

# 5. Az elektronika szakmódszertani elveinek változása

## 5.1. A villamos szakma fejlődése: elektrotechnika, elektronika, mikroelektronika

A villamos szakmáknak nincsenek kézműipari előzményeik, *a gyáriparral együtt* alakultak ki.

A villamosságot a XVIII. század második felében (Franklin, Galvani), illetve a XIX. század elejének (Volt, Oersted, Ampère) nagy felfedezései állították az érdeklődés középpontjába. Ipari méretű alkalmazásáról mintegy 120 éve beszélhetünk. A kezdetét a táviró megjelenése, az izzólámpa felfedezése és a villamos energia előállításának megoldása jelentette.

A villamos táviró vonalak kiépítése Morse találmányával (1840) indul meg. Az 1848-as német császárválasztás idejére már kiépült a frankfurti Paulskirche-t (a koronázó templomot) Berlinnel összekötő vonal.

1869 (USA) és 1888 (Párizs) között hosszú tárgyalássorozat eredményeként készítették el a kábelek elhelyezéséről és védelméről szóló nemzetközi szerződést, megteremtve a kontinensek közötti táviró összeköttetés jogi alapjait is. Edison 1879-ben felfedezi az izzólámpát, a gyártás 1882-ben indul meg.

1861-ben fedezi fel Jedlik Ányos a dinamó elvet, 1866-ban pedig Werner von Siemens felépíti az első generátort, és ezzel megnyílt az út a villamos energia egyszerű és gazdaságos előállításához.

*A magyar iskolarendszerű szakképzés történetében az első nagy mérföldköveknek számít, hogy 1872-ben megnyílt a Gépészeti Felső Ipartanoda Kassán, majd 1879-ben megkezdte működését a Budapesti Állami Felső Ipartanoda. Középfokú szakoktatási intézmény volt. Az első elektrotechnikai témák a természettan tantárgyban találhatók: magnetizmus, statikai elektromosság, dinamikai elektromosság.*

1891-től azonban, az új iparág fejlődése nyomán, már külön tantárgyként tanították az elektrotechnikát a Budapesti Állami Felső Ipartanodában.

1920-ban indult meg a Magyar Királyi Állami Mechanikai és Elektromosipari Szakiskola Budapesten. Ennek az iskolának az 1933/34-es tanévtől kezdődően már 2 évfolyamos felsőipari tagozata is volt, ahol a rádiótechnikát már önálló tantárgyként tanították, ezzel a tantárggyal megjelent az elektronika is (Szentirmai 1975).

*Az elektrotechnika kifejezést széles értelemben az egész villamos szakma jellemzésére is szokták használni. E szerint az elektrotechnika a villamos és mágneses fizikai jelenségekből leszűrt elméleti törvényszerűségek gyakorlati felhasználásával foglalkozik. Tárgykörébe tartozik a különféle villamos és mágneses eszközök kifejlesztése, tervezése, elkészítése, gyártása, ellenőrzése és üzemeltetése.*

Az elektrotechnika két nagy területre osztható fel: az elektroenergetikára és az elektronikára. Bár a határok nem túl élesek, mégis elkülöníthető ez a két rész.

Az elektroenergetika azokkal a berendezésekkel foglalkozik, amelyekre a villamos jelenségek fémes vezetőkben és folyadékokban játszódnak le.

*Az elektronika a XX. század elején alakult ki a vákuumos elektroncsövek felfedezésével (Braun, Wehnelt, De Forest). Az elektroncsövekben az elektronoknak az anód és a katód közötti mozgása hozza létre az áramot. Az áram nagysága az elektroncsőben levő rácstra jutó villamos jellel vezérelhető.*

Az elektronika fejlődésének jelentős állomása az 1948-as év, a tranzisztor felfedezésének (Brattain, Bardee, Shockley) éve.

A tranzisztor három különböző módon szennyezett félvezető rétegből, bázisból, emitterből és kollektorból áll. A bázis és emitter között folyó árammal lehet szabályozni az emitter és kollektor között folyó áramot.

A tranzisztor néhány év alatt az elektroncsövek helyébe lépett, mérete jóval kisebb volt, megbízhatóbban működött és a fogyasztása is kisebb volt, mint elődjéé.

Az elektroncső és a tranzisztor lehetővé tette a villamos jelek hordozta információ tárolását, feldolgozását - olyan információkat, amelyek többek között gyártási folyamatokat vezérelnek, robotokat működtetnek.

*A mikroelektronika* a miniaturizált, a nagyon kis helyen elférő, kis terjedelmű elektronika.

A hatvanas évek elejére az elektronikus számítógépek és az úrkutató berendezések összetettsége olyan fokot ért el, hogy a berendezések megbízhatósága többé már nem az alkatrészek, hanem az ezeket áramkörre egybefoglaló összeköttetések megbízhatósága kezdte korlátozni, és a bonyolult berendezések gyártása egyre drágább lett (Herpy 1973).

1959-ben a Texas Instrument és a Fairchild cégek szakemberei rájöttek arra, hogy több különálló tranzisztor és egyéb áramköri elem, valamint az ezeket egybefogó összeköttetések egyidejűleg létrehozhatóak egy szilícium lapkára felvitt mikroszkópikus komponensek segítségével. Így jöttek létre az integrált áramkörök. Eredetileg a 25 négyzetmiliméter méretű félvezető lapocska a rádifferenciált rétegeivel együtt kapta a chip (darabka) elnevezést.

