

A mikroelektronikai tervezők képzésének néhány kérdése

DR. TARNAY KÁLMÁN
BME
Elektronikus Eszközök Tanszék



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a berendezésorientált áramkörök tervezésének néhány problémáját tárgyalja. Elemezi a berendezések és mikroelektronikai alkatrészek tervezése közötti kapcsolatot. A befejező rész szakemberek alapképzésével és gyakorlott tervezők átképzésével foglalkozik.

Bevezetés

A mikroelektronika súlyát és fontosságát napjainkban nem szükséges külön hangsúlyozni. Érdemes azonban néhány mondatot idézni Tömpe Zoltán a Valóságban megjelent cikkéből: „egy gazdaság jövőbeni teljesítőképeségét jelenlegi dinamikus húzóágazatai határozzák meg. Az elektronika a világ egyik legdinamikusabb húzóágazata, amely fokozatosan behatol minden gazdasági ágba és színvonalára befolyásolja az országok színvonalát, fejlődési lehetőségeit, infrastruktúráját, exportképességét. A mikroelektronika ilyen értelemben nem csupán az iparágak egyike, hanem az ipari forradalom hordozója” [1]. Az elektronikai vállalatoknál egy fő által létrehozott termelési érték az [1] alatt hivatkozott közlemény szerint

Japán	100–200 e\$
USA	60e\$
Nyugat-Európa	22–45 e\$
Magyarország	8–16 e\$

Ezek az adatok arra utalnak, hogy az elektronikai ipar termelékenysége hazánkban mintegy fele-harmada a nyugat-európai országokénak. Kedvezőtlenebb számok mutatkoznak viszont az egy főre jutó elektronikai fogyasztásban. 1981-ben világátlagban az egy fő által vásárolt elektronikai berendezések értéke 90 dollár körül volt, ezen belül

USA	490 \$
Nyugat-Európa	264 \$
Magyarország	40–50 \$

Az 1981-es adatok arra mutatnak rá, hogy míg az USA-ban az elektronikai iparban dolgozók 120–130 fő részére elegendő elektronikai berendezést állítanak elő, hazánkban 200–300 fő részére elegendőt (ha csak hazai fogyasztással számolunk).

Az elektronikai ipar termékeinek alapját a mikroelektronika alkatrészei képezik, ezen belül is a nagy bonyolultságú *LSI/VLSI* áramkörök. A nagy bonyolultságú áramkörök alapproblémája az, hogy ön-

DR. TARNAY KÁLMÁN

1952-ben szerzett oklevelet a BME Villamosmérnöki Karán. 1961-ben megvédett műszaki egyetemi doktori értekezésében a tunneldiódák elméletével foglalkozott, 1967-ben kandidátusi fokozatot szerzett a tervezéssel kapcsolatos tárgyat tárgyaló disszertációjával. 1983-ban az Uppsala-

lai Egyetem Matematikai és Fizikai Szekciójának és Félvezető Eszközök Modellezése terén elért eredményeiért díszdoktorává választotta. Jelenleg a BME Elektronikus Eszközök Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára. A HTE Félvezető Eszközök és Integrált Áramkörök Szakosztályának elnöke, a HTE Elnökségének tagja. Tagja több akadémiai és MTESZ bizottságnak.

magukban egy komplex, önálló funkciót képesek ellátni, és korántsem tekinthetők olyan alkatrészeknek, melyeket – mint pl. egy *TTL SSI/MSI* áramkört – sokféle célra lehet építőelemként felhasználni. Mindössze a mikroprocesszorok és a memóriák használhatók fel sokrétűen, és ezek állíthatók elő nagy sorozatokban. 1982-ben a VDE „Grossintegration” témával foglalkozó ülészakán a Siemens egyik vezető képviselője úgy nyilatkozott, hogy 1986-ban nagy bonyolultságú termékeik megoszlása a következő lesz:

mikroprocesszor	20%
memória	59%
berendezésorientált áramkör	21%

Ezek a számok arra utalnak, hogy a berendezésorientált áramkörök rohamosan növekvő szerephez jutnak.

