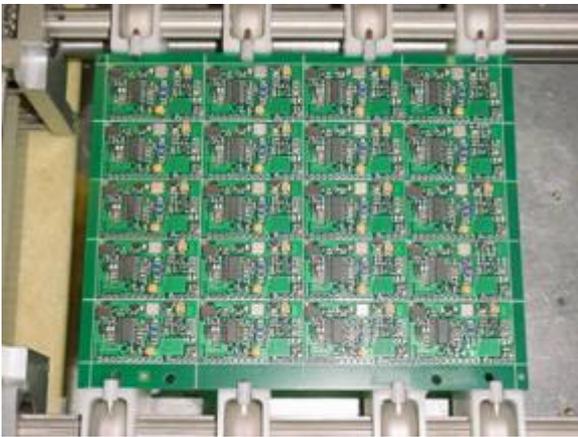


Pannello di schede

Il sistema di collaudo a sonde mobili 4040 è in grado di collaudare in modo automatico pannelli di schede.

I pannelli di schede possono essere composti da differenti configurazioni di schede, ad esempio schede identiche con rotazione identica oppure con rotazioni differenti, schede differenti, ...

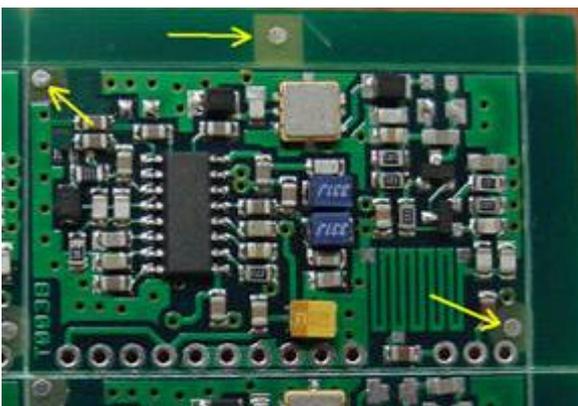
È importante ricordare che, soprattutto in caso di pannelli di schede, è fondamentale rispettare i criteri suggeriti ed elencati in questo documento; eventuali problemi riscontrati su una scheda si ripercuotono su tutte le schede che lo compongono.



Fiducial

È consigliato il posizionamento di almeno una coppia di fiducial per l'intero pannello ed almeno un'ulteriore coppia per ognuna delle schede che lo compongono.

Questo consente di raggiungere e garantire gli attesi valori di accuratezza e ripetibilità del posizionamento delle sonde.



Tipologia di pannelli

Durante il progetto di un pannello di schede, è suggerito seguire quanto di seguito elencato :

- Limitare a 128 il numero massimo di schede che compongono il pannello
- Ridurre quanto più possibile la larghezza dello spazio relativo allo "scoring" tra le singole schede
- Le schede devono avere tutte identica rotazione
- Le schede devono essere identiche
- L'offset deve essere identico tra tutte le schede



Uso del letto d'aghi

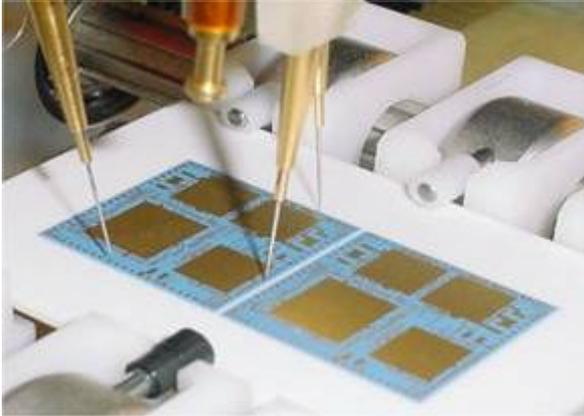
I letti d'aghi consentono di accedere a punti interni della scheda tramite contatti a molla. È importante ricordare che la forza esercitata da questi sarà moltiplicata per il numero di schede presenti nel pannello.



Ponendo la giusta attenzione a riguardo di questo aspetto è possibile evitare che, a causa della forza esercitata dai contatti molla, la scheda si deformi.