1971-ben az amerikai Intel cég állította elő az első mikroprocesszort, ami egyetlen lapkán, egyetlen chipben tartalmazza a számítógép központi vezérlő egységét. (Érdekesség, hogy a feltaláló M. E. "Ted" Hoff csak nehezen tudta vállalatának vezetőit arról meggyőzni, hogy a termék iránt lesz piaci kereslet. A mikroelektronika szülőföldje egyébként a San Francisco-tól délre fekvő Santa Clara környéke, ezt a vidéket nevezik a gyártáshoz felhasznált alapanyag nyomán silicon valley-nek, vagyis "szilícium völgynek".)

A mikroelektronika óriási hatása a termelésre és a gazdaságra nemcsak annak köszönhető, hogy az egységek méretét nagyon lecsökkentette, hanem annak is, hogy az alaktrészek ára látványosan zuhant, ezzel lehetővé téve a számítógépek széles körű alkalmazását a termelési folyamat minden fázisában.

Egyes becslések szerint 20 év alatt az árcsökkenés 10000-szeres volt. Ennek az árcsökkenésnek a mértékét jól érzékelteti az alábbi példa: ha 20 évvel ezelőtt egy Volkswagen gépkocsi ára 5000 DM volt, akkor ennek az ára hasonló ütemű csökkenés esetén mára már 50 pfenningre süllyedt volna (Gruhler 1984).

Másik példa: hasonló ütemű fejlődést feltételezve egy középkategóriás autó árának mára 10 DM-re kellett volna csökkennie, miközben végsebessége 100000 km/óra, férőhelyeinek száma 5000-re nőtt volna, és 0.5 liter benzint fogyasztana 1000 kilométeren (Wittwer 1992).

A mikroelektronika új technológiai dimenzióval egy előző fejezet már foglalkozott. A villamos szakma 120 éves, rövid története fontos állomásainak áttekintése mutatja, hogy a XX.század történetében jelentős szerepe van a nagy változásokat, generációváltásokat megélő elektronikának.

A villamossági tárgyak módszertanának olyan kiváló úttörői voltak, mint a BME Tanárképző Intézetében is működő *Brückner János* és *Tömösy M. Jenő*, akik technikumi tanári és felsőoktatási tapasztalataikra támaszkodva alkotó módon járultak hozzá a villamos tárgyak hazai szakmódszertanának megalapozásához

*A módszertani elvek is változnak azonban, változniok kell az elektronikai tartalom változásával. Az előző fejezetben ismertetett felmérés pillanatképet rajzolt az elektronikai ismeretek egy köréről. Hogyan alakult ki a tanulási-tanítási folyamatban az a helyzet, amelyet ez a kép tükröz, és milyen módszertani megfontolások alapján változtatható meg - erre a kérdésre keressük a választ a most következő oldalakon.*

Az elmúlt évtizedben tanított elektronikai tananyag alapján keressük a módszertani elmozdulás irányait. Kiindulásul egy, az elmúlt időszakban forgalomban lévő tankönyvet választottunk, és a híradásipari technikusképzés. érvényes óratervét.

Szeretném hangsúlyozni, hogy nem a tankönyvre vonatkozó kritikai észrevételek fogalmazódnak meg a következőkben (e tankönyvnek egyébként már egy újabb változata készült el és került használatba), csupán a hagyományos elektronika tananyagának bemutatásához és sajátos szempontú elemzéséhez hívtuk segítségül a Bogdán-Kovács-Nagy F.- Nagy S.-Takács G.: *Elektronikus áramkörök* c. könyvet.

## 5.2. Az elektronikai tananyag logikai sajátosságai

A tananyag logikus - lehető leglogikusabb - felépítése nem egyedüli feltétele az eredményes tanulási folyamatnak. Azok a törekvések, melyek bármilyen logikai vizsgálat abszolutizálása alapján döntenek a tananyag felépítéséről, az alkalmazási módszerekről, egyoldalúak, mert a sokrétű tanulási folyamatnak egyik oldalát emelik ki.

Ugyanakkor a tananyag logikai struktúrájának ismerete nélkül nem lehet a kognitív struktúrák kiépülését nyomon követni.

Ha a tananyagok logikai vizsgálatát a lehető legegyszerűbb módon végezve mindössze azt nézzük meg, hogy az előforduló új fogalmak és törvényszerűségek mennyisége mekkora, akkor a villamos szakképzésben három jellegzetes tananyag-karakter fedezhető fel.

1. *Az anyagra a sok új fogalom és a sok új törvényszerűség jellemző.* Ebbe a tananyag-típusba tartozik az elektrotechnika.

