

Analóg és digitális áramkörök tesztelése és programozása peremfigyeléssel - 12.

A peremfigyelés alkalmazása a korszerű rendszerekben

Dr. Kohut József főiskolai docens, Molnár Zsolt főiskolai tanársegéd

Budapesti Műszaki Főiskola, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar, Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

A peremfigyelés alapvetőnek tekinthető ismeretei után érdemes röviden áttekinteni az IEEE-1149 szabványsorozat újabb keletű elemeit, az IEEE-1149.6-ot (2003), a készülő IEEE-P1149.7-et és az IEEE-1149.5-öt mint a korszerű készülékekben és rendszerekben alkalmazható peremfigyeléses tesztelést definiáló szabványokat. Figyelmet érdemel még a peremfigyelés alkalmazása az alkatrészek/készülékek beépített öntesztelésében.

IEEE-1149.6

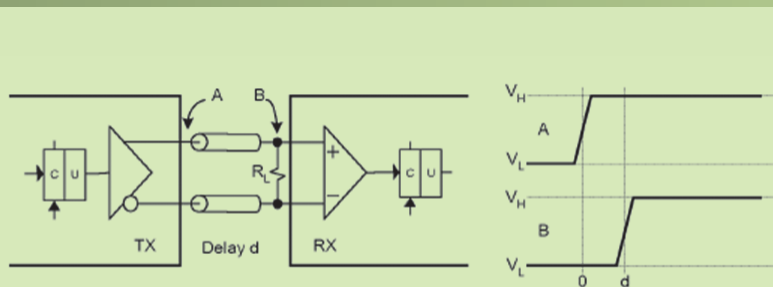
A digitális áramköröknek az IEEE-1149.1 szabvány szerinti peremfigyeléses vizsgálata azt feltételezi, hogy az egymáshoz kapcsolódó áramkörök között sokvezetékes (bit-párhuzamos), statikus időzítésű, galvanikus jellegű információátadás zajlik.

A modern számítógépi interfészek (PCI Express, ATCA) és a VLSI áramkörök közötti nagysebességű kapcsolatok azonban újabb igényekkel lépnek fel:

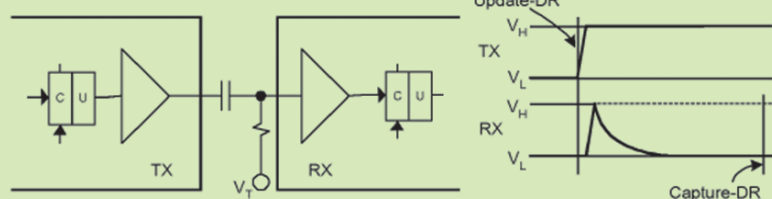
- Csökkenten kell az összeköttetések darabszámát az (egyébként is 300...600 közötti) kivezetésszám további növekedésének megakadályozása érdekében. Ezt a célt a párhuzamos információátadás (bitenként külön jel) helyett a soros jeltovábbítással lehet elérni. A soros jellegű kommunikáció ára az adóoldalon a párhuzamos-soros átalakítás, vevőoldalon a soros-párhuzamos visszaalakítás (SERDES, azaz serializer/deserializer egységek) költségeiben és az információtovábbítás sebességének csökkenésében jelentkezik.

- Az integrált áramkörök között kis feszültségszinteken (tehát alacsony energiaszinten) zajló, villamosan aszimmetrikus jelekkel kialakított kapcsolatot könnyen megzavarják a vezetett vagy sugárzott elektromágneses zavarások. A biztonságos információátvitel érdekében szimmetrikus (differenciális) logikai jelek használatára van szükség (1. ábra), mint ahogy például azt az LVDS-szabvány megköveteli.
- Az integrált áramkörök megnövekedett tápárfelvétele miatt a földvezetékben jelentős DC-zavarfeszültség keletkezik, így a jelszintek alacsony (1 V körüli) feszültségszintekre való lecsökkenése a galvanikus csatoláson át történő információátvitelt megfosztotta a korábbi zavarérzékenységétől. Az áramkörök/egységek közötti galvanikus csatolás helyett kapacitív (AC) csatolás kialakítására van szükség (2. ábra).