Substrati ceramici

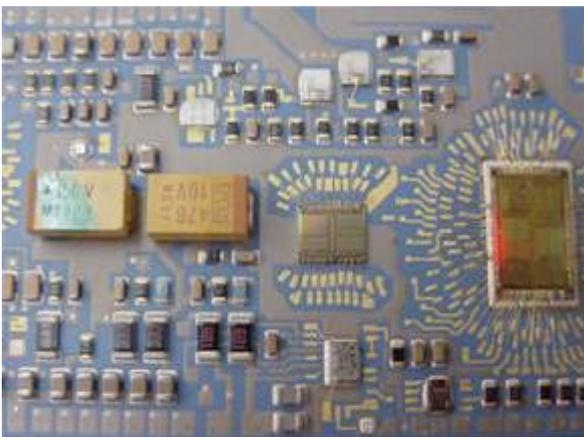
Il tester a sonde mobili 4040 è progettato in modo da garantire la contattazione di substrati ceramici, tramite le sonde mobili, senza arrecare alcun danno alle piazzole dedicate al collaudo o al bonding.



La velocità delle sonde lungo l'asse Z è programmabile, e può essere programmato in modo da essere fortemente rallentato nella parte terminale della discesa.

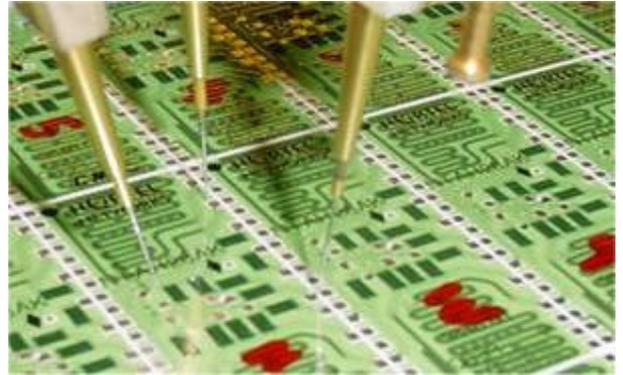
Questa funzione, chiamata "soft landing" consente di esercitare, sul contatto, la sola forza della molla del probe.

Questo movimento rallenta però il tempo di attraversamento del test, per cui, al fine di sfruttare al pieno la velocità e la produttività del tester, si suggerisce di prevedere piazzole dedicate alla contattazione.

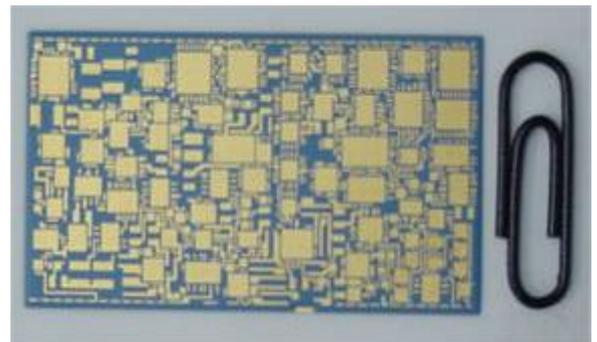


Questo eviterebbe in via definitiva ogni possibilità di deformazioni o rigature del pad dedicato al bonding, evitando di conseguenza la riduzione della resistenza meccanica allo strappo e l'aumento della resistenza elettrica nel punto di posatura del sottilissimo filo.

Le piazzole di test, in quanto realizzate con lo stesso materiale di serigrafia del "conduttore" (palladio-argento o platino-oro) risultano avere ottime caratteristiche di contattazione.



Tutte le altre considerazioni relative a forma, quantità, passo, tipologia dei punti di contatto sono da considerarsi valide anche per il collaudo di substrati ceramici.



Regole per l'accessibilità della scheda

Il principale vantaggio consentito dal tester a sonde mobili è di eseguire il collaudo immediato di una scheda senza necessariamente richiedere uno specifico adattatore.

Si tenga anche presente che, considerata la crescente miniaturizzazione delle schede, in molti casi l'adattatore a letto daghi potrebbe non essere realizzato.

Durante il progetto di una scheda è fondamentale ricordare che **“se non si contatta non si collauda”**.

La necessità di riuscire a contattare le net della scheda è di vitale importanza per raggiungere l'atteso livello qualitativo e di copertura del test.

Come scegliere il lato di contatto ?

Quali sono le implicazioni della scelta di un lato piuttosto che l'altro ?

Le risposte a queste domande sono presenti in questo capitolo.

Accessibilità della scheda

Tutte le considerazioni presentate in questo documento, per forza di cose, si applicano a schede "medie".

Con questo termine ci si riferisce a tipologie di schede che presentino le tipiche problematiche delle schede elettroniche e non invece a delle particolarità od eccezioni.