Az elektrotechnika új fogalmai fizikai fogalmak, tehát kialakításukra mindaz jellemző, ami a fizikai fogalom értelmezéséhez tartozik: az elvi mérési utasítás, a mértékegység, a matematikai megfogalmazás. Az utóbbi kettő jelenti a kisebbik gondot, sokkal nehezebb olyan struktúrát kiépíteni, amiben a mérési elv reprezentálja a fogalmat. Nem véletlen, hogy az elektrotechnikával kapcsolatban ezt sokan szükségensnek tartják külön is hangsúlyozni. "Egy fizikai fogalom helyes definíciójának tartalmaznia kell azt az előírást, amellyel az illető fogalom mérhető" - olvashatjuk Simonyi Károly *Elméleti villamosságtanában* (Simonyi 1960, 47. lap) Egy másik ismert könyv "célja, hogy az elektrotechnika alaptörvényeit, a villamos alapfogalmakat ismertesse, mégpedig úgy, hogy a mennyiségek definícióját következetesen elvi mérési módszerrel adja meg." (Lányi, Magyar 1980, 5.lap) Az elektromos erőter definíciójával kapcsolatban Wigner Jenő fejtegeti: "A lényeges csupán az, hogy az elektromos erőter fogalma mind

gondolataink közléséhez, mind gondolkodásunk számára hasznos. Az a kijelentés, hogy létezik, csupán a következőket jelenti: a) mérhető s így egyértelműen definiálva van, és b) ismerete hasznos ahhoz, hogy a múlt jelenségeket megértsük, és segít előrelátni a jövő eseményeket." (Wigner 1972, 221.lap)

A törvényeket elfogadhatjuk tényként, vagy megérthetjük valamilyen következtetés segítségével. A tanítás során előfordulhat, hogy egy-egy törvényt csupán definiálunk, de ez csak a kivétel. Az elektrotechnikához (mint minden tudományterülethez) hozzátartoznak azok a sajátos utak is, ahogyan megállapításaihoz eljut.

Az elektrotechnikai tananyag vizsgálatánál a következtetések szerepe meghatározó lesz, mert a tantárgy mögött álló elméleti villamosságtanra sajátos, kettős logikai elrendezettség jellemző; tisztán deduktív úton is tárgyalható a Maxwell-egyenletekből kiindulva, és induktív úton is felépíthető a kísérletekből, mérésekből kiindulva. A tantárgynak is ezt a kettős felépítést kell tükröznie, a legfontosabb logikai feladat a következtetések helyes felépítése.

*2. Az anyagra sok új fogalom és kevés új törvényszerűség jellemző.* Ilyen tárgy az anyagismeret, technológia. A tantárgy tanulásában a rendszerezésnek van nagy szerepe, mert a rendszerző alapelveként szolgáló törvények már az előző tanulmányokból ismertek.

*3. Viszonylag kevés új fogalom és viszonylag kevés új törvény.* E tananyag-típus jellegzetes képviselője az elektronika.

Az elektronikára a működési elvek tárgyalása a jellemző (a gyakran használt és a működéssel kapcsolatos áramköri analízis és szintézis kifejezés maga is utal a logikai meghatározottságra).

Az áramkörök működésének vizsgálatához szükség van egy sajátos fogalomrendszerre és a működést meghatározó szabályok, összefüggések, törvényszerűségek ismeretére.

A következőkben áttekintjük, hogy a tipikus elektronika tananyagban, amelyet Bogdán-Kovács-Nagy F.- Nagy S.-Takács G.: *Elektronikus áramkörök* c. könyvével

reprezentálunk, hogyan jelennek meg az új fogalmak, összefüggések és működési elvek, és ebből milyen módszertani következtetések vonhatók le.

## 5.3. Új fogalmak az elektronikai tananyagban

A tananyag 312 új fogalmat vezet be. A fogalmak különböző csoportokba sorolhatók:

*a)* Passzív és aktív áramköri elemek és áramkörök megnevezése (pl.: csatoló-kondenzátor, Zener-dióda, műveleti erősítő).

*b)* Az aktív elemek fizikai működésével kapcsolatos fogalmak (pl.: elektronpálya, saját vezetés, vegyérték sáv).

*c)* Az áramkörök működésének leírásához bevezetett fogalmak, működési jellemzők (pl.: erősítés, torzítás, jel/zaj viszony).

*d)* Az elemek és áramkörök viselkedésének jellemzésére szolgáló fogalmak (ezek általában valamilyen karakterisztikához kötődve adhatók meg, pl.: munkapont-beállítás, tranzisztor karakterisztika, impulzus stb.)

*(A tankönyvi fogalmak részletes felsorolását a Függelék F2. táblázata tartalmazza.)*

A fogalmak 39%-a (123) megnevezés, a többi nagyjából egyforma arányban megoszlik a fizikai alapfogalmak (20%, 63 fogalom), a működési jellemzők (21%, 65 fogalom) és a viselkedési jellemzők (20%, 61 fogalom) között.

5.1. táblázat. A tankönyv fogalmi csoportjai

Fogalmi csoport:	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
$\Sigma$	Megnevezés	Fizikai fogalom	Működési jellemző	Viselkedési jellemző



312	123	63	65	61
100%	39%	20%	21%	20%

A tananyag tárgyalási sorrendje szerinti első 111 fogalom az aktív elemek működését ismertető részben fordul elő, és másként oszlik meg az *a*, *b*, *c*, *d* csoportok közt, mint a könyv további, elsősorban az áramköröket bemutató részéhez tartozó 201 fogalma. (Ezt a 201 fogalmat két 100, illetve 101 tagú csoportra bontva is megvizsgáltuk, hogy összehasonlítható legyen a két csoportban külön-külön kapott fogalmi eloszlás. Az eredmények teljesen hasonlóak, ami arra vall, hogy a fogalmi eloszlás valóban a tananyag jellegére jellemző.)

