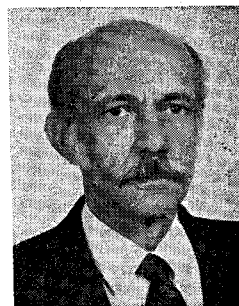


Tervezőmérnökök továbbképzése berendezésorientált áramkörök tervezésére és alkalmazására

DR. TARNAY KÁLMÁN

BME Elektronikus Eszközök Tanszék



ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény ismerteti az 1982 óta folyó továbbképzés célkitűzéseit, tananyagát, oktatási módszereit és tapasztalatait.

1. Bevezetés

A mikroelektronikában egyre növekvő jelentőségű a berendezésorientált áramkörök szerepe. Ez a technika képes napjainkban összhangot teremteni a mikroelektronikai alkatrész felhasználója és gyártója között:

1. kielégíti a berendezéstervező mérnök speciális igényeit, és
2. gazdaságos gyártást biztosít már aránylag kis sorozatok esetén is.

Ez utóbbi az alkatrész felhasználójának és gyártójának egyaránt érdeke.

Az előző öt éves terv időszakában az iparvezetés jelentős erőfeszítéseket tett a hazai berendezésorientált áramkörgyártás műszaki, tudományos, anyagi és személyi feltételeinek megteremtése érdekében.

Ismeretes, hogy a berendezésorientált áramkörök gyártása technológiai szempontból valójában nem tér el a szokásos, ún. katalógusáramkörök gyártásától, azonban tervezésük eltérő, és más szemléletet igényel. A berendezésorientált áramkörök hatékony tervezése az együttműködés új módszereit követeli meg a mikroelektronikai alkatrészgyártó iparban és a berendezés-gyártó iparban dolgozó mérnökök között. A mikroelektronikai ipar áramkörtervező mérnökeinek tapasztalatai elsősorban SSI, MSI, esetleg a legegyszerűbb LSI áramkörök tervezése területén vannak, ezek ugyanis azok az áramkörök, melyek széles felhasználási spektrummal rendelkeznek. Másrészt az elektronikai berendezésgyártó ipar (híradástechnika, műszer- és automatikaipar stb.) tervezőmérnökei jelentős tapasztalattal rendelkeznek SSI, MSI és LSI katalógusáramkörökből végzett tervezés területén, anélkül azonban, hogy mélyebb ismeretekkel rendelkezzenek a tokon belüli áramkör fizikai működéséről.

A Mikroelektronikai Kormánybiztos kezdeményezésére 1982-ben kezdődött el az elektronikai berendezésgyártó ipar tervezőmérnökeinek képzésére szolgáló tanfolyam előkészítése és szervezése. Az előkészítő munkában az elektronikai ipar, kutatás és felsőoktatás szakemberei, továbbá pedagógiai szakemberek vettek részt. Az előkészítés munkáját a tőle megszokott aktivitással támogatta Almássy professzor.

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 tervezérelt eszközök kapcsolóüzemű működését tárgyaló disszertációjával. 1983-ban az Upp-

salai Egyetem Matematikai és Fizikai Szekciója a félvezető eszközök modellezése terén elért eredményeiért díszdoktorává választotta. Jelenleg a BME Elektronikus Eszközök Tanszékének tanszékvezető docense. A HTE Félvezető Eszközök és Integrált Áramkörök Szakosztályának elnöke, a HTE Elnökségének tagja. Tagja több akadémiai és MTE SZ-bizottságnak.

Már az előkészítés időszakában megrendeztünk 3 tanfolyamot (kettőt a BME Mérnöki Továbbképző Intézete szervezésében, egyet pedig kihelyezett tanfolyamként a Híradástechnika Szövetkezetben). Ezek a tanfolyamok jelentős segítséget nyújtottak a megfelelő előadók kiválasztásában, a tananyag összehangolásában, továbbá a klasszikus tervezésben járatos tervezők részére nehezebben elsajátítható témakörök és fogalmak kiválasztásában.

Az előkészítő munka során pontosítottuk az oktatás célkitűzését, megvitattuk és kialakítottuk az oktatandó témakörök részletes tematikáját, meghatároztuk az egyes témaköröknek a képzésben célszerűnek mutató súlyát, a kifejlesztendő alkalmazási készség mértékét. Javaslat készült az oktatás segédleteire. Meghatározásra került a gépi tervezés oktatásának módszere és volumene.

2. A továbbképzés főbb témakörői

A következőkben címszerűen felsoroljuk a továbbképző tanfolyam anyagát. A tananyag elsajátításának megkönnyítésére egy mintegy 1000 oldal terjedelmű tankönyv készült [1], továbbá 400 oldalas példatár, mely tesztkérdéseket, gyakorló példákat és a géptermi gyakorlatok céljára szolgáló kapcsolási elem-szintű és kapusintű áramköri vázlatokat tartalmaz [2]. Az anyag terjedelmét és mélységét úgy választottuk meg, hogy az ismeretek jelentős része egyéni tanulással is elsajátítható legyen. A következő felsorolás az [1] tankönyv fejezetein alapul. Utalunk az egyes fejezetekhez kapcsolódó tanfolyami tevékenységre is.

1. Integrált áramkörök tervezése és gyártása (szerző: Ribényi András), általános áttekintés, a fontosabb alapfogalmak tisztázása. Ezt az anyagot tulajdonképpen olvasmánynak szántuk.

2. Tranzistorok (szerző: dr. Masszi Ferenc): A félvezetőfizika rövid áttekintése, a P_n átmenet, MOS és

Beérkezett: 1986. III. 30. (H)

bipoláris tranzisztorok. Egyéni tanulásra szánt anyag, elsajátítását 3 teszt segítségével ellenőrizzük.

3. Logikai áramkörök (szerzők: Asztalos András, Keresztes Péter és dr. Székely Vladimír): Invertereket, kapuáramköröket, multiplexer és dekóder áramköröket, az alapvető billenőköröket tárgyalja részletesen. A tanfolyam résztvevői által kevéssé ismert MOS áramkörökön van a súlypont, és csak röviden tér ki bipoláris áramkörökre. A tanfolyam egyik súlyponti témáját képezi, melyből előadások, tantermi gyakorlatok, géptermi gyakorlat, 3 teszt és gyakorló házi feladatok vannak.

4. Digitális rendszerek (szerzők: dr. Szittyá Ottó és dr. Jávor András): Az anyag kombinációs és szekvenciális áramkörök leírásával és tervezésével, funkcionális egységekkel, továbbá digitális rendszerek szimulációjával foglalkozik. A tanfolyam második súlyponti témáját képezi, melyből előadások, tantermi gyakorlatok, géptermi gyakorlat, 3 teszt és gyakorló házi feladatok vannak.

5. Digitális áramkörök és rendszerek specifikációja (szerző: dr. Csopaki Gyula): Témaköre a hardware leíró nyelvek ismertetése és alkalmazásuk berendezésorientált áramkörökre. Egyéni tanulásra szánt anyag, melynek elsajátítását házi feladat segítségével ellenőrizzük.

6. Integrált áramkörök tesztelése (szerző: dr. Gártner Péter): Az anyag áttekintést nyújt a funkcionális teszt módszereiről, a tesztelhetőségre való tervezésről, valamint a mérőautomaták működési elvéről. Egyéni tanulásra szánt anyag, melynek elsajátítását házi feladat segítségével ellenőrizzük.

7. Technológiai alapok (szerzők: dr. Kormány Teréz és dr. Ripka Gábor): Áttekintést nyújt a szilícium-alapanyagról, az integrált áramkör-gyártás fontosabb lépéseiről, valamint a tokozás problémaköréről. Egyéni tanulásra szánt anyag, melynek elsajátítását teszt segítségével ellenőrizzük.

8. Layout-tervezés I—II. (I. rész szerzői: dr. Baji Pál, dr. Farkas Gábor és dr. Hegedűs András, a II. rész szerzői: dr. Nemes Mihály és Szentpéteri Piroska): Ismerteti a tervezési szabályokat, magyarázataikkal együtt, a cella- és chiptervezést. Megismerteti a résztvevőket a grafikus leíró nyelvekkel. Tárgyalja a maszkok előállítására szolgáló berendezéseket. A II. rész anyaga elsősorban az *n*-MOS és CMOS gate-array-kon felépülő áramkörök tervezését ismerteti, részletesen foglalkozik a cellakönyvtárak szerepével, felépítésével és alkalmazási lehetőségeivel. A tanfolyam harmadik súlyponti témáját képezi, melyből előadások, tantermi gyakorlatok, géptermi gyakorlat, több teszt és gyakorló házi feladatok vannak.

9. Géptermi segédletek (szerzők: Benkő Tiborné és Szentpéteri Piroska): A géptermi gyakorlatok és a tervezés során felhasználható számítógépi tervezőprogramok rövid ismertetésével foglalkozik.

3. Követelményrendszer és oktatási módszerek

A tanfolyam időtartamára egy egyetemi félév (14 hét) mutatkozott célszerűnek, heti két oktatási nappal, melyekből az egyik napon előadások és kötött tantermi foglalkozások vannak, a másik nap programját tesztfeladatok készítése, a házi feladatok konzultációja és beadása, ill. bevétele, valamint géptermi gyakorlatok képezik. E nap programját a tanfolyam céljára készített 15 óra terjedelmű videofilmnek az aktuális tananyaghoz csatlakozó részének megtekintése egészíti ki. A tananyag csak egy része került előadásra, jelentős részét a résztvevőknek saját maguknak kell megtanulniuk. A tanfolyam eredményes elvégzése a tanulmányi idő alatt 150—250 óra egyéni tanulást, ill. feladatmegoldási tevékenységet igényel.

A képzés követelményrendszerét úgy próbáltuk kialakítani, hogy a résztvevőknek mintegy

— 10%-a specialista szinten legyen képes berendezésorientált áramkörök tervezésére,

— 20—30%-a a tervezést úgy legyen képes elvégezni, hogy a mikroelektronikai gyártó tervező szakembereinek már csak minimális — főként ellenőrző — tevékenységet kelljen végezni,

— 60—70% pedig olyan szintre jusson el, hogy kellő megalapozottsággal és biztonsággal ismerje a berendezésorientált áramköri technika lehetőségeit és korlátait, és ezáltal váljék alkalmassá a mikroelektronikai gyártó szakembereivel való eredményes kommunikálásra.