In questi casi è bene analizzare tecnicamente il singolo caso.



L'accesso incompleto alle net della scheda causa l'incremento del costo di produzione della scheda: idealmente più di un punto di contatto da dedicare al collaudo dovrebbe essere presente per ogni net della scheda.

In questo modo il sistema di collaudo è in grado di misurare e verificare in modo completo la scheda.

Lato di contattazione

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.

Per questo motivo è suggerito prevedere il posizionamento dei test pad sul lato della scheda (top o bottom) meno "affollato" di componenti.

In generale è consigliato sviluppare i programmi di collaudo prevedendo la contattazione della scheda dal lato bottom ("saldature").

Il fatto di poter sorvolare il lato meno "affollato" di componenti, consente alle sonde di potersi muovere ad altezza ridotta; consentendo di fatto una maggiore velocità di collaudo.

Risulta evidente che, se si dispone di tutti i punti di test da un solo lato, il programma di collaudo non necessita successive manipolazioni della scheda.

Per questo motivo, qualora la scheda non sia contattabile da un solo lato si suggerisce di limitare il numero di test point, nel lato secondario, al 10% rispetto al lato primario.

Scelta del lato di contattazione

La scelta del lato da contattare è fondamentale nella strategia di collaudo; a volte l'importanza di questa decisione viene sottovalutata e le conseguenze si pagano poi in termini di complessità nello sviluppo del programma di collaudo e copertura diagnostica inferiore alle aspettative.

Diventa così importante ponderare la scelta sin dalla fase di progetto, in modo da limitare le ripercussioni di scelte errate sul programma di collaudo.

La scelta del lato di contattazione influisce sulla strategia e di conseguenza sulla profondità di collaudo desiderata.

Ad esempio, qualora si scelga di collaudare una scheda contattando il lato bottom (saldature), non sarà poi contemporaneamente possibile eseguire l'ispezione ottica per i componenti montati sul lato opposto (top-componenti).

La corretta saldatura dei pin dei circuiti integrati montati sul lato componenti non potrà che essere collaudata con i probe ElectroScan fissi, in luogo di quelli previsti sulle sonde mobili.

Per contro, ipotizzando di collaudare una scheda dal lato top (componenti), si possono incontrare dei vincoli legati alla presenza sulla scheda di componenti tradizionali, che rendono complessa, se non impossibile, l'accesso ad alcuni punti di contatto.

Contattazione dal lato top

La scelta di contattare una scheda dal lato Top (componenti) consente di avere un maggiore accesso alle net, anche qualora la scheda non sia stata progettata secondo i criteri del "Design for Testability".

Molto spesso le schede vengono prodotte in tecnologia "mista", ovvero parte dei componenti è di tipo "SMT" mentre i restanti sono di tipo tradizionale ("PTH").

Di conseguenza, il programma di collaudo deve considerare la presenza di eventuali limitazioni di accesso, causate dalla presenza dei componenti tradizionali che rendono difficoltoso, se non impossibile, raggiungere determinate zone.

La presenza di componenti PTH, comporta anche delle implicazioni che riguardano il movimento delle sonde, che varia rispetto ad una scheda senza "ostacoli", e che può influire anche sulla velocità di esecuzione del programma di collaudo.



Per contro, l'ispezione ottica è applicabile, dal momento che da questo lato della scheda sono montati la maggior parte dei componenti.

La tecnica vectorless Electro Scan è applicabile usando i captatori presenti sui probe 2 e 3, di conseguenza la presenza di sonde fisse non si rende necessaria.

L'uso della tecnica ElectroScan dal lato top è raccomandata quando sono presenti circuiti integrati con placchetta metallica dissipatrice. L'effetto "schermo" da questa rappresentata è infatti evitato dalla possibilità di spostare il probe captatore in prossimità del lead frame del componente

È importante sottolineare che, qualora la scheda abbia limitati punti di accesso dal lato bottom (saldature), è possibile realizzare un semplice attrezzo di contattazione per alcune net.

Questa possibilità consente di aumentare i punti di test usati contemporaneamente per il collaudo della scheda.

Alle quattro sonde mobili si vanno ad aggiungere anche i punti "fissi" del letto d'aghi.

Oltre a ridurre il tempo necessario al collaudo, meno movimenti delle sonde implicano automaticamente minor tempo di test, mentre l'uso di punti fissi (letto d'aghi o connettori) aumenta la copertura diagnostica del programma.