A digitális áramkörök/egységek közötti adatforgalomnak ezen alapvető változásai új igényeket támasztottak a peremfigyeléses vizsgálattal szemben is. A „statikus” jellegű, vagyis egy TCK órajelen belül változatlan digitális jelek vizsgálata he-

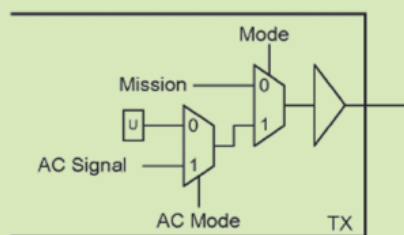


1. ábra
Differenciális jelátvitel
(C: capture, az adat tárolása,
U: update, az adat kiküldése)



2. ábra
AC-csatolású,
digitális jelátvitel

lyett/mellett szükség van a feltöltődő-kisülő csatolókondenzátorok révén keletkező impulzusok észlelésére. A peremfigyelés IEEE-1149.1 szabványa ebben a megközelítésben csupán a DC-jelekkel zajló adatforgalom tesztelését teszi lehetővé. A digitális AC-jelek és/vagy differenciális jelek peremfigyeléses tesztelésének szabványosítására 2001-ben az Agilent Technologies és a Cisco Systems cég kezdeményezésre munkacsoport alakult. A szabványosítás történetében szokatlanul rövid idő alatt, 2003-ra sikerült kidolgozni és elfogadtatni az IEEE-1149.6 szabványt (amely tehát illeszkedik a peremfigyeléses tesztelések 1149.x szabványsorozatába).



3. ábra Aszimmetrikus meghajtó a peremfigyeléses cella kimenetén (mission: a maglogika kimenete; mode: normál vagy tesztelés; AC mode: statikus vagy impulzusos jelgenerálás kiválasztása)

A „fejlett digitális hálózatok” peremfigyeléses tesztelésének IEEE-1149.6 szabványa természetesen felhasználja az IEEE-1149.1 alapszabvány és a kevert jelű hálózatok IEEE-1149.4 szabványának fogalmait, hiszen azokkal összhangban dolgozták ki. Elfogadja azt az alapelvet, hogy az áramköri csatlakozópontok jelei feloszthatóak DC- és AC-jelekre, mindezek lehetnek egyaránt aszimmetrikus (single-ended) és szimmetrikus (differenciális) jellegűek. A peremfigyeléses cellák kimenetén lehetnek aszimmetrikus meghajtók (3. ábra) vagy szimmetrikus meghajtók (4. ábra). Az aszimmetrikus jellegű AC-jelek fogadására alkalmas bemeneti egység, a tesztvevő egy lehetséges megvalósítását az 5. ábra ismerteti. Differenciális jelek fogadása természetesen lényegesen bonyolultabb vevő áramkört (6. ábra) igényel.

Az AC-csatolású jelek vizsgálata érdekében a szabvány két új utasítást definiál: EXTEST_PULSE és EXTEST_TRAIN.

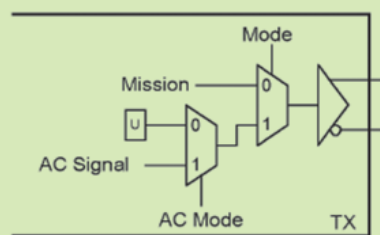
Ezeknek lényegében az a hatása, hogy a kimenetre csatlakozó áramkörök tesztelése céljára kiküldendő (alapvetően statikusnak tekinthető) logikai jel kétszer (ill. többször) egymás utáni invertálásával AC-impulzusokat hoznak létre (mint pl. az 5. ábra „A” jelű pontján látható jelalak). Az invertálások a peremfigyeléses vezérlő (TAP) egy meghatározott állapotában, a Run Test/Idle (RTI) állapotban zajlanak le. A fenti feladatokat ellátó peremfigyeléses cella egy megvalósítási lehetőségét mutatja a 7. ábra.

