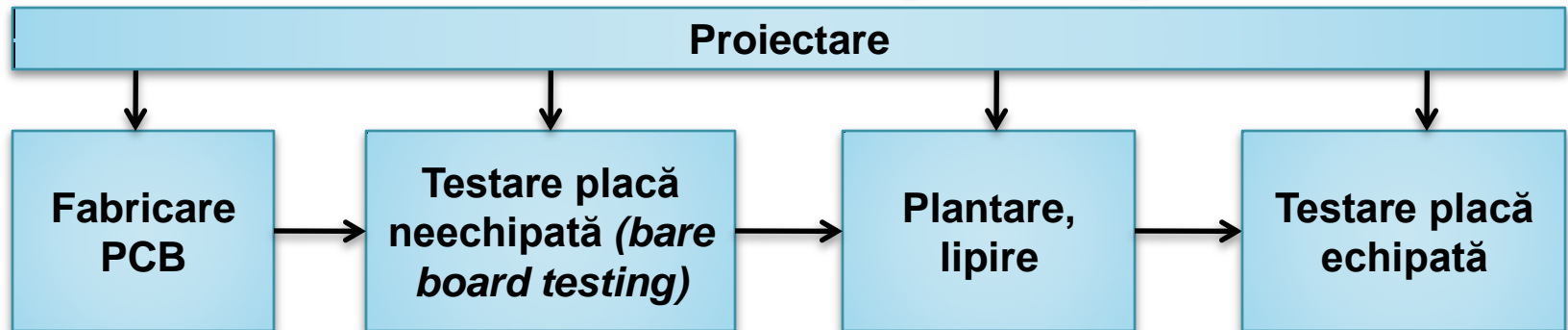


## 4.3 Proiectarea pentru testare (DfT)



**Dr. Ing. Marius RANGU**  
Universitatea "Politehnica" Timișoara  
Facultatea de Electronică și Telecomunicații  
2009



# 1. Obiectivele testabilității

**Observabilitate** = abilitatea de a extrage informație din sistemul supus testării

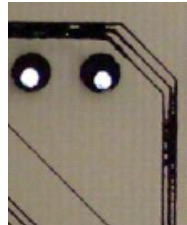
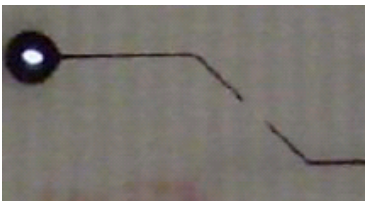
Ex: un semnal condus în totalitate pe un nivel interior al plăcii nu este observabil

**Controlabilitate** = abilitatea de a manipula sistemul supus testării

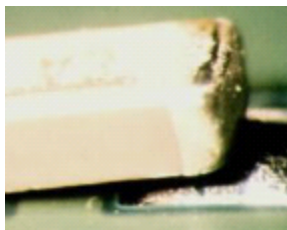
Ex: un semnal de tact validat în permanență nu este controlabil

## Tipuri de defecte investigate

- Defecte de placă (scurtcircuit, întrerupere, contact rezistiv, etc.)



- Defecte de asamblare (punți aliaj, componente lipsă sau cu montare greșită, componente ridicate, componente deteriorate, etc)



- Componente defecte (care nu funcționează sau funcționează în afara parametrilor admisibili)

## 2. Observabilitatea



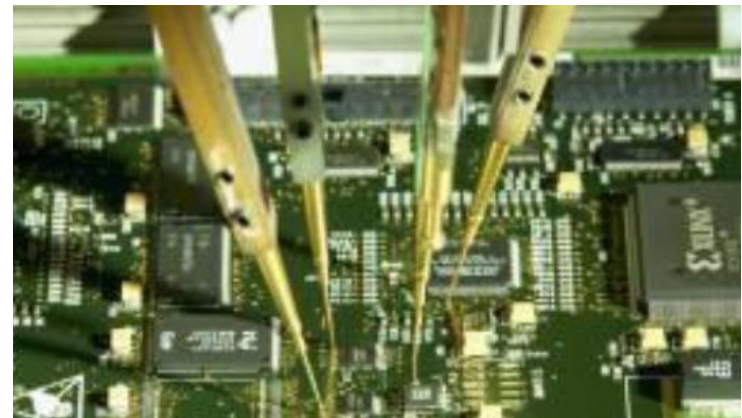
### ➤ Conectori de test:

- Costuri repetitive
- Nivel de acopere redus
- Adecvați ptr. aplicații speciale (RF, semnal mic)



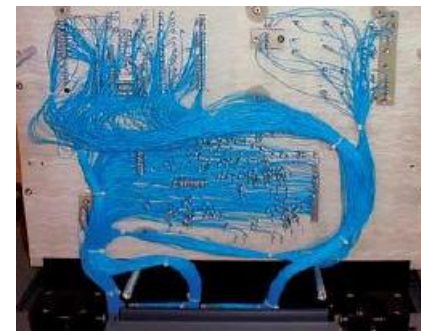
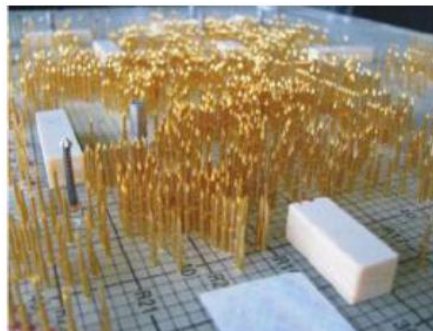
### ➤ Sonde mobile (*flying probe*):

- Acces limitat la puncte de test
- Flexibilitate ridicată
- Adecvat ptr. aplicații speciale
- Permite contactul din unghiuri diferite, chiar lângă componente înalte

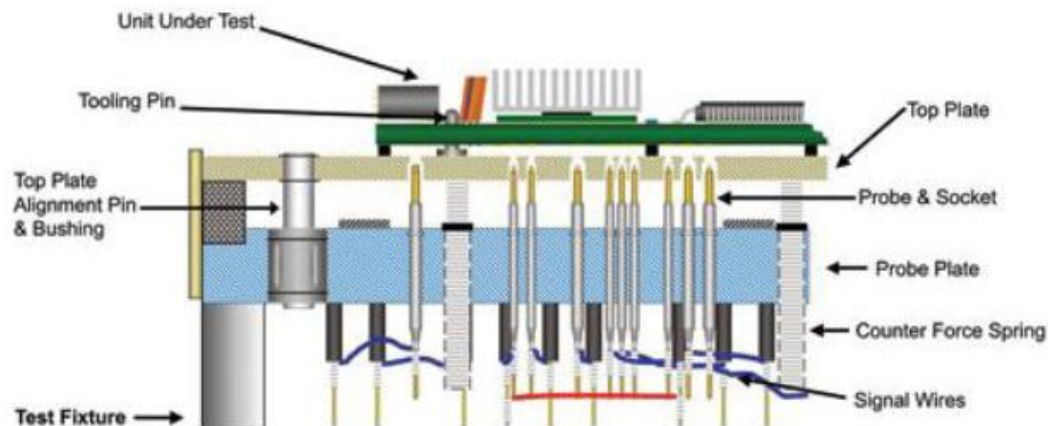




## ➤ Monturi de test (*test fixtures*)



- Utilizează un număr mare de sonde de test (pat de cuie, *bed of nails*) ce fac contact cu paduri de test prevăzute pe placă
- Conexiunile monturii de test cu echipamentul de test se realizează prin fire



- Necesită montură de test dedicată fiecărei plăci
- Necesită un număr mare de puncte de test
- Firele de conexiune ridică probleme de integritate a semnalelor (nu sunt adecvate aplicațiilor speciale)

- Tehnologie matură (cea mai utilizată metodă de acces fizic la semnale)
- Permite acces la 98% dintre semnale
- Permite testarea plăcii fără a fi necesară alimentarea acesteia

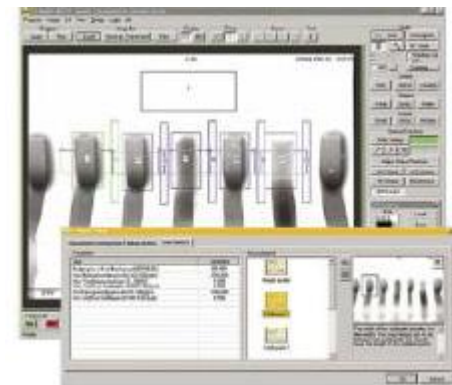
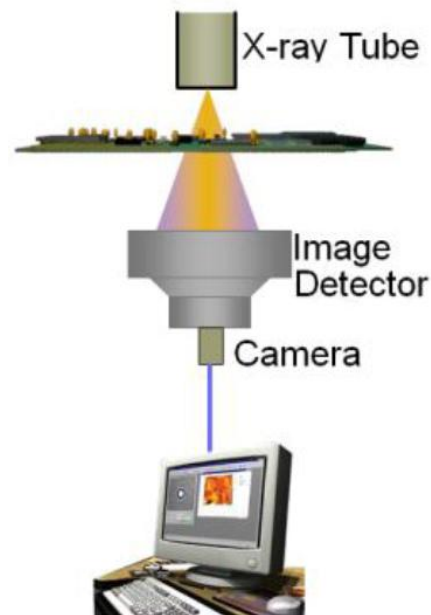
## ➤ **Inspecția optică automată (AOI = *automatic optical inspection*)**

- Detectează defecte prin procesarea informației captate de camere video
- Poate detecta prezența, poziționarea și polaritatea componentelor
- Poate detecta întreruperi, scurt-circuite și deteriorări ale plăcii
- Nu poate inspecta componente cu terminale J sau BGA
- Capacitate limitată în ceea ce privește parametrii lipiturilor
- Se utilizează între etapele de asamblare pentru inspecții intermediare



## ➤ **Inspecția cu raze X (AXI)**

- Utilizează capacitatea de absorbție diferită a materialelor ce intră în componența unei plăci
- Penetrează placa a.î. poate detecta defecte structurale (goluri, microfisuri, insuficient aliaj, etc)
- Mai costisitoare decât AOI, se utilizează pentru aplicații ce impun fiabilitate ridicată



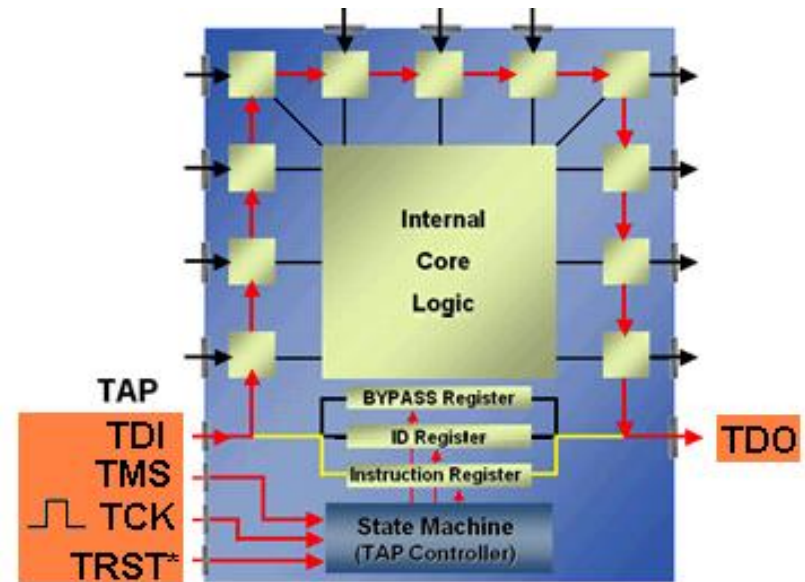


## ➤ Accesul logic la semnale (JTAG, IEEE 1149)

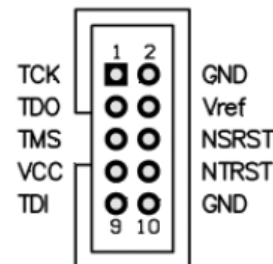
- Oferă observabilitate și controlabilitate fără acces fizic, prin scanare pe frontieră (**boundary scan**)

### TAP = Test Access Point

- TDI = Test Data In
- TDO = Test Data Out
- TCK = Test Clock
- TMS = Test Mode Select
- TRST\* = Test Reset (optional)



- Nu necesită puncte de test (un singur conector)
- Pot fi accesate și intrările/ieșirile circuitelor ce nu au implementat standardul JTAG
- Permite programarea memoriilor sau a sistemelor programabile (uC, uP, PGA, etc) anterior testării
- Testare serială (lentă)
- Necesită alimentarea plăcii pentru aplicarea testului (periculoasă fără o testare prealabilă pentru detecția scurtcircuitelor sau a componentelor montate greșit)



# 3. Strategii de testare

## ➤ Inspecția (AOI, AXI)

- Validează operațiile de fabricare (plasare corectă, scurtcircuite, întreruperi)
- Nu detectează defecțiuni ale componentelor

## ➤ Testarea în circuit (ICT)

- Verifică electric corectitudinea conexiunilor (defecte placă, defecte lipire)
- Verifică electric corectitudinea plasării componentelor (prezență, valoare, polaritate)
- Nu necesită alimentarea plăcii
- Poate fi realizată cu echipamente generice ( MDA = *Manufacturing Defect Analyzer*, CT = *Combinational Tester* ) însă necesită monturi de test dedicate

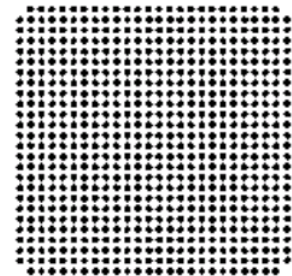
## ➤ Testarea funcțională (FT)






- Exersează funcțiile circuitului în condiții similare celor de operare
- Poate detecta orice deficiență de funcționare (erori soft, funcționare în afara specificațiilor, etc.)
- Necesită alimentarea plăcii
- Poate fi realizată prin acces fizic sau logic, cel mai frecvent cu echipamente dedicate

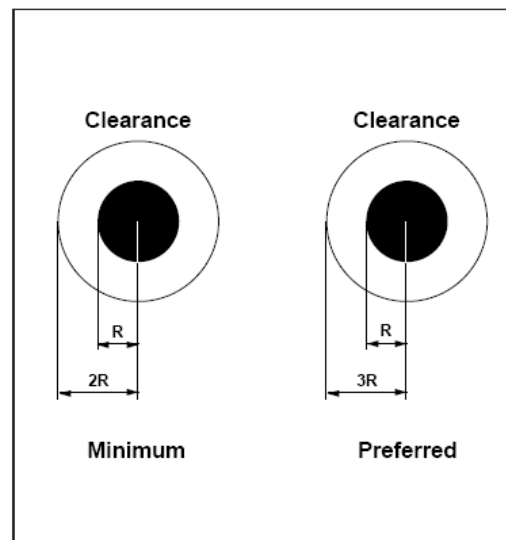
# 4. Proiectarea pentru inspecția optică

## ➤ Semnele de aliniere (*fiducial marks*)

- Locale: pentru asistarea poziționării componentelor *fine-pitch*
- Locale: pentru asistarea poziționării sondelor mobile (*flying probe*)
- Globale: pentru referențierea sistemului de inspecție optică



Preferred	
	Solid round dot typically 1.5mm Dia.
Other	
	Solid square typically 2.0mm on a side
	Solid diamond typically 2.0mm on a side
	Single cross hair typically 2.0mm high
	Double cross hair typically 2.0mm high



Recomandările  
IPC-SM-782

## ➤ Unghiul de vedere

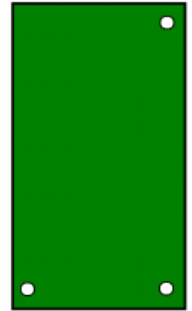
- Echipamentele de inspecție optică au un unghi de vedere limitat
- Spațierile față de componentele înalte trebuie să permită vizibilitatea lipiturilor, ținând cont de unghiul de vedere minim



# 5. Proiectarea pentru acces fizic

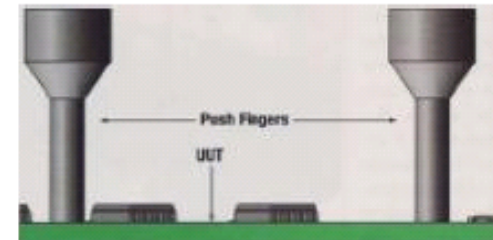
## ➤ PINII DE FIXARE (*tooling pins*)

- Se utilizează pentru fixarea și alinierea plăcii în montura de test
- Necesită găuri nemetalizate, plasate asimetric pe diagonalele plăcii



## ➤ PINII DE PRESARE (*push fingers*)

- Monturile de test mecanice utilizează pini de presare care apasă placa deasupra sondelor de test (cu arc interior), pentru asigurarea contactului electric
- Trebuie rezervat spațiu pentru suficienți pini de presare, egal distribuiți pe placă



## ➤ MONTURILE PNEUMATICE (*vacuum fixture*)

- Alternativa la monturile mecanice o reprezintă cele pneumatice, care utilizează o pompă de vid pentru ca prin absorbție să fixeze placa pe sondele de test
- Pentru a asigura etanșeitatea este necesară distribuția uniformă a punctelor de test
- Densitatea punctelor de test este limitată (12 / inch<sup>2</sup>)



### ➤ **SONDAREA PINILOR SMD**

- Se realizează cu sonde ascuțite
- Sondarea pinilor poate masca defecte de lipire prin forțarea contactului pin - pad în timpul testului
- Pot fi deteriorate terminalele



### ➤ **SONDAREA VIA**

- Necesită îndepărtarea măștii de lipire
- Nu toate găurile de trecere sunt accesibile pentru testare (pot fi mascate de componente)
- Găurile ne-umplute (aliaj, adeziv) nu oferă o suprafață de sondare adecvată (pot bloca sonda). Alternativ, găurile pot fi metalizate cu aur dur
- Sondarea micro-via se poate realiza dacă acestea au prevăzut un pad de dimensiuni mari pe suprafața de testare
- Dacă se utilizează via ca puncte de test, acestea trebuie să-și mențină poziționările în urma reviziilor de cablaj, altfel este necesară refacerea monturilor de test !!



## ➤ POZIȚIONAREA PADURILOR DE TEST

- De preferință pe o singură suprafață a plăcii,  
-pentru a reduce costurile monturii de test

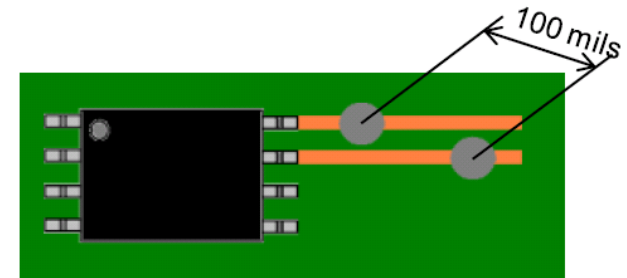


- Pe o grilă:  
2.54 mm (100 mils) → paduri 0.9mm (35 mils)  
1.9 mm (75 mils) → paduri 0.9mm (35 mils)  
1.27 mm (50 mils) → paduri 1mm (40 mils)

(sondele de test pentru grila de 50 mils sunt mai scumpe, mai puțin fiabile și flexibile, necesitând paduri mai mari pentru a compensa pierderea acurateții)

- Spațiere minim 5mm față de componentele înalte (montura de test trebuie frezată pentru acestea)
- Spațiere minim 1mm față de celelalte componente (pentru a evita deteriorarea acestora în caz de nealinier)
- Spațiere minim 0.5mm față de trasee/paduri pentru a evita scurtcircuitări în caz de nealinier

- Pentru componentele fine-pitch, condițiile de spațiere se pot respecta prin dispunerea asimetrică a punctelor de test



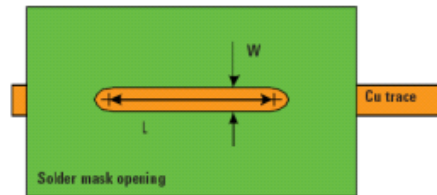
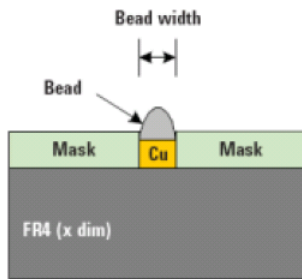


## ➤ PADURI DE TEST TIP “PICĂTURĂ” (*bead probes*)

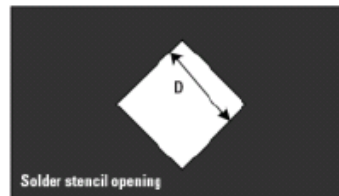
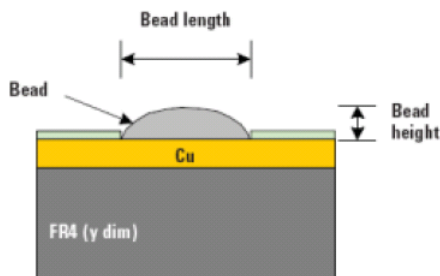
- “sondare inversă” (*reverse probing*): punct de test ascuțit și sondă plată



- Se formează direct pe traseele plăcii prin depuneri de pastă de lipire



Deschiderea în masca de lipire controlează lungimea și lățimea padului



Deschiderea în masca de depunere a pastei controlează înălțimea padului

-Nu ocupă spațiu suplimentar pe placă, însă necesită spațiere între punctele de test mai mare decât padurile convenționale deoarece se utilizează sonde plate

- Nu afectează integritatea semnalelor

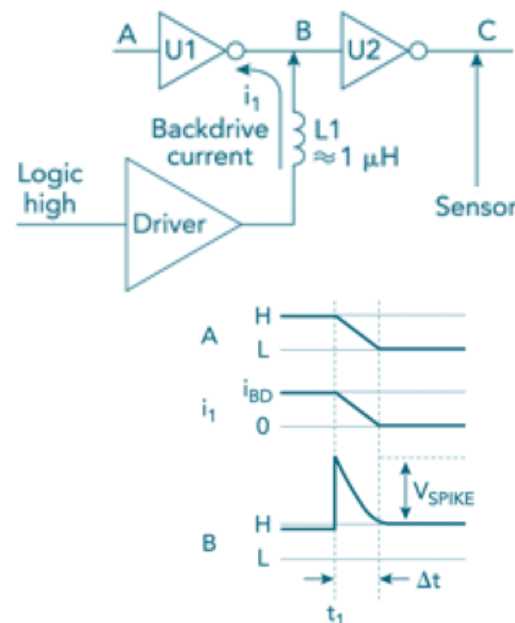
# 6. Proiectarea pentru controlabilitate

Accesul fizic rezolvă doar jumătate din problemă (observabilitatea)  
Pentru testabilitate semnalele trebuie să fie și controlabile

## ➤ COMANDA INVERSĂ (*backdriving*)

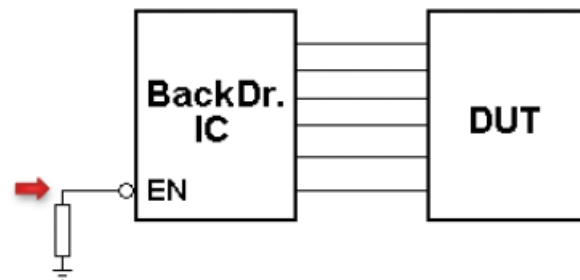
- Impunerea C="0" necesită forțarea B="1"
- În funcție de valoarea semnalului A, driverul poate să furnizeze un curent mic (A="0") sau mare (A="1")
- Modificarea valorii A datorită altor activități de pe placă va induce, datorită inductivității sondei, impulsuri de tensiune în nodul B, care pot fi destructive

Defectul se poate manifesta în timp, nu imediat !



## ➤ CONTROLUL CIRCUITELOR CE FURNIZEAZĂ CURENT MARE

- Circuitele capabile să furnizeze curenți mari (*high fanout*) necesită curent de comandă inversă mare
- Liniile de validare trebuie conectate independent prin rezistențe de pullup / pulldown pentru a fi controlabile



## ➤ PUNCTELE DE TEST PENTRU ALIMENTARE ȘI MASĂ

-Curenții de comandă inversă pot fi mari, conducând la curenți totali de ordinul amperilor

- Sondele au o rezistență de contact de ordinul 0.1 ohm; utilizarea unui număr mare de sonde pentru alimentare / masă reduce rezistența echivalentă și pierderile pe contacte

- Sondele sunt evaluate la cca. 1A; ca și precauție se practică distribuția a maxim 0.5A / sondă

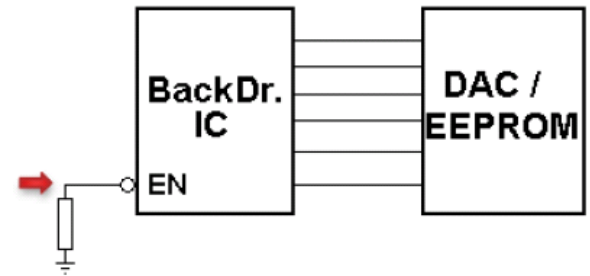
Family	Vcc	Vo	Backdrive current	
			I("0")	I("1")
CMOS				
HC	5	5	68 mA	60 mA
AC	3.3 - 5	5	232 mA	203 mA
AHC	2.2 - 5	5	70 mA	66 mA
LV	3.3 - 5	5	165 mA	123 mA
LVC	1.8 - 3.3	3.3	100 mA	112 mA
ALVC	1.8 - 3.3	3.3	137 mA	236 mA
AVC	1.2 - 3.3	3.3	182 mA	232 mA
BiCMOS				
F	5	5	72 mA	611 mA
BCT	5	5	150 mA	723 mA
ABT	5	5	173 mA	295 mA
LVT	2.8 - 3.3	3.3	165 mA	270 mA
ALVT	2.5 - 3.3	3.3	196 mA	235 mA

- Din considerente de integritate a semnalelor (controlul buclelor, conducerea cu retur propriu), pentru masă trebuie prevăzute de 4...5 ori mai multe puncte de test decât pentru alimentare



## ➤ TIMPII DE COMANDA INVERSĂ

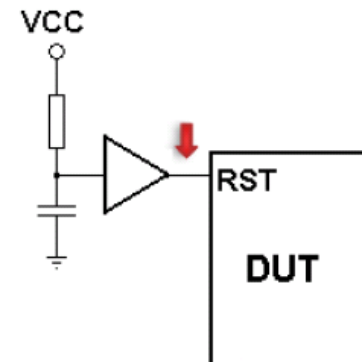
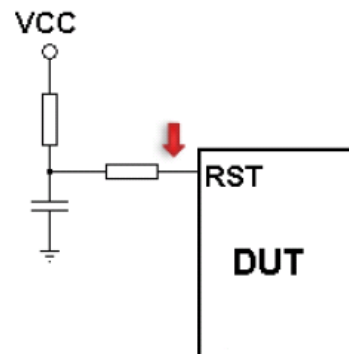
- Circuitele de semnal mixt necesită timpi de integrare mari
- Circuitele programabile necesită timpi de programare mari



- Capacitatea echipamentului de test de a furniza curenții de comandă inversă poate fi limitată
- Capacitatea circuitelor de a suporta curenții de comandă inversă poate fi limitată
- Timpii de comandă inversă trebuie menținuți la minim

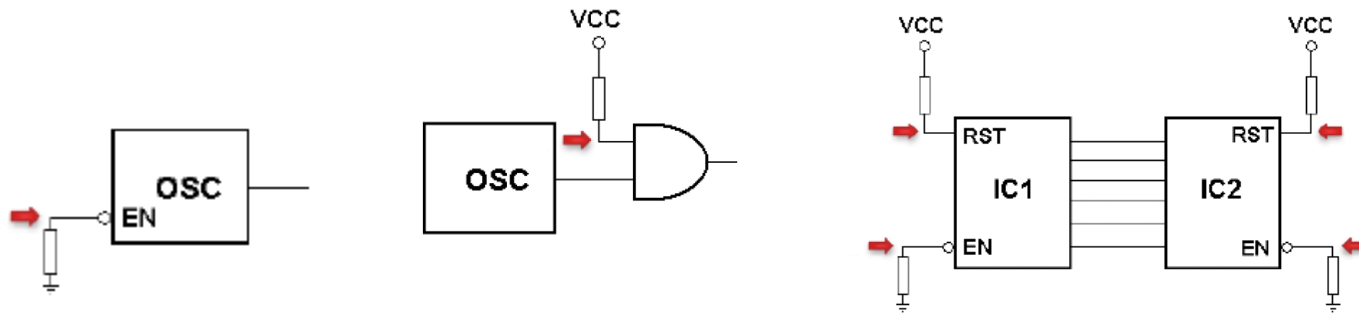
## ➤ IZOLAREA CIRCUITELOR R-C

- Circuitele R-C necesită nu pot fi comandate instantaneu de echipamentul de test, astfel încât trebuie izolate



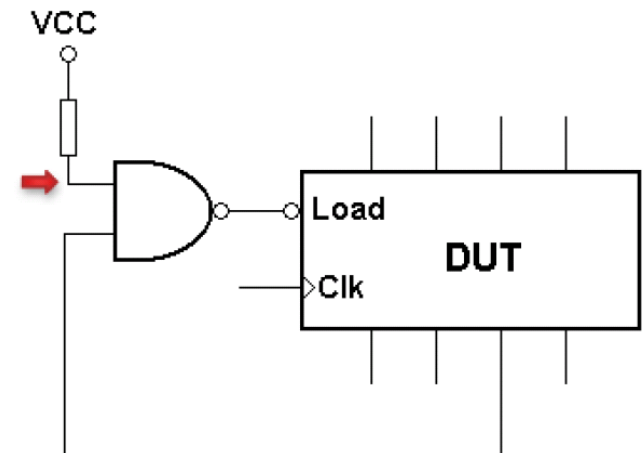
## ➤ CONTROLABILITATEA SEMNALELOR DE CONTROL

- Tactul trebuie generat de echipamentul de test
- Semnalele de tact ne-controlabile (*free running oscillator*) induc zgomot
- Semnalele de validare și reset trebuie controlate individual



## ➤ CONTROLABILITATEA BUCLELOR DE REACȚIE

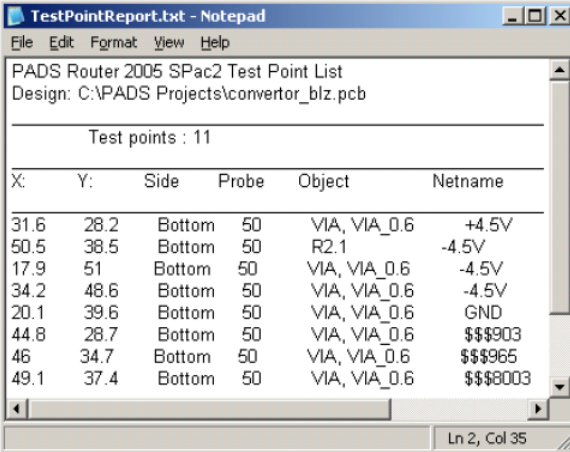
- Buclele de reacție pot induce oscilații
- Buclele de reacție pot transforma circuitele combinaționale în circuite secvențiale
- Echipamentul de test necesită întreruperea buclelor pentru controlul semnalelor active pe front



# 7. Documentarea proiectului

## ➤ RAPOARTE DE TEST

- Conțin poziționările punctelor de test pentru fiecare nivel în parte
- Se utilizează pentru fabricarea monturilor de test



TestPointReport.txt - Notepad

File Edit Format View Help

PADS Router 2005 SPac2 Test Point List  
Design: C:\PADS Projects\convector\_blz.pcb

Test points : 11

X:	Y:	Side	Probe	Object	Netname
31.6	28.2	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	+4.5V
50.5	38.5	Bottom	50	R2.1	-4.5V
17.9	51	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	-4.5V
34.2	48.6	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	-4.5V
20.1	39.6	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	GND
44.8	28.7	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	\$\$\$903
46	34.7	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	\$\$\$965
49.1	37.4	Bottom	50	VIA, VIA_0.6	\$\$\$8003

Ln 2, Col 35

## ➤ SPECIFICAȚII MECANICE

- Pozițiile găurilor pentru pinii de fixare și cei de presare
- Poziționările componentelor înalte ce necesită frezări în montura de test
- Desene se asamblare (gabarit, poziție corectă)
- Tipul sondelor de test

## ➤ SPECIFICAȚII ELECTRICE

- Curenți / timpi de comandă inversă maximi
- Toleranțele parametrilor electrici
- Secvențe de test