Un aspetto molto importante della contattazione delle schede che, purtroppo troppo spesso viene trascurato, è quello relativo ai processi pulizia a cui è sottoposta la scheda in seguito alla saldatura.

Molto spesso il mancato lavaggio delle schede, soprattutto 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.

La punta dei probe usati per la contattazione ha un diametro ridotto che non sempre consente la perfetta perforazione dello strato dei residui di fluxante.

Inoltre questi residui potrebbero "sporcare" la punta delle sonde dei probes, col risultato che la precisione della misura potrebbe essere risultare alterata.

Questo fenomeno è maggiormente evidente dal lato top, la cui pulizia risulta più complessa a causa della presenza di un maggior numero di componenti.

La presenza di componenti "ultra fine pitch" o "fine pitch" evidenzia maggiormente questo fenomeno.

Contattazione dal lato bottom

La scelta di contattare una scheda dal lato bottom (saldature) quasi obbligata nel caso di sistemi di collaudo a letto d'aghi, consente anche sui tester flying probe di accedere molto più semplicemente ai punti di test; difficilmente su questo lato sono presenti dei componenti in tecnologia PTH che possono ostacolare la movimentazione dei probe.

La possibilità di contattare la scheda dal lato bottom consente di programmare le sonde in modo che sorvolino la scheda ad un'altezza limitata a pochi millimetri, permettendo così, di ridurre il tempo di collaudo in modo apprezzabile.

Il fatto di avere un limitato numero di parti montate su questo lato non deve essere in alcun modo trascurato.

Il posizionamento dei punti di contatto risulta decisamente semplificato durante il progetto e lo sbroglio del supporto stampato.

Per contro, proprio poiché la maggior parte dei componenti è montata sul lato opposto, di solito l'efficacia dell'ispezione ottica risulta limitata o potrebbe richiedere un apposito secondo passaggio al tester.

Viceversa l'applicazione della tecnica vectorless ElectroScan è possibile, usando però delle sonde fisse in luogo dei captatori presenti sugli assi delle sonde mobili.



Contattando la scheda dal lato bottom l'eventuale realizzazione del letto d'aghi risulta maggiormente difficoltosa, a causa della presenza della maggior parte dei componenti sul lato opposto.

Proprio per questo motivo, in questo caso, si suggerisce di prevedere test pad di dimensioni non inferiori a quelle suggerite (quadrato di 1.2mm di lato).

Benché la contattazione avvenga dal lato tipicamente meno critico, l'aspetto relativo alla pulizia della scheda non deve essere trascurato.



I residui di fluxante, o la pasta saldante usata, possono concorrere ad aumentare la resistenza di contattazione dei probe.

In questo caso l'attesa precisione di misura, per le resistenze di basso valore, potrebbe non essere sempre garantita.

Quando contattare la scheda dal lato top ?

Riassumendo, si consiglia la contattazione della scheda dal lato top qualora le condizioni di seguito elencate siano soddisfatte:

- La totalità, o la maggior parte, delle net sia contattabile da questo lato
- Le schede siano prive dei residui delle precedenti lavorazioni
- Le dimensioni dei punti di contatto soddisfino i criteri di Design for testability
- Non vi siano particolari "ostacoli" da evitare durante la movimentazione
- La strategia di test richieda l'ispezione ottica, la rilevazione della mancata saldatura dei pin dei circuiti integrati
- Si desideri usare uno specifico adattatore a letto d'aghi



Quando contattare la scheda dal lato bottom ?

Riassumendo, si consiglia la contattazione della scheda dal lato bottom qualora le condizioni elencate di seguito siano soddisfatte:

- La totalità, o la maggior parte, delle net sia contattabile da questo lato
- Le dimensioni dei punti di contatto (test pad, via, pad di saldatura, ...) soddisfino i criteri di Design for testability
- La strategia di test non richieda l'ispezione ottica
- Non sia indispensabile verificare la saldatura dei pin dei circuiti integrati tramite i captatori presenti sulle sonde mobili
- Non sia indispensabile l'uso di uno specifico adattatore a letto d'aghi

Regole per il progetto elettrico

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.

Circuiti di inizializzazione

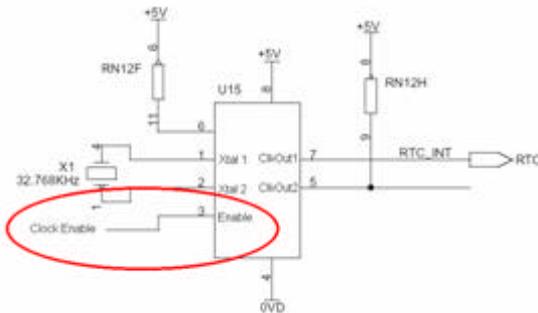
I circuiti di inizializzazione, o di reset, consentono di porre la scheda in un stato chiaro e definito. Questo avviene, tipicamente, all'accensione della scheda e deve poter essere programmato in qualche modo durante il normale funzionamento.

L'inizializzazione di un circuito è la prima operazione che ogni scheda, dotata di logica a bordo, deve poter eseguire. Con essa tutti i componenti che possono, in qualche modo, alterare le condizioni presenti in determinati punti della scheda, devono essere disabilitati.

È consigliato progettare la scheda in modo che la condizione di reset sia attivabile in modo semplice, ad esempio forzando un punto ad un livello elettrico definito.

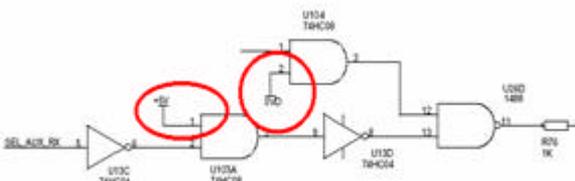
Oscillatori

Il collaudo di circuiti collegati ad oscillatori si semplifica qualora l'oscillatore sia collegato al circuito tramite un ponticello o con un pin di abilitazione.

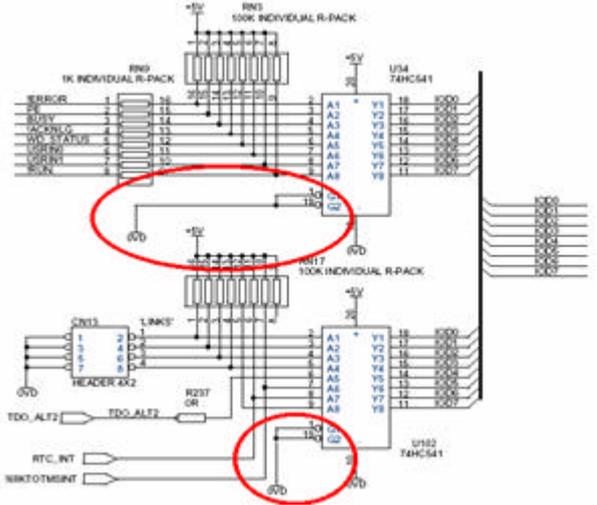


Circuiti integrati digitali

Durante il collaudo In Circuit ogni componente è collaudato singolarmente, tramite appositi stimoli sui suoi pin di ingresso e di controllo. Per questo motivo è sconsigliato vincolare i suoi pin direttamente alle alimentazioni o alla massa, in questi caso il sistema di collaudo non potrebbe in alcuno modo isolarli o controllarli.



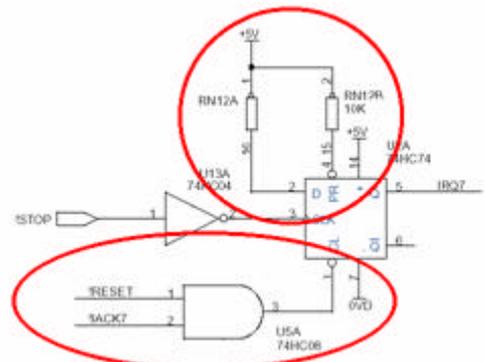
Un altro esempio tipico di una connessione che non consente il corretto collaudo dei componenti è il seguente:



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.

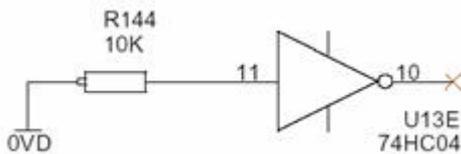
Per evitare che si presentino casi simili a quelli affrontati finora, durante il progetto della scheda si consiglia di seguire i criteri elencati di seguito:

- 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.



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

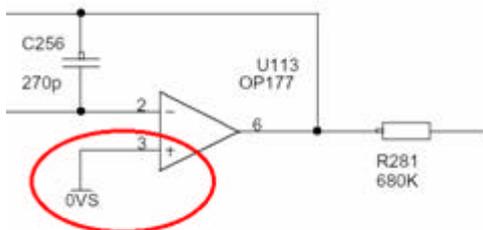
Le sezioni non usate devono avere i pin di ingresso collegati, tramite una resistenza, o alle alimentazioni o alla massa.



Circuiti integrati analogici

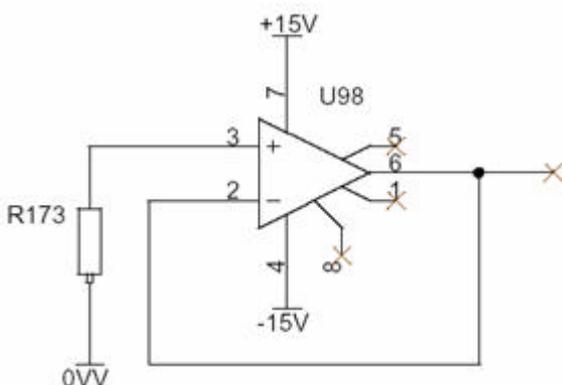
Durante il collaudo In Circuit ogni componente è collaudato singolarmente, tramite appositi stimoli sui suoi pin di ingresso e di controllo.

Per questo motivo è sconsigliato vincolare i suoi pin direttamente alle alimentazioni o alla massa, in questi caso il sistema di collaudo non potrebbe in alcuno modo isolarli o controllarli.



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".



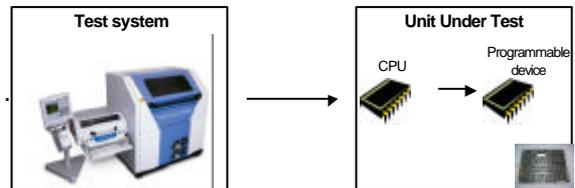
On Board Programming

Vi sono due differenti metodi per accedere ai componenti da programmare che dipendono dal progetto della scheda e dal tipo di prodotto.

In System Write

In questo caso 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



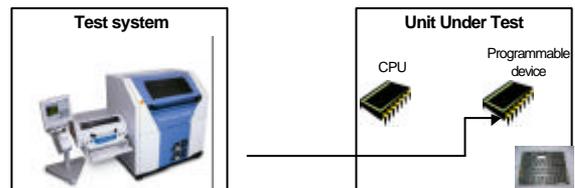
In questo caso il componente viene programmato attraverso la CPU della scheda.

Il sistema di collaudo colloquia con la CPU che provvede alle programmazione del componente

Direct programming

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.

Disabilitazione del microprocessore

Se sulla scheda da programmare è presente un microprocessore, prima di iniziare la programmazione del componente è fondamentale provvedere a porlo in uno stato noto e definito.

Accessibilità dei segnali

Indipendentemente dal tipo di programmazione OBP che si utilizza (“In system write” piuttosto che “Direct programming”) le net su cui è necessario forzare o misurare dei segnali devono essere accessibili.



Se il numero di segnali necessari eccede il numero di sonde disponibili (4) è possibile predisporre in fase di progetto un connettore dedicato alla programmazione; su questo connettore dovrebbero essere portate anche le alimentazioni. In questo modo l'unità OBP verrà collegata direttamente al connettore per consentire la programmazione.



Nella disposizione del connettore è importante porre attenzione alle regole definite nel capitolo relativo alla disposizione dei punti di contatto.

Se si sceglie di predisporre dei test pad, in modo da sviluppare un adattatore a letto d'aghi dedicato alla programmazione, è necessario seguire le indicazioni riportate nel capitolo “Regole per il progetto meccanico”

ECO

ECO è l'acronimo di “Engineering Change Order”, 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 o cambi di valore) 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 componenti, se non strettamente necessario
- Considerare il completo accesso per i componenti aggiunti



Boundary Scan

Il progetto di schede elettroniche che usano la tecnologia Boundary Scan assume rilevanza nel mondo produttivo.

Anche in questo caso il rispetto di alcune raccomandazioni consente di sfruttare i vantaggi di questa tecnologia, per riuscire a raggiungere maggiori coperture diagnostiche durante il collaudo.

Regole per il collaudo del bus Boundary Scan

Per aumentare la copertura del collaudo e contemporaneamente la velocità è necessario avere l'accesso diretto anche a parti non necessariamente in tecnologia Boundary Scan (enable, controllo della direzione, reset, ...)

Ad esempio, è suggerito di evitare la connessione di circuiti integrati non Boundary Scan con pin di controllo in parallelo.

La generazione automatica del programma di test può essere ottimizzata, prestando attenzione a posizionare non più di un buffer non-Boundary Scan tra i pin di componenti Boundary Scan.

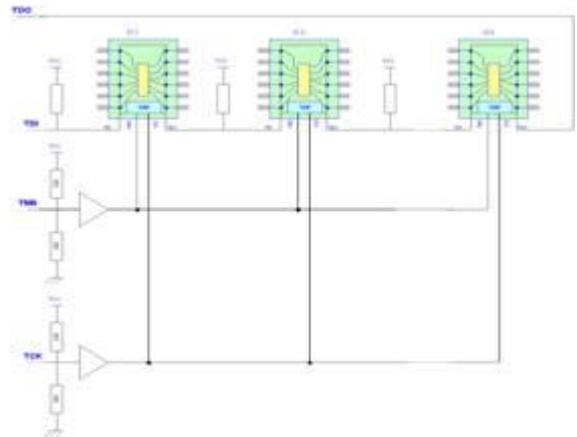
Questa configurazione può essere controllata e risolta automaticamente durante la generazione, senza richiedere interventi da parte del programmatore.

Resistenze di terminazione

Il collaudo delle resistenze di terminazione del bus è potenzialmente un argomento critico, specialmente per il segnale TCK che può essere particolarmente soggetto al rumore, agli spike ed ai fronti dei segnali applicati.

Durante il progetto della scheda si suggerisce di seguire alcune regole, quali:

- Aggiungere una combinazione di pull-up / pull-down da 2200/3300 per ogni ingresso
- Se il punto precedente non fosse applicabile, aggiungere una resistenza di pull-down da 1800 sugli ingressi TMS e TCK.
- Aggiungere una resistenza di pull-up sull'ingresso TDI



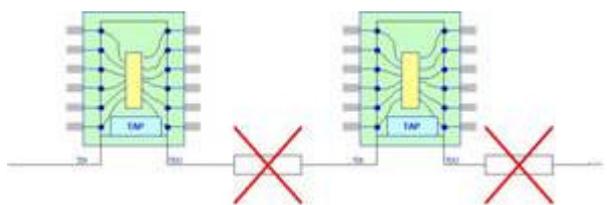
Fanout delle linee TCK

Durante le attività di progetto della scheda, è suggerito l'uso di un buffer per pilotare non più di cinque componenti.

Per il segnale TCK è necessario applicare le precauzioni relative alla disposizione componenti e piste per segnali ad alta velocità.

Connessione dei buffer

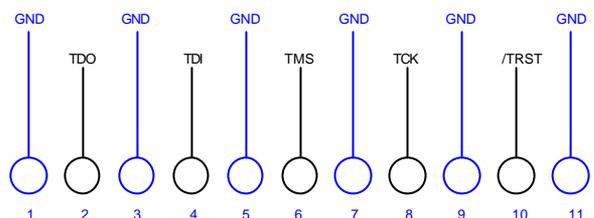
Il numero di buffer che possono essere connessi in serie, deve essere considerato durante il progetto della scheda, in modo da ridurre il ritardo di propagazione del segnale durante l'esecuzione del test. Per questo motivo si suggerisce di ridurre l'uso di più buffer in serie allo stretto necessario.



Segnali sul connettore

L'impedenza del bus, potenzialmente, potrebbe influenzare la qualità del segnale trasmesso, e di conseguenza il risultato del test.

Per questo motivo è suggerito predisporre il connettore dedicato al test Boundary Scan in modo che i segnali standard Jtag risultino alternati con una massa.



File CAD

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 usate da Atos2, il sistema operativo del 4040, per la generazione automatica del programma di collaudo. Il loro formato è memorizzato in uno o più file testo ASCII.

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 "ATOS2 – Board CAD data" e codificata come 81280001.056.

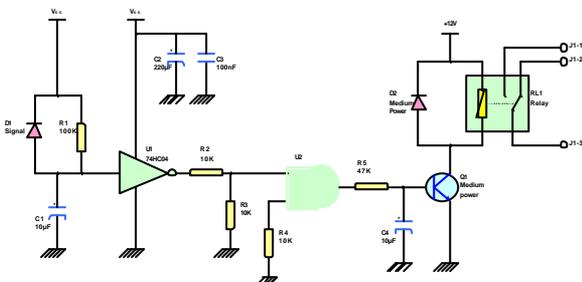
Le informazioni necessarie alla generazione automatica di un programma di collaudo sono presenti nella:

- Part list
- Net list
- Coordinate list
- Access list
- Track list

La 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, ...

La 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.



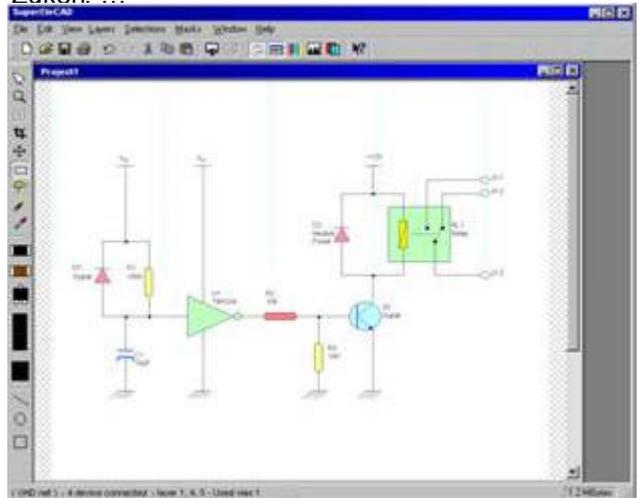
La coordinate list contiene, per ogni pin dei componenti le informazioni relative alla loro posizione fisica in termini di coordinate X e Y.

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

La track list contiene le informazioni relative al layout ed alle caratteristiche delle piste del PCB.

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:

- CadStar
- Zuken
- Visual
- DDE
- S E-CAD
- GenCad
- Mentor
- Pads
- Protel
- Cadence Allegro
- Integra
- TXF-Out
- Verybest

L'elenco aggiornato dei formati CAD supportati è comunque presente nel documento "ATOS2 – Board CAD data" cod. 81280001.056

Design for Testability

Tabelle riassuntive

È bene ricordare che le dimensioni minime riportate in questo documento fanno riferimento al 4040 modello "Top-of-class" ovvero il flying probe che rappresenta lo stato dell'arte dei sistemi di collaudo a sonde mobili.

Per gli altri modelli di sistemi ("High Precision" e "Very High Precision") le dimensioni minime variano in accordo con le caratteristiche dei sistemi.

	Dimensione suggerita	Dimensione minima
Dimensioni test pad quadrato	1x1mm	80x80µm
Diametro test pad circolare	1mm	80µm
Forma test pad (outline)	Quadrata	
Diametro esterno foro di via	1mm	
Spessore metallizzazione foro di via		100µm
Distanza tra i test point (pitch)	1mm	250µm
Lunghezza pad di saldatura per IC SMT	400µm	80µm
Larghezza pad di saldatura per IC SMT	400µm	80µm
Forma fiducial (outline)	Quadrata, circolare o croce	
Dimensioni area libera intorno al fiducial	11x9mm	
Dimensione area dedicata al fiducial (sgombra da altri parti)	1mm ²	
Dimensioni area che include il fiducial	3x3mm	1.5x1.5mm
Dimensioni massima area che include il fiducial	4.5x4.5mm	
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 5mm	2x2mm	1.4x1.4mm
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 10mm	3x3mm	2.8x2.8mm
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 15mm	4.5x4.5mm	4.2x4.2mm
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 20mm	6x6mm	5.6x5.6mm
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 25mm	7.5x7.5mm	7.0x7.0mm
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 30mm	9x9mm	8.4x8.4mm
Area libera da punti di contatto intorno a componenti alti 35mm	10x10mm	9.8x9.8mm
Altezza componenti lato collaudato (massima)	55mm	
Altezza componenti lato opposto a quello collaudato (massima)	110mm	
Peso scheda per il trasporto su linea automatica standard	≤ 1500g	
Dimensione libera da componenti dal bordo scheda per il trasporto ¹		3mm per la lunghezza della scheda
Dimensioni area libera da componenti rispetto al bordo scheda per il bloccaggio ²		7x15mm
Numero schede in un pannello (massimo)	128	

¹= Per sistemi equipaggiati con trasporto di tipo IBL

²= Per sistemi equipaggiati con trasporto di tipo SBL, per ogni punto di bloccaggio

Predisporre almeno 2 punti di contatto per ogni net a cui siano connessi:

- Capacità ($\geq 10\mu\text{F}$)
- Resistenze ($\leq 100\Omega$)
- Diodi di bassa-media potenza
- Led
- Zener
- Transistor bipolari
- Transistor Mos-Fet
- Relè
- Trasformatori
- Induttanze
- Alimentazioni