A tanfolyam félidejében a résztvevőket addigi eredményeik alapján két csoportra osztottuk:

A legjobb eredményeket elérő résztvevők egy konzulens irányítása mellett önállóan kidolgozandó ún. nagyfeladatot kapnak. A nagyfeladat egy-egy — rendszerint a tervező által ismert — TTL—MSI áramkör áttervezése gate-array típusú berendezésorientált áramkörre. A benyújtásra kerülő nagyfeladatnak az alábbiakat kell tartalmazni:

1. Az áttervezett áramkör leírása és specifikációja katalóguslap-szerű formában

2. Részletes blokkvázlat

3. Az áramkör leírása hardware leíró nyelven,

4. Az áramkör logikai szimulációval végzett vizsgálatának leírása és a szimuláció eredményei (a szimulációs vizsgálatot a layout megtervezése után — korrigált kapacitív terhelések figyelembevételével is el kell végezni)

5. Layout-terv (gépi vagy kézi)

6. Tokozási és bekötési utasítás, végül

7. A megtervezett áramkör tesztelőírása.

A nagyfeladatok eredményes elkészítése nemcsak a tanfolyam hallgatójától, hanem a konzulensétől is jelentős munkát követel. Eredményként könyvelhetjük el azt is, hogy a későbbiekben is gyümölcsözteszhetők munkakapcsolat alakul így ki a mikroelektronikai alkatrészgyártó ipar és az elektronikai berendezésgyártó ipar egy-egy szakembere között.

Eltérés van a tanfolyam záróvizsgájában a nagyfeladatot készítő, ill. nem készítő résztvevők vonatkozásában:

— a nagyfeladatot készítő záróvizsgálója tervfel-

adat megvédéséből áll, ez jellegében egy disszertációvédéshez hasonlóan folyik le,

— akik nem készítenek nagyfeladatot, azok a három súlyponti tárgyból (MOS logikai áramkörök, Digitális rendszerek és Layout-tervezés) államvizsgaszerű vizsgát tesznek.

A záróvizsgákat vizsgabizottságok előtt bonyolítottuk le, és a vizsgabizottságokban a vizsgáztatók mellett helyet foglaltak az elektronikai ipar gazdasági vezetői, valamint vezető szakemberei is. A vizsgatapasztalatokat és a bizottság tagjainak észrevételeit a későbbi tanfolyamokon figyelembe tudtuk venni.

4. A tanfolyam tapasztalatai

A következőkben a tanfolyamok tapasztalataiból elsősorban a számszerűen is értékelhető adatokat említünk.

Résztevők létszáma:

Az 1982. és 1983-ban rendezett kísérleti tanfolyamokon mintegy 180-an vettek részt. Az 1984-ben rendezett tanfolyamot 82 fő kezdte el, ebből 57-en vizsgáztak, 1985-ben 69 fővel indult tanfolyam és 45-en vizsgáztak, ez évben 25 résztvevővel indult tanfolyam. A kísérleti tanfolyamokat is számításba véve az összes résztvevők száma meghaladja a 300 főt. Az 1985. és 1986. évi tanfolyamokon 35 mérnök készített nagy-

feladatot. A résztvevők zöme olyan mérnök volt, aki tanulmányait az elmúlt 10 évben fejezte be. Érdekes képet mutat a résztvevők munkahely szerinti megoszlása, a legtöbb résztvevő az alábbi vállalatoktól, ill. intézményektől jött (csak 1984-től vannak adataink, a kísérleti tanfolyamokról nincsenek, így pl. a Híradástechnika Szövetkezet, ahol kihelyezett tanfolyamot tartottunk 34 résztvevővel, ebben a statisztikában a valóságosnál előnytelenebb képet mutat):

Elektronikus Mérőkészülékek Gyára	13 fő
Távközlési Kutató intézet	11 fő
MEDICOR Művek	8 fő
Mikroelektronikai Vállalat	8 fő
VIDEOTON	5 fő

Csak szórványosan voltak résztvevők a híradástechnikai ipar nagyvállalataitól. Ez sajnálatos, mert nagyvállalataink is eredményesen tudnák alkalmazni kisebb sorozatú gyártmányaikban a gate-array típusú, nagy-sorozataikban pedig a cellás tervezésű berendezésorientált áramköröket, és a gazdasági eredmények mellett új szolgáltatásokkal is tudnák gyártmányaik nemzetközi versenyképességét fokozni.

IRODALOM

- [1] *Tarnay K.* (szerk.): Mikroelektronikai berendezésorientált áramkörök tervezése. EDUSYSTEM, Budapest 1984. pp. 984+39
- [2] *Tarnay K.* (szerk.): Mikroelektronikai berendezésorientált áramkörök tervezése. Feladat- és tesztgyűjtemény, EDUSYSTEM, Budapest, 1985. pp. 343+31