Elektronikai berendezések és mikroelektronikai alkatrészek tervezése

Az 1980-as évek második felének nagy bonyolultságú mikroelektronikai alkatrészei olyan funkciókat látnak el, mint az 1970-es évek komplett elektronikus berendezései. Tekintsük át vázlatosan a berendezésorientált áramkörök tervezésével kapcsolatos problémákat. A tervezési feladat alapvetően eltér a korábbi, kisebb komplexitású integrált áramkörök tervezésének feladatától. Elsősorban digitális áramkörökre gondolva a korábbi áramkörök eléggé tömör, absztrakt funkcionális specifikációval jellemezhetők voltak, tervezésük aránylag kevés rendszertechnikai ismeretet igényelt. A berendezésorientált áramkörök tervezése alapvetően eltérő feladat, a feladat meg-

Beérkezett: 1984. VI. 14. (A)

oldása számottevő rendszertechnikai ismeretet és tapasztalatot igényelt. Ez napjainkban azzal a következménnyel jár, hogy a félvezető gyártónak csak kis számú olyan szakembere van, aki ehhez megfelelő felkészültséggel rendelkezik, a berendezésgyártó tervezőinek feladata viszont mások által tervezett komplex funkciót ellátó áramkörök alkalmazása esetén rendkívüli mértékben leegyszerűsödik. Ennek az a következménye, hogy a félvezetőgyáraknak nincs elegendő tervezőkapacitása, a berendezésgyártónak viszont feleslegesen mutatkozik tervezőkapacitásában.

Ennek a helyzetnek a feloldása két fázisban végezhető el:

- a) a berendezésgyártó tervező szakembereit kell oly módon átképezni, hogy képesek legyenek berendezésorientált áramköröket tervezni.
- b) Az új szakemberek képzésekor minél nagyobb számban kell olyan mérnököket képezni, akik kellő ismeretekkel rendelkeznek berendezésorientált áramkörök tervezéséhez.

1. táblázat

Tervezési szint	megtervezendő rész	Full custom	Library custom	Előregyártott szeletes
tranzisztor	mélyléségi struktúra layout	+		
alapkapszolás	áramkör layout	+		
funkcionális egység	logikai struktúra layout	+		
alkatelemek elrendezése	1—5. és 7. maszk	+	+	
huzalozás	6. maszk	+	+	+

Az 1. táblázat összegzi azokat a feladatokat, melyeket berendezésorientált áramkörök tervezésekor meg kell oldani. Ismeretes, hogy a berendezésorientált áramköröknek három szintje van:

1. Az egyedi tervezésű (full custom) áramkörök minden részletét az adott célra optimalizáltan tervezik, és rendszerint csak nagyon nagy sorozatokban való gyártása esetén térül meg az igen magas tervezési költség;
2. A cellakönyvtáras tervezésű (library custom) áramkörök tervezésekor cellakönyvtárban tárolt, előzetesen kidolgozott és kipróbált kisebb-nagyobb bonyolultságú áramköri részletekből tervezik meg a teljes áramkört, melyek elektromosan is (paramétereikben) és technológiailag is (technológiai lépéseik és layoutjuk szempontjából) egyértelműen specifikáltak. Ez a tervezési mód hasonló feladatot jelent, mint egy áramkör tervezése TTL, SSI/MSI elemekből. Feltétele viszont, hogy valóban jó, felhasználási tapasztalatokkal verifikált cellakönyvtár álljon rendelkezésre. A cellakönyvtár kifejlesztésének költsége sok áramkörre oszlik el, vagyis ez a módszer már közepes sorozatnagyságoknál (néhány 1000 db) gazdaságos lehet.
3. Az előregyártott szeletes (gate array stb.) áramkörök jellemzője, hogy az áramköri részleme-

ket (tranzisztorokat, esetleg egyszerűbb kapcsolásokat) tartalmazó szeletek félkésztermék formájában rendelkezésre állnak, és csak azok összehuzalozását kell megtervezni. Mivel ennél a módszernél a technológia legnagyobb részét, és pedig az igényes lépéseket egységesen, előre elvégzik, és az adott áramkör megvalósításához csak egyetlen maszkot kell megtervezni, és sokféle áramkörhöz ugyanaz az előregyártott szelet-típus használható fel, már kis sorozatok is (néhány száz darab) gazdaságosan előállíthatók. A tervezési munka itt leginkább a diszkrét alkatrészekből való tervezéshez hasonlít, bár a munkát jelentősen hatékonyabbá lehet tenni a tipikus áramköri részletek fémezését tartalmazó cellakönyvtárral.

Az alábbi táblázat adja meg tipikus méretű áramkörökre a tervezés munka- és időigényét:

	Méret (kapu)	munkamennyiség (mérnök-év)	Tervezés időtartam (év)	Tervezési létszám (fő)
Full custom	20 000	20—50	1,5—3	15—20
Library custom	5 000	5	0,6	6—8
Gate array	1 000	0,5—1	0,25—0,3	2—3

Alapképzés

A mikroelektronikai alapképzés néhány kérdésével egy korábbi cikk [2] foglalkozott. Az 1983/84. tanévtől a BME Villamosmérnöki Karán mikroelektronikai és technológiai szakán folyik mikroelektronikai specialisták képzése. Természetesen a Kar többi szakán is fokozott súlyt kapott a mikroelektronika.

A képzésben a mikroelektronika nemcsak mint az oktatás tárgya, hanem mint az oktatás eszköze is egyre növekvő szerephez jut.

A felsőoktatásban is fel kell készülni arra, hogy az 1980-as évek második felére már a hallgatók többsége a jelenlegi nagyságrendekkel meghaladó számítástechnikai ismerettel kerül az egyetemre. A személyi számítógépek elterjedése hozza ezt magával, mely bevonul a középiskolai oktatásba is és „ezáltal egy új, az egész jövőnk meghatározó kultúra elsajátítása kezdődik el, nem iskolai, nem kötelező keretek között, hanem játékosan, örömteli módon” [3]. A magasabb számítástechnikai kultúrával induló hallgatók a gépi tervezési módszereket könnyebben és magasabb szinten lesznek képesek elsajátítani, mint azok, akik csak felsőbb éves korukban kezdtek megismerkedni a számítástechnikával. Érdemes néhány megfontolást tenni azzal kapcsolatban is, hogy hány mérnököt kell képezni. Az US Bureau of Labor adatai szerint az USA-ban az elektronikus mérnökök számát évi 2,7%-kal kell növelni. Magyarországon ma kb. 8000 mérnök foglalkozik elektronikával és ennek a létszámnak a fenntartásához mintegy 2,5% utánpótlásra (200 mérnök/év) van szükség. Ha ehhez hozzáadjuk a 2,7%-os növekedést (kb. 220 mérnök), az elektronikai ipar és kutatás-fejlesztés évente

420 új mérnököt igényel. A Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kara évente kb. 300 diplomát ad ki az elektronikai jellegű oktatást folytató szakokon (híradástechnika szak, műszer és irányítástechnika szak, mikroelektronikai és technológiai szak). A főiskolán végzőket is beleértve többé-kevésbé kielégítő az új szakemberek száma.

Átképzés

Világszerte jelentős erőfeszítéseket folytatnak arra, hogy az előzőkben említett tervező kapacitás problémát (félvezetőgyártónak kevés a tervezőkapacitása, a berendezésgyártónak feleslege van tervezőkapacitásban) megoldják. A megoldás módja a berendezésgyártó tervezők átképzése arra, hogy a berendezésorientált áramkörök tervezésének minél nagyobb részét képesek legyenek elvégezni. Az átképzéssel kapcsolatban az alábbi szempontokra érdemes rámutatni:

- a tervezési gyakorlattal és berendezéstervezési tapasztalatokkal rendelkező tervező a tervezést saját speciális szakterületének ismereteivel támogatva képes elvégezni, ezek a tapasztalatok és ismeretek új diplomával munkába álló mérnöknek rendszerint egyáltalán nem, de a félvezetőgyártó mérnökeinek sem nagyon állnak rendelkezésére;

- eltérésekkel kell számolni a tervezési módszerekben is: amíg a *TTL* áramkörökből való berendezésepítésben gyakorlott konstruktőr az áramkör funkcionális jellemzésére célszerűen egy *TTL* áramkörhöz hasonló bonyolultságú modulokból álló blokkvázlatot készít, addig az új diplomás mérnök inkább hardware leíró nyelven specifikálja áramkörét;
- az átképzett tapasztalt tervező szívesen használja a cellakönyvtári modulokat (akár library custom, akár gate-array szintű áramkörtervezés esetén), de előnyben részesíti a „manuális” tervezést a gépi módszerekkel szemben.

Az átképzést hazai vonatkozásban a BME Mérnöki Továbbképző Intézete végzi, olyan tanfolyamok keretében, melyben a MOS tranzisztoros logikai áramkörök, logikai rendszerek, layout-tervezés és géptermi gyakorlatok képezik a súlyponti témákat.

I R O D A L O M

- [1] *Tömpe Zoltán*: Esettanulmány a magyar elektronika bajairól. Valóság, 1984. febr. pp. 38–47. old.
- [2] *Tarnay K.*: Az Elektronikus Eszközök Tanszék szerepe a mikroelektronika oktatásában és kutatásában. Híradástechnika, 1983. november pp. 489–491. old.
- [3] *Kozák Gyula*: Morgolóadás személyi számítógép ügyben. Valóság, 1984. febr. pp. 48–57. old.