Az AC-csatolású és a differenciális jelekkel való adatforgalom (összefoglaló néven: Advanced I/O) peremfigyeléses tesztelésének formai leírására a BSDL-nyelvet természetesen ki kellett bővíteni új attribútumokkal és szabályokkal, de szigorúan követve a DC-jelek peremfigyelésére kidolgozott BSDL nyelv szintaktikáját.

IEEE-P1149.7

Az IEEE-P1149.7 (compact JTAG, cJTAG) szabvány kidolgozása jelenleg is folyik, a „P”: a Preliminary, magyarul előkészítő, előzetes változatot jelzi. A készülő szabvány az IEEE-1149.1 szabványra épül, de további tesztelési és hibakeresési (debug) funkciókat valósít meg. Mindehhez – bizonyos konfigurációk mellett – kevesebb csatlakozási pontot igényel, de természetesen hardver és szoftver oldalról is megtartja a kompatibilitást az alapszabvánnyal. A TAP.7-nek elnevezett és továbbfejlesztett TAP funkcionális szempontból a panelszintű tesztelés mellett újabb lehetőségeket is nyújt: a komplexebb belső szerkezetű, integrált áramkörök részletesebb belső vizsgálatát, a teljesítményfelvétel menedzselését, az alkalmazások hibakesését (debug) és a buszra csatlakozó áramkörök programozását.

4. ábra Szimmetrikus meghajtó a peremfigyeléses cella kimenetén



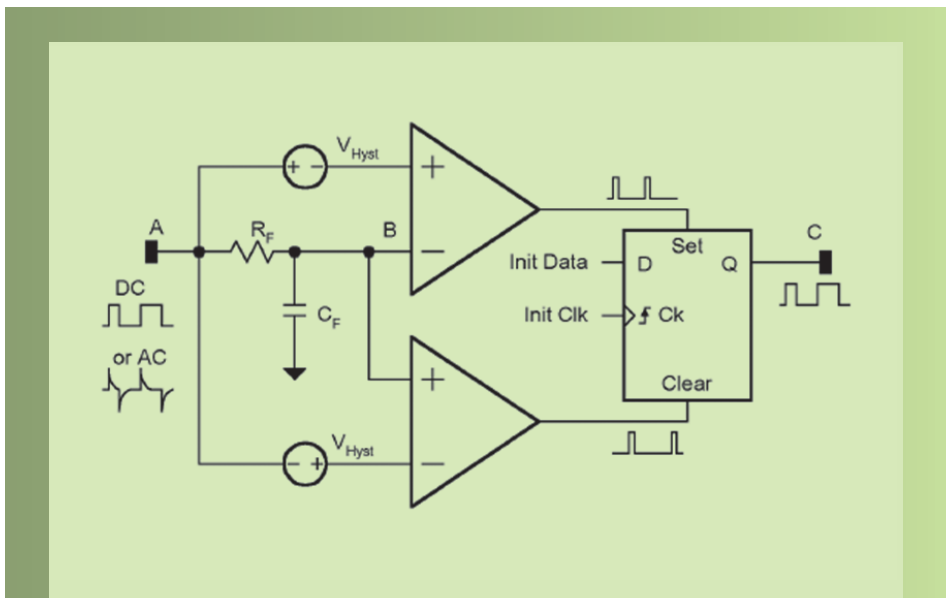
Ezeket a funkciókat hat, egymásra épülő osztályban (class) valósítja meg:

- T0 osztály: teljesen kompatibilis az IEEE-1149.1 szabvánnyal, de lehetővé teszi az egy integrált áramkörön belüli több peremfigyeléses hurrok használatát.
- T1 osztály: a T0 osztályt funkcionális és tesztelési alaphelyzetbe állítási és teljesítményfelvételt befolyásoló csoportokba sorolható vezérlőfunkciókkal egészíti ki.
- T2 osztály: azoknál a rendszereknél, amelyek integrált áramkörön belül több hurkot tartalmaznak, lehetővé teszi az egyetlen bites áthidalási (bypass) funkciót, jelentősen lerövidítve a hurkok elérését.
- T3 osztály: definiálja a TAP.7 portok négyvezetékes, csillagtopológia szerinti működtetését, azaz a TDI-, TDO-, TCK- és TMS- jelek mindegyike párhuzamosan csatlakoznak a vezérlőre.
- T4 osztály: fejlett peremfigyeléses protokollokat definiál, és lehetővé teszi a kétpontos, peremfigyeléses port (TAP) használatát. A kétpontos TAP azt jelenti, hogy csak a TMS- és TCK-jelek vesznek részt a kommunikációban, a TDI- és TDO-jelek pedig felszabadulnak. A kommunikáció az adatátviteli sebesség növelése érdekében megnövelt órajel-frekvenciával történik.
- T5 osztály: a kétpontos TAP alkalmazása mellett lehetőséget ad a felhasználó által definiált jelek használatára hibakeresési (debug) és műszerezési (instrumentation) célokra.

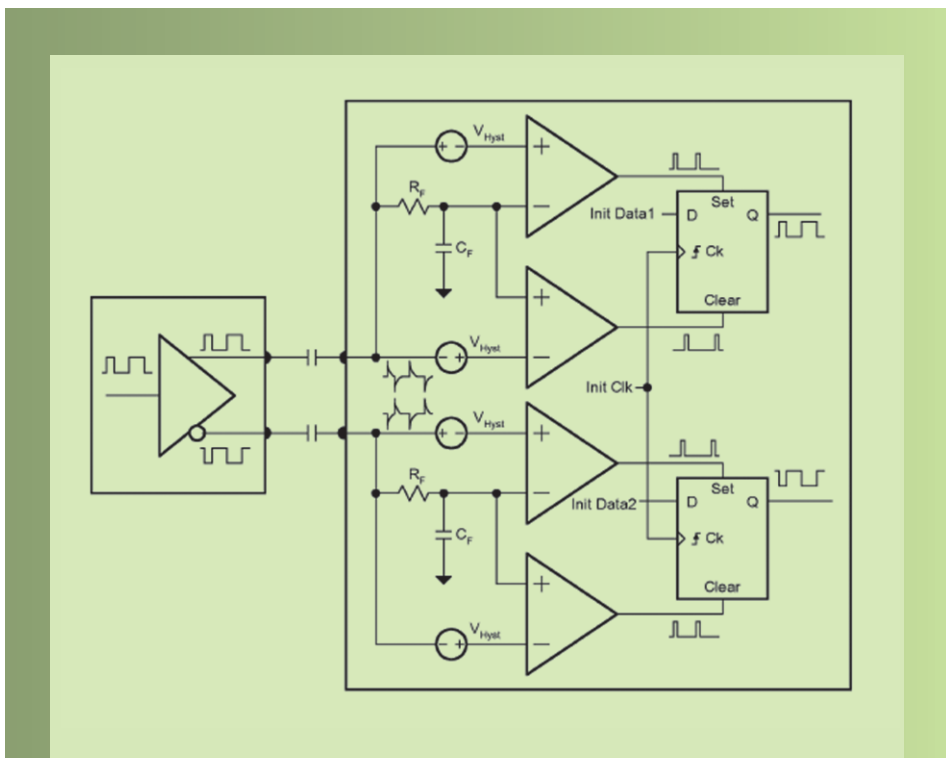
Az IEEE-P1149.7 szabvány szerint a peremfigyeléses buszt három alaptopológia szerint lehet kialakítani (8. ábra). A vezérlő (DTS, Debug Test System) és a buszra csatlakozó eszközök közötti buszkialakítás alapesetben egyezik az IEEE-1149.1 szabványban definiálttal, azaz az eszközök sorosan fel vannak fűzve a TDO- és a TDI TAP-csatlakozás közé, a TMS- és TCK-jelet pedig párhuzamosan kapják. Ezt a topológiát használja a T0...T2 osztály. A négyvezetékes csillagtopológia szerint a peremfigyelés-vezérlő TAP-jára párhuzamosan csatlakoznak az összes buszra csatlakozó eszköz azonos funkciójú kivezetései, azaz például minden eszköz TDI-kivezetése a TAP TDO-pontjára van kötve (T3 osztály). A kétvezetékes csillagtopológia szerint a TDI- és TDO-jelek használaton kívül vannak, a kommunikációban csak a TDI- és TDO-jelek vesznek részt (T4 és T5 osztály).