5.2. táblázat. Fogalmi típusok eloszlása a tananyag különböző jellegű részeiben

A fogalmak sorszám	<i>a</i> Megnevezés	<i>b</i> Fizikai fogalom	<i>c</i> Működési jellemző	<i>d</i> Viselkedési jellemző	db
1 - 111	31 28%	38 34%	15 14%	27 24%	111
112 - 312	92 46%	25 12%	50 25%	34 17%	201

112 - 212	44 43%	12 12%	26 26%	19 19%	101
213 - 312	48 48%	13 13%	24 24%	15 15%	100

Hogy jobban kiemeljük az egyes tananyagrészek fogalmi eloszlásának jellemzőit, a következő táblázatban az eloszlásprofilokat mutatjuk be, ahol a konkrét szám adatok helyett csak a "magas" és "alacsony" megjelölést alkalmazzuk.

5.3. táblázat. A fogalmak eloszlásprofilja tananyagrészek szerint

A fogalmak sorszáma	<i>a</i> Megnevezés	<i>b</i> Fizikai fogalom	<i>c</i> Működési jellemző	<i>d</i> Viselkedési jellemző
1 - 111	magas	magas	alacsony	alacsony
112 - 312	magas	alacsony	magas	alacsony

Mindkét csoportnál magas a megnevezések száma, és viszonylag alacsony a viselkedési jellemzők száma. Az áramkörök csoportban magas a működés leírásával kapcsolatos fogalmak száma, és alacsony a fizikai működéssel kapcsolatos fogalomszám, az áramköri elemeknél ez éppen fordítva van.

## 5.4. Új összefüggések az elektronikai tananyagban

78 új összefüggést tanulnak meg a tanulók ebben az anyagban. Az összefüggések legnagyobb része (73%, 57 összefüggés) deduktív következtetés révén jelenik meg, definíció szerűen 18 (23%) alkalommal kerül elő, legalacsonyabb az induktív következtetések előfordulása (12%, 10 összefüggés). (Van olyan összefüggés is, amelyet kétféle módon is megközelítenek, ezért lesz a százalékok összege 100-nál több.)

5.4. táblázat. Az új összefüggések bevezetésének módja

Definíció szerűen	Induktív módon	Deduktív módon	Összesen

18	10	57	78
23%	12%	73%	

### Áramköri működési elvek

147 áramkört ismertet a tananyag, ezek 25 áramkör-csoportba rendezhetők. Olyan áramkörök kerülnek azonos csoportba, amelyeket nagyjából közös célra használnak. E szempont alapján egy csoporthoz 1 - 18 számú áramkör fajta sorolódik (átlagosan 5.88).

#### 5.5. táblázat. Az áramkörök száma az egyes áramkör-csoportokban

A csoportba tartozó áramkörök száma:	több mint 10	5 és 10 között	1 és 5 között	összesen
Csoportok	5	7	13	25
Áramkörök száma				147

Fogalmak - összefüggések - áramköri működési elvek közti viszonyok

Ha a tantárgyat heti 3 órában tanítják (tipikus eset), akkor egy tanévben kb. 100 óra tartható.

A fenti adatok alapján egy órára statisztikai átlagban kb. 3 új fogalom, 1.5 áramkör, 0.8 összefüggés jut.

A legtöbb az új fogalmak száma, nagyjából kétszerese az áramkörök számának. Ha a fogalmak közül kivesszük a "megnevezés" kategóriába tartozókat (ezek többsége az áramkörök elnevezése), akkor csak 189 új fogalom marad, közelebb kerül egymáshoz a fogalmak és az áramkörök száma.

A következő két táblázat az áramkör, fogalom, összefüggés, egymáshoz viszonyított arányát mutatja, a 312, illetve a megnevezésekkel csökkentett 189 új fogalom figyelembevételével.

5.6. táblázat. A 312 új fogalom és az áramkörök, illetve összefüggések aránya

Megtanítandó egység	Áramkör	Fogalom	Összefüggés
Áramkör	-	2.12	0.53
Fogalom	0.47	-	0.25
Összefüggés	1.88	4	-

5.7. táblázat. A 189 új fogalom és az áramkörök, illetve összefüggések aránya

Megtanítandó egység	Áramkör	Fogalom	Összefüggés
Áramkör	-	1.27	0.53
Fogalom	0.78	-	0.41
Összefüggés	1.88	2.29	-

Mi olvasható ki az adatokból?

#### **Az áramköri elemekre vonatkozó fogalmi struktúra**

Az áramköri elemekre vonatkozó új fogalmak más struktúrát mutatnak, mint az áramkörökre vonatkozóak. Ha tehát a tanításban (tananyag-kiválasztásban) a hangsúlyt az alkatrészekre tesszük, ez nem pótolja az áramkörök tanítását, hiszen ezeknek is megvan a maguk sajátos fogalomrendszere.

Ha az áramköri elemek tanításában dominálnak a fizikai fogalmak, mint a jelenleg feldolgozott anyagban is látható, akkor ez a rész könnyen fizikai szemléletűvé válik, a tanár, a mérnök szempontjából jól érthető, szépen tanítható tananyag. Azt hihetnénk, hogy a későbbi ismeretszerzést ez a fizikai megközelítésmód segíti leginkább. Kérdés azonban, hogy a szakmai tevékenységekhez valóban ez szükséges-e? A szakképzésben ugyanis az alkalmazási, a felhasználói szemléletnek kell erőteljesebben érvényesülnie, már csak azért is, mert ha valaki az iskolából kikerülve új és új alkatrészekkel fog

találkozni, általában nem a "miként működik", "hogyan gyártják" kérdésekkel szembesül, hanem a "mire használható" kérdésre keresi a választ.

A túlzottan a fizikára építő tárgyalásmód veszélye, hogy megismerési tevékenységben nem kapcsolódik össze a valóságos alkatrész és az azt modellező ideális elem.

### **Az összefüggések tárgyalási módja**

Az összefüggések feldolgozásában csak 10% az induktív következtetések részesedése, feltűnően alacsony arány.

A deduktív következtetés (73%) a jellemző.

Általában az áramkör viselkedésének vizsgálatával kapcsolatban fogalmazódnak meg a szabályok, összefüggések. Az elektrotechnikából ismert hálózati törvények jelentik az általános törvényt, az adott áramköri elrendezés az egyedi eset.

A megközelítési út rokonságot mutat az alkatrészek tárgyalásával, akárcsak ott, itt is az elméleti, a fizikai feldolgozás a tipikus.

Az induktív és deduktív eljárások ismerretelméleti egyenértékűségét egyikük vagy másikuk pedagógiai kedvezményezettsége bírálhatja csak felül. Az elektronikának mint a szakmai tevékenységekre való előkészítés egyik területének inkább az induktív megközelítést kellene preferálnia, de legalább is az egyensúlyt megtartania.

Két következtetéshez juthatunk: először is az elektronika tanulásában a számításon eljárás és a mérés ekvivalenciájának érvényesülnie kell, másrészt az elektronika tanulásának vizsgálatát a képzés mindhárom területére, azaz az elméletre, laboratóriumra és a szakmai gyakorlatra is ki kell terjeszteni, és a tananyag e három területen való elrendezéséből lehet csak igazán áttekinteni, hogy milyen megközelítési módok dominálnak.

## **5.5. Az elmélet, a mérés és a gyakorlat sorrendje**

Az elektronikai szakképzés *három területen* folyik; elméleti órákon, laboratóriumi méréseken és szakmai gyakorlatokon.

A három terület közös célja, hogy a jövőendő szakembert elvégzendő tevékenységeire felkészítse, szakértelmét formálja. Kialakítson egy olyan tudásszerkezetet, amelyben az elektronika különböző megjelenési formái reprezentálódnak és egymást előhívják.

Egy alkatrész neve, rajzképi jelölése, a viselkedést leíró karakterisztikái, maga a valóságos alkatrész, az alkatrész működése, alkalmazási területei, tipikus hibái, az alkatrészen végezhető szerelési és mérési tevékenységek - csak a legfontosabbakat említve - a struktúra elemeit jelentik. A kölcsönös előhívhatóság azt jelenti, hogy pl. az alkatrész jelképi jelölése is felidézi a valóságos alkatrészt, annak tulajdonságait stb., de egy mérési művelet kapcsán is előjönnek az alkatrész működési tulajdonságairól, tipikus hibáiról, az alkatrész szereléséről rögzült ismeretek.

A struktúra elemeinek kialakításában egy-egy területé a főszerep; a szerelésről a legtöbbet a szakmai gyakorlat, a működésről az elmélet tanítja stb. A kapcsolatok kialakítása bonyolultabb feladat, és ebben szerepet játszik az elmélet - mérés - gyakorlat sorrendje is.

Nem csupán arról van szó, hogy a három területen folyó képzés ne legyen egymástól független, hanem arról is, hogy ne csak egy sorrendi elrendezésre épüljön a tananyag feldolgozása, az előhívhatóságot különböző utakon reprezentálja.

A három képzési terület között 6 lehetséges sorrend adódik. (Mindez azokra az esetekre vonatkozik, amikor az egyes területeken azonos témával foglalkoznak, a terület sajátos szempontjai szerint feldolgozva.)

A 6 sorrend: E - M - GY

E - GY - M

M - GY - E

M - E - GY

GY - M - E

GY - E - M

A kiindulási pontul választott Elektronikus áramkörök című tantárgy 4 fontosabb témakörét a híradásipari technikusképzés teljes időtartamában, öt éven keresztül követve megállapítható, hogy a tantervi elrendezés az elmélet elsőbbségét preferálja.

A részletes tananyagelrendezés *ábrája* és a négy fő téma blokksémája a *Függelékben* található.

Egy-egy évben folyhat párhuzamosan elmélet, gyakorlat, mérés, de sokszor elcsúsztatva, amit az előző évben tanultak elméletből azt mérik most. (Például az Impulzustechnika, Logikai áramkörök, Az elektronikus áramkörök, Erősítők témája.)

Tükröződik ebben egy tipikus (tanári) vélemény: a sorrendnek nincs jelentősége, csak egy a fontos, az elmélet előzze meg a mérést. Azaz a tevékenységeket csak úgy lehet elvégezni, ha előre megkaptuk a szükséges ismereteket. A következmény: bármilyen fogalmi struktúrát is építhetünk ki, a gondolkodási műveletek mindig az elméletben szerzett ismeretekből indulnak ki, a felidézések másik úton nehezen mennek végbe.

Tipikus eset: Az Ohm-törvény képletéhez könnyen társul a karakterisztikájának a képe, a mérési eredmények alapján felvett karakterisztikához sokkal nehezebben az Ohm-törvény képlete.

Egyébként a tanulók egy része szívesebben is tanul a gyakorlatot az első helyre tevő sorrendben, az előző fejezetben ismertetett felmérésből is kiderült, hogy léteznek olyan csoportok, amelyeknek a gyakorlati beállítódása erősebb, mint az elméleti. (A négy csoportból kettő ilyen.)

A tanterv egyébként sohasem "tökéletes", mindig vannak olyan témák, amelyek feldolgozása nem elmélettel kezdődik, így a sorrendek változatossága elméleti megfontolás nélkül, külső, a tanártól független kényszerítő körülmények hatására is megvalósul.

A csúcstechnológia olyan munkaerőt igényel, akik egy-egy új feladat megoldásához meg tudják állapítani, hogy milyen információkra (elméleti alapokra) van szükségük, és ezeket önállóan képesek megszerezni és felhasználni.

Az elektronikai képzés sem térhet ki e követelmény elől. A lehetőségek eddig is megvoltak, éppen a feldolgozás sorrendjének alakításában.

A szemléletváltás abban nyilvánul meg, hogy azokat mérési és gyakorlati feladatokat kell megkeresni, amelyek segítségével bizonyos elméleti ismeretekhez eljuthatnak a tanulók, nem pedig azt vizsgálni, hogy milyen elméleti ismeretek szükségesek egy-egy feladat megoldásához.

Változatlanul igaz persze, hogy egyik irányt, sorrendet sem lehet mindenekfelett optimálisnak nyilvánítani, csak arról van szó, hogy túlzottan az elméletre orientált szemléletnek a gyakorlat irányába kell elmozdulnia.

## **5.6. A működési elvek**

A működési elv ismeretében megállapítható, hogy egy egység bemenetére adott jel hatására mi jelenik meg a kimeneten, és végigkövethető a jel útja a bemenettől a kimenetig. A bemenet és a kimenet közti kapcsolatot az elektronikában leggyakrabban *a karakterisztikákkal* adják meg (5.1.ábra.).



### 5.1. ábra. Egy egyszerű karakterisztika: a tranzistor munkaegyenese

A karakterisztikák a függvények grafikus alakjai. Az elektronika függvényeinek az analitikus alakja (képlete) sok esetben nem is adható meg, vagy csak szakaszosan írható le és igen bonyolult.

*Különböző összetettségű egységek működési elveit lehet vizsgálni.*

Az áramköri elemnél az elemen belül követhető a töltéshordozók viselkedése, például elemezhető egy tranzistor félvezető rétegeiben a lyukak és elektronok mozgása. Az áramköri elemek működési elvének megértése fizikai, anyagismereti, gyártástechnológiai ismereteken alapszik.

Az áramkörök működése az áramkört alkotó elemek kapcsolódási pontjain (be- és kimenetein) megjelenő jelek segítségével követhető.

A műszerekben és készülékekben az egymáshoz csatlakozó áramköröknek, a berendezésekben és rendszerekben az összetartozó készülékeknek a bemenetein és kimentein követhető a jel.

A képzés ideje alatt egy adott számú áramkör, modul, egység tanulható meg, egy határon túl a mennyiség nem növelhető. Nem lehet megtanulni a jelenleg ismert összes áramkört sem, nem is beszélve a majd ezután felfedezett, kifejlesztett megoldásokról.

Egy-egy egység tanulásának célja kettős: egyfelől megismerkedni az adott elrendezéssel, másfelől hozzájárulni egy olyan szemléletmód kialakításához, amelyek segítségével az újabb megoldások megérthetőek.

## Áramköri működési elvek

Mint ahogy már ismeretes, az Elektronikus áramkörök tantárgy 147 áramkört mutat be.

A 147 áramkör 25 csoportba rendeződik, a csoportba rendeződés közös tulajdonságokra, célokra utal. A csoportok azonos struktúrával építhetők fel. Adott egy alapkapsolás a kimeneti - bemeneti jellemzőivel, működési elvével. Az alapkapsolás némely tulajdonságát bizonyos felhasználási célok érdekében javítani, változtatni kell, ezért kiegészítő megoldásokkal tovább fejlesztik. Az újabb megoldás nemcsak a javítani kívánt jellemzőkre hat, hanem az összes többire is, hiszen egy rendszerbe történő beavatkozás a rendszer minden specifikációs elemét érintheti. A struktúra nem zárt, az újabb megoldások besorolhatóak a hasonlóságuk alapján. A besorolás az induktív gondolkodásra épül. Klauer definíciója szerint (Klauer 1992) az induktív gondolkodás olyan folyamat, amelynél a szabályosság felfedezését a jellemzők és viszonyok összehasonlítása segíti.

A Klauer-kísérlet (l. előző fejezetet) azt bizonyította, hogy az induktív gondolkodás fejlesztésére a "top down" stratégia alkalmasabb, mint a "bottom up" eljárás.

Nem lehet bízni a tanulóknál spontánul kialakuló alapstruktúrákban. Olyan mintapéldákat, minta-tárgyalásmódot kell kidolgozni, amelyek az alapstruktúrát reprezentálják. Ezek ismeretében a tanulók felismerik az alapstruktúrák különböző konkrét megnyilvánulásait.

Nézzünk egy példát. Az előbb említett 25 elektronikai áramkörcsoportból 6 csoport foglalkozik a kis jelű erősítőtechnikával. (erősítőknek nevezzük azokat az áramköröket, amelyek nagyobb teljesítményt képesek leadni, mint amelyet a meghajtó hálózathoz felvesznek).

*A csoportok:*

- Erősítő alapkapsolások (6)
- RC, RL és transzformátoros csatolású erősítők (8)
- Visszacsatolt erősítők (6)

Láncbakapcsolt erősítők (1)  
 A osztályú teljesítmény-fokozat (2)  
 Ellenütemű teljesítményfokozat (4).

Külön-külön megtanulhatók az egyes részek, csak hogy akkor elsősorban egy képlet, egy szerkesztési eljárás, egy matematikai eljárás rögzül. Megjegyzik a tanulók a visszacsatolás "képletét", a láncbakapcsolt erősítőkhöz a logaritmussal való számolás, rögződik az ellenütemű erősítőkhöz a karakterisztika-szerkesztés bonyolultsága.

Tárgyalhatjuk a témát másképpen is, az erősítők alaptulajdonságaiból kiindulva, minden új megoldást a tulajdonságokat megváltoztató hatásból mérlegelve. Képlete nem visszacsatolásnak van, hanem a visszacsatolás megváltoztatja a fokozat erősítését, és ezt a megváltozott erősítést tudjuk meghatározni egy képlet segítségével. Az erősítők összekapcsolásával az eredő erősítést akarjuk növelni, ennek kiszámításához használjuk a logaritmust, stb.

A fenti tárgyalásmóddal egy ismeretlen áramköri elrendezésnek a megismeréséhez két támpont alakítható ki: 1. milyen alapkapcsoláshoz hasonlít, 2. miben tér el attól, az eltérés hogyan befolyásolja az alapjellemezőket.

Malcolm Plant egyenesen azt állítja, hogy az elektronika "dzsungelében" csak az segít tájékozódni, ha először felfedezzük a hasonlóságokat és aztán a különbségeket (Plant 1988)

A képlet, a logaritmus, a szerkesztés nem különálló (és könnyen elfelejthető) tanulási célként szerepelnek, hanem mint az alapstruktúra kialakításának eszközei.

Az elektronika megszületése óta azzal az igénnyel lép fel, hogy szakemberei képesek legyenek az újonnan kialakított kapcsolásokat meglévő ismeretek rendszerébe elhelyezni. Az ügyesen vagy kevésbé ügyesen összeállított tananyag lehetőséget adott ehhez, de inkább a véletlenül mint a tudatos tanári irányításon múlt, hogy a szükséges alapstruktúra kialakult-e vagy sem.

A módszertan sem adott eléggé hangsúlyt ennek a kérdésnek. A mikroelektronika *funkcionális* jellege - berendezésorientáltsága, felhasználóorientáltsága - , a

felhasználók igényeihez való magasszintű alkalmazkodása az új, egyedi megoldások tömegét hozza létre, az új megoldásokhoz gyors és rugalmas áttekintést igényelve a hozzáértőktől.

Erre kell a oktatónak felkészítenie, és a módszertannak a mikroelektronika *tartalmi* vizsgálatával kell megkeresni azokat a jellemzőket, amelyek az áramkör-csoportokat egységbe fogják, mert "hiába tanítunk egyes izolált témákat és készségeket, ha nem állítjuk őket egy ismeretág szélesebb strukturális összefüggés- hálózatába" (Horváth 1972)

A szélesebb struktúrák felé törekvés tartalmi követelményei mutatkoznak meg olyan tananyagfelépítésben, amelyik a lineáris és visszacsatolt erősítők általános tulajdonságainak részletes bemutatása után az építőköckaként használható műveleti erősítőkkel (integrált áramkör) foglalkozik, és csak ezután kerül sor az egyedi alaktrészekből felépített tranzisztoros erősítő kapcsolások tárgyalására (Hainzmann, Varga, Zoltai 1992).

## 5.7. Fekete doboz (black box) szemlélet

Az áramköri működés szempontjából lényegtelen, hogy az áramköri elem "belül" hogyan működik, csak a bemeneten és kimeneten megjelenő *villamos jelek* a meghatározóak, akár egy dobozba (black box) is zárható (fekete doboznak tekinthető) maga az elem.

A műszerekben az áramkörök szemléltethetők úgy, a berendezésekben, rendszerekben a műszerek.

A hierarchia átjárható rendszert jelöl meg, a berendezések és a műszerek is áramköri elemekből épülnek fel, működésük áramköri szinten is vizsgálható.

Választható olyan tárgyalásmód, hogy valamelyik általánosabb szintről kiindulva, csak a bemeneti-kimeneti jellemzőkkel meghatározott egységekből építkezünk, és így eljutunk egy még általánosabb szintre.

Másik irányt követve általánosabb szintről eljuthatunk áramköri elemhez, az általános funkcióból meghatározva, hogy milyen elemre van szükség.

Kiindulási pont lehet az áramköri elem működése is (a legkevésbé általános szint), így az áramköri elem tulajdonságából kibontva találjuk meg a felhasználhatóságot. Kézenfekvő lenne megállapítani, hogy nincs itt másról szó, mint a két jól ismert ismeretközlési-tanulási útról, az egyszerűtől a bonyolultabb, vagy a bonyolulttól az egyszerűbb felé haladó megismerésről. A maga nemében azonban egy félvezető elem fizikai működése legalább olyan bonyolult, mint egy áramköré, csak az elektronika más fajta mélységét tükrözi.

A hierarchiában a fekete dobozok jelentése más és más (áramköri elem, áramkör, műszer, alrendszer), segítségükkel kezelhetőbbé, áttekinthetőbbé, megjegyezhetővé válik a rendszer.

5.2. *ábra.* Tipikus elektronikus alkatrészek aktív és teljes térfogatának aránya  
(Keonjian 1986, 20lap)

5.3. *ábra.* Elektronikus alkatrészek és áramkörök fajlagos alkatrész-sűrűsége  
(Keonjian 1986, 21. lap)

5.4. *ábra.* Analóg-digitál konverter elve, blokkdiagramja és idődiagramja (Plant 1988, 233-234. lap)



### 5.5. ábra. Elektronikai hierarchia

A *tömbösítés* módszeréről *G. Miller* azt írja, hogy az emberi pszichikum általánosan alkalmazott módszere az információk kezelhetővé tételére (Miller 1964). Az információkat újrakódolva nagyobb, egybeszervezett információ-tömböket kapunk, ebből egy tömb jóval több információt is felölelhet, mint amennyit az eredeti alakú, nem tömbökbe illesztett egységekből kezelni tudnánk. (L. még az első fejezetben.)

A hagyományos elektronika is alkalmazta a tömbösítés "fekete dobozos" módját (négy-pólusok, blokk-séma), de nem tette azt kötelezővé, általánossá. Az oktatás "így is lehet" attitűddel gyarapította az anyagot a fekete doboz- és a négy-pólus-szemlélettel. A mikroelektronika az alkatrészek óriási méretű tömörítésével, "tömbösítésével" megkerülhetelenné, alapvető tárgylási módá teszi ezt a szemléletet.

A módszertannak pedig az információk kódolásának a tömbösítést segítő módjaihoz kell módszertani mintákat kidolgoznia.

A "tömbösítés" pszichikus folyamatával analóg műszaki fejlődési folyamatot, amely miniatürizálási folyamattal is együtt jár, az 5.2, 5.3. és 5.5. *ábra szemlélteti*.

Az egységek megjelenítéséhez az elektronikában vagy a blokksémát használják (a "fekete doboz" ábrákat), vagy az áramköri rajzokat. A működést az idődiagramok teszik szemléletessé, az egység különböző pontjain észlelhető jelek időbeni változását mutatják be (5.4. ábra)

### **Áramköri analízis és black box szemlélet**

Az áramkör működése a black box szemlélet alapján akkor tekinthető ismertnek, ha tudjuk, hogy a bemeneti változások hatására milyen kimeneti változások jönnek létre.

Az áramköri analízissel az is vizsgálható, hogy a doboz belsejében, az áramkör egyes pontjain milyen jelek alakulnak ki (5.6. ábra)..

Az előző esetben a bemeneti - kimeneti jellemzők lemérhetőek, vagy egy gyári katalógusból kiolvashatóak.

Az áramköri analízis végezhető úgy is, hogy az egyes pontokon megmérjük a jeleket, és úgy is, hogy kiszámítjuk őket.

A számítás és a mérés két, az elektronikához tartozó eljárás, segítségükkel információkat nyerhetünk az áramkörrel. Nem a "melyik a jobb" szembeállítás boncolgatása a módszertan feladata, hanem mindkét eljárás sajátosságainak feltárása, mert az újabb megoldások megismeréséhez mindkettő biztos használata jelenti a támpontot.

5.6. *ábra* . Egy "doboz" (alul) és a belseje, a megfelelő áramkör (felül) (Hainzmann, Varga, Zoltai 1992, 481.lap)

(Gyakran előfordul, hogy egy áramkört vizsgálva csak a változások tendenciáját állapítjuk meg: nő, csökken, változatlan, és nem mélyedünk el a pontos eredmények meghatározásában.) Ha ténylegesen van lehetőség a számítás és a mérés elvégzésére is, akkor nem egy tantárgyat kiemelve, hanem a teljes elektronikai tananyag elrendezésének ismeretében lehet a választásról dönteni.

A mikroelektronika leszűkítette az áramköri analízis lehetőségeit, mert a valóságos technikai megoldások megváltoztak.

## 5.8. Valóságos technikai megoldások

20-30 évvel ezelőtt, amikor a tranzistorok már szerepeltek a tