

# Analóg és digitális áramkörök tesztelése és programozása peremfigyeléssel – 6.

Dr. Kohut József főiskolai docens, Molnár Zsolt főiskolai tanársegéd  
Budapesti Műszaki Főiskola, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Műszerteknikai és Automatizálási Intézet

A peremfigyeléses áramkörvizsgálat elvének megismerése után ebben a részben a gyakorlati megvalósítás oldaláról közelítjük meg a feladatot. Egy, az ipari gyakorlatban bevált, előnyös tulajdonságú peremfigyeléses fejlesztői környezet, a JTAG Technologies cég (Eindhoven, Hollandia) ProVision programjának példáján keresztül foglaljuk össze azokat a számítógépi segédeszközöket, amelyek lehetővé teszik a peremfigyeléses tesztelés előkészítését.

A tesztelésre kerülő elektronikai egységekben, a nyomtatott áramköri lapokon sokféle alkatrész található, ezek csoportosításának lehetőségei:

- működési mód szerinti felosztás: analóg, digitális, hibrid,
- a peremfigyeléses cellákat és ehhez tartozó vezérlő áramköröket tartalmazó, ill. ezeket nem tartalmazó alkatrészekre való felosztás,
- a nem peremfigyeléses alkatrészek lehetnek passzívak (csatlakozó, ellenállás, dióda stb.), aktívak (pl. SSI vagy MSI logikai áramkörök), vagy memória jellegű LSI-áramkörök.

Itt kell megjegyezni, hogy a korszerű LSI/VLSI-áramkörök közül kizárólag a RAM-jellegű memóriák nem tartalmazzák a peremfigyeléses technika kellékeit; a cellákat és a vezérlő áramköröket, pedig minden más, nagymértékben integrált áramkörben megtalálhatóak ezek a tesztelési eszközök. Ennek a furcsa ténynek egyedül az lehet a magyarázata, hogy a memóriagyártó iparban még mindig nagyon szoros versenyhelyzet van az azonos felületű lapkán való, egyre nagyobb tárolókapacitás elhelyezésére. A cégek nem engedhetik meg maguknak a peremfigyelés „luxusigényei” érdekében az in-

formációtárolást közvetlenül nem szolgáló alkatrészek helyfoglalását. Remélhető, hogy néhány év múlva telítődik a memóriaterület iránti igény, ekkor a peremfigyelés beintegrálódik a memóriááramkörökbe is.

A különféle alkatrészek a tesztelés (és az üzemszerű működés) során eltérő módon viselkednek, ezért célszerű a fontosabb tulajdonságaikat az ún. modellben összefoglalni. Egy alkatrész (a peremfigyeléses tesztelés szempontjából készített) modellje a következő információkat tartalmazza:

- az áramkör azonosító jele,
- a tokozás típusa,
- a kivezetések számozása és elnevezése,
- annak meghatározása, melyek az alkatrész bemeneti (jelet fogadó), kimeneti (jelet létrehozó), valamint a kétirányú működésre alkalmas kivezetései,
- a ki/bemeneteken érvényes logikai jelszintek,
- az (egyszerűbb) logikai áramkör működésének igazságtáblája,

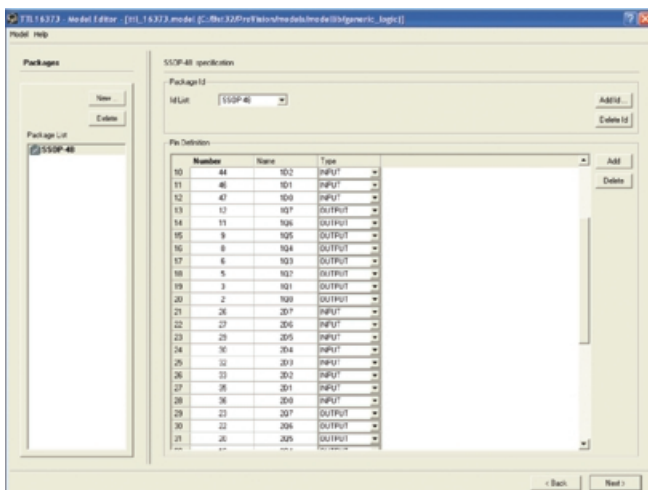
```
JTN_SYNTAX_VERSION "2.0";

DESIGN "ABCDEF"
DESIGN_REVISION "5.2";

PART_LIST
  "D001" "SCAN18541T";
  "X001" "HEADER_10P";
  "H001" "HDSP4830";
  "S001" "SW_8P"; "R002"
  "R_C";
  "X008" "JMP";
  "C002" "CAP";
END_PART_LIST

NET_LIST
  "GND" GROUND:
    "D001" - "6" INPUT,
    "D001" - "12" INPUT,
    "C003" - "1" INOUT,
    "S002" - "8" INOUT;
  "HR0":
    "D001" - "2" OUTPUT,
    "X005" - "1" INOUT;
  "LD5":
    "R008" - "2" INOUT,
    "D002" - "10" OUTPUT;
  "+5V" POWER:
    "R022" - "1" INOUT,
    "RP1" - "1" INOUT,
    "RP1" - "10" INOUT;
  "SW01":
    "D001" - "55" INPUT,
    "RP1" - "2" INOUT,
    "S001" - "16" INOUT;
  "SW02":
    "D001" - "53" INPUT,
    "RP1" - "3" INOUT,
  "TCK":
    "D001" - "29" INPUT,
    "X001" - "9" INOUT,
    "D002" - "29" INPUT;
  "TDI":
    "X001" - "5" INOUT,
    "D001" - "56" INPUT;
END_NET_LIST

END_DESIGN
```



1. ábra Egy MSI-áramkör modelljének részlete

2. ábra Egy .jtn kiterjesztésű netlista részlete

T-TAP	Chain	Board	Device	Register	CAPTURE Test
1	D200:D201	JT2153_1	D201	IR	11111111
			D200	IR	11111111
			Flag	IR-pattern	11111111 11111111
2	D500:D600	JT2153_1	D600	IR	111111
			D500	IR	111111
			Flag	IR-pattern	11111111 11111111

T-TAP	Chain	Board	Device	Register	IDENT Test
1	D200:D201	JT2153_1	D201	BP	1
			D200	BP	1
2	D500:D600	JT2153_1	D600	ID	11111111 11111111 11111111 11111111
			D500	ID	11111111 11111111 11111111 11111111

T-TAP	Chain	Board	Device	Register	TRST Test
1	D200:D201	JT2153_1	D201	IR	11111111
			D200	IR	11111111
			-	-	1
2	D500:D600	JT2153_1	D600	IR	111111
			D500	IR	111111
			-	-	1

3. ábra Az infrastruktúra tesztelésének eredményeit tartalmazó tábla

- az áramkör tesztelési sorrendje és tesztvektorainak listája,
- az alkatrészben érvényesített kényszerek (pl. egy kapcsoló nyitott vagy zárt állapota),
- a hibás működés felismerésének diagnosztikai információi,
- a kimenetek tiltásának/engedélyezésének vezérlési lehetőségei.

A peremfigyelésre alkalmas áramkörök modellje a fentiekben túlmenően természetesen tartalmazza mindazokat az információkat, amelyek az áramkört leíró (a sorozat korábbi cikkeiben részletezett) BSDL-fájlban megtalálhatóak (cellák, utasítások stb.).

A vizsgálandó áramköri egység (panel) alkatrészeinek modellje általában készen megtalálható a ProVision fejlesztői környezet modellkönyvtárában (1. ábra), de lehetőség van új modell létrehozására, ill. a meglévő modell módosítására is. A peremfigyeléses áramkörök BSDL-fájlját az áramkör gyártójától kell beszerezni (legtöbbször a cég internetes honlapjáról letölthető).

A peremfigyeléses tesztelés kidolgozásának másik alapvető információja az áramkör belső összeköttetéseknek jegyzéke. Az ún. netlista a nyomtatott áramkör tervező programok használatakor keletkező egyik kimeneti fájl, de mivel ez általában a csomópontok geometriájával kapcsolatos, az áramköri teszteléshez felesleges információkat is tartalmazza, ebből kivonatot kell készíteni. A tesztelés célját szolgáló, kivonatolt netlistában megtalálható az alkatrészek pozíciójának és típusának összerendelése, valamint a névvel azonosított csomópontokra kapcsolódó alkatrész-kivezetések felsorolása. A JTAG ProVision-programja több mint 35-féle nyomtatott áramkörtervező program (ún. platform) által készített netlista automatikus feldolgozásával képes kialakítani a .jtn kiterjesztésű, csupán a peremfigyeléses teszteléshez szükséges adatokat tartalmazó netlistafájlt (2. ábra).

Az alkatrészek modellje és a netlistafájl alapján a ProVision-program feltérképezi a panelben kiépített peremfigyelő hur(k)ok elemeinek felfűzési sorrendjét, ellenőrzi a jelek helyes bekötését, majd ezek alapján a felhasználó igényei szerint kialakítja a tesztelési alkalmazásokat. Ezek a tevékenységek minimális kezelői beavatkozást igényelnek, inkább a program által meg-

lált hibák javítása és az esetleges információhiányok pótlása teszi szükségessé a tesztmérnök közreműködését.

Az áramköri egységek (panelek) peremfigyeléses tesztelése csak akkor valósítható meg, ha a peremfigyeléses hurok jelei (TDI, TDO, TCK, TMS) eljutnak minden peremfigyelésre alkalmas integrált áramkörhöz. A tesztelési alkalmazások futtatása előtt feltétlenül el kell végezni (pontosabban: a ProVision programmal elvégeztetni) az ún. infrastruktúra ellenőrzését, amely több szakaszból áll:

- a hurok épségének ellenőrzése érdekében minden áramkörhöz el kell küldeni egy peremfigyeléses utasítást, mert közben minden áramkörből kilép egy egyedi bitsorozat, a „capture” kód. A TDI-TDO-hurkon végiglépő kódokat ellenőrizni kell, hogy megegyeznek-e az egyes áramkörök BSDL-leírásában megadott kóddal. (Az IEEE-1149.1 szabvány előírja, hogy a capture-kódoknak mindig 10... bitekkel kell kezdődniük, mert ebből egyértelműen megállapítható, nincs-e zárlat vagy szakadás a TDI-TDO hurkon),
- az áramkörök azonosító (ID) kódjának kiolvasásával ellenőrizhető, hogy a peremfigyelő hurkon, a netlistában megadott sorrendben, az ott megadott típusú áramkörök vannak-e felfűzve. Az ID-kódot nem tartalmazó áramkörök ilyenkor az egy bites Bypass-regiszterükön keresztül logikai 1 szintet bocsátanak ki,
- egyes peremfigyeléses alkatrészek hasznosítják az opcionális (Test ReSeT) TRST jelet, másokban ez nincs kiépítve. A peremfigyelés IEEE-1149.1 szabvány szerint a TRST vo-

nalra impulzust adva azok az áramkörök, amelyekben hatásos a reset-jel, az azonosító kódjukat juttatják ki a peremfigyelő hurokra, míg a reset-jelre nem reagáló áramkörök a capture-kódjukat bocsátják ki. Az ellenőrző program megvizsgálja ezeket a bitsorozatokat, hogy megállapítsa, a szabvány előírásainak megfelelő választ adtak-e az áramkörök.

Az infrastruktúra ellenőrzésének eredményére mutat példát a 3. ábra. A program által hibásnak talált biteket a képernyőn piros háttérrel kiemelés jelzi.

A ProVision-program képes arra, hogy az infrastruktúrateszt eredményei alapján felállítsa a hibajelenség diagnózisát. Előfordulhat, hogy több különböző áramköri hiba ugyanazt a hibajelenséget eredményezi, ilyenkor a diagnózis felsorolja az összes lehetséges hibaokot, amint az pél-

TesterTap TAP1, BoardTap TAP1	
Summary of infrastructure faults (INFRA/CAPTURE)	
Possible failures	Repair action
BRIDGE IC D200 TDI pin 56 and IC D201 TDO pin 28	Check pins/nets
OPEN IC D200 TCK pin 29	Check pin
OPEN IC D200 TMS pin 1	Check pin
BROKEN/SHORTED between IC D201 TDI pin 56 and IC D200 TDO pin 28	Check net
MISSING/INCORRECT IC D200	Replace IC
CAPTURE faults	
T-TAP	B-TAP
TAP1	TAP1
	D201 00111101 expect and actual
	D200 00111101 expect
	11111111 actual
	FLAG 111111111000000000 expect
	111111111111111111 actual

4. ábra A „capture-kódok” kiolvasása során észlelt hibajelenségek alapján készített diagnózis

dául a 4. ábrán látható. A ProVision javaslatot is ad a hiba elhárítására, a megvizsgálandó áramköri pontokra. A diagnózis végezetül feltünteti az elvárt (expected) és az érzékelt (actual) bitsorozatokat azért, hogy a segítse a hiba okának azonosításában a tesztelésben jártas kezelőt.

Egyes, összetett struktúrájú panelek több peremfigyelő hurkot képesek kezelni, ehhez speciális rendszer elemeket, pl. hurokválasztó áramköröket tartalmaznak. Ilyen esetben a ProVision a fenti alkatrész-, ill. kivezetésszintű hibadiagnózison túl képes a rendszerszintű elemzésre is (például a hurkok nem megfelelő előkészítésnek felderítésére, a rendszer elemek működési hibájának kimutatására).

kohut.jozsef@kvk.bmf.hu  
molnar.zsolt@kvk.bmf.hu