IEEE-1149.5

A teljesség kedvéért megemlítjük az IEEE-1149.5 (1995) szabványt, mint a peremfigyeléses szabványsorozat utolsó tagját. Ez a szabvány egy soros adatátvitelű, hátlapi (backplane) tesztelési



5. ábra Az AC-csatolású tesztvevő egy lehetséges felépítése

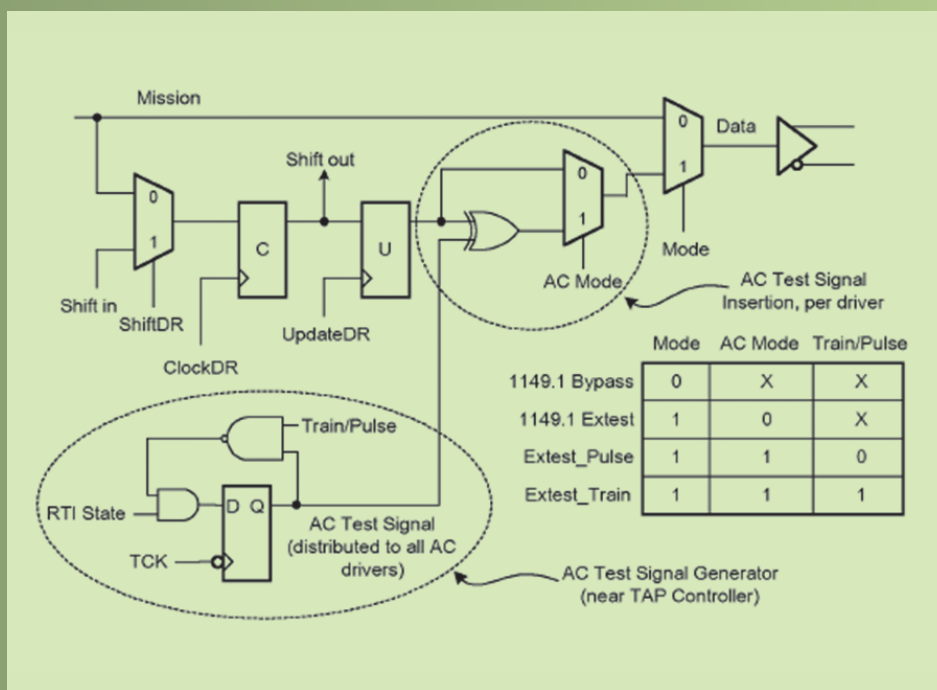


6. ábra Differenciális tesztvevő

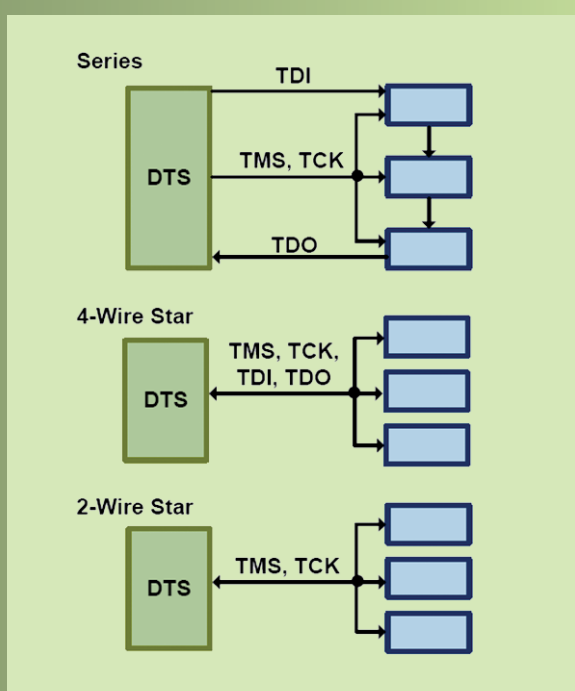
és karbantartási célú buszt (MTM-Bus) definiál. Ez a busz különféle gyártóktól származó elemeknek egy tesztelhető és könnyen karbantartható rendszerré való egyesítésére használható. A szabványban definiált lehetőségek kihasználásával többek között lehetőség nyílik az egymással a hátlapon keresztül kapcsolatban álló modulok egymástól való elválasztására (az elkülönített tesztelés elvégzése érdekében), vagy a modulok közötti kapcsolat is vizsgálható.

Beépített önteszt

A peremfigyeléses technológia egyik igen perspektivikus gyakorlati alkalmazása a beépített önteszt. Az öntesztelésnek ter-



7. ábra
A peremfigyeléses cella kiegészítése a kimenet AC-jellegű meghajtása érdekében



8. ábra Az IEEE-P1149.7 szabvány szerinti peremfigyeléses busztopológiák

mésztesen több szintje van. Alapesetben egy áramkör vagy rendszer öntesztje csak bekapcsoláskor vagy felhasználói kezdeményezésre fut le. Az önteszt eredményéről általában vagy csak egy sikeres/nem sikeres (OK/FAIL) jelzést kapunk, vagy egy ennél kissé részletesebb kijelzést (például az „I/O-teszt sikertelen” üzenet) kapunk. Ezekből az üzenetkből a hiba pontos helyét természetesen nem tudjuk megállapítani. Esetenként elindítható egy részletes önteszt, amelynek eredményei sokkal jobban segítik a hiba helyének pontos behatárolását (például:

„Memóriahiba a 0xFF4C32A0 címen”). Az ilyen öntesztokról azonban elmondható, hogy a vizsgálatok egy speciális üzemmódban kerülnek elvégzésre, amely akár jelentősen más körülményeket is jelenthet, mint a normális üzem. Ráadásul sok esetben ezek a tesztek csak akkor végezhetőek el, ha készülékünket eltávolítjuk eredeti üzemi környezetéből. Ilyenkor nem ritka, hogy a hibák „eltűnnek”, azaz az új, megváltozott körülmények között nem jelentkeznek.

Ha az öntesztet a normális üzem közben lehet elvégezni, akkor a fenti problémák nem, vagy csak mérsékelten jelentkeznek. Persze a normális üzem közben elvégzett vizsgálat nem akadályozhatja a készülék vagy rendszer alapfunkcióit, ezért azt általában csak látszólag lehet üzemidőben elvégezni. Az üzem közben, azaz üzemidő alatt végzett tesztek futtatása többnyire a készülékek vagy rendszerek belső egységeinek ciklikus működését kihasználva, azok aktivitásai közötti szünetekben lehetséges.

Az üzem közbeni tesztelés peremfigyeléses technikával való elvégzéséhez a készüléknek vagy rendszernek intelligenciát (pl. processzort) kell tartalmaznia. Ez az intelligens elem lesz a tesztvezérlő. A tesztvezérlő számára jelezni kell, mikor végezhető el a vizsgálat, vagy annak egy része. A tesztvezérlő programjában (vagy külön tárban) jelen kell lennie a tesztvektoroknak – azaz a gerjesztéseknek – és a gerjesztésekre elvárt helyes válaszoknak. A definiált és a valódi válaszok közötti esetleges eltérések függvényében lehetséges a hibajelzés, esetleg további tevékenységek (pl. tartalék rendszerekre való átállás). A hibajelzés történhet helyben, vagy a mai korszerű vezetékcsatlakozás vagy vezeték nélküli adatátviteli eljárások alkalmazásával egy távoli helyen, például egy felügyeleti központban.

Több mint egy éve futó cikksorozatunknak ezzel végére értünk. Reméljük, hogy sikerült felhívni a figyelmet a peremfigyeléses technológia jelentőségére, és a közeljövőben minél több szakember alkalmazza ezt a tesztelési módszert a gyakorlatban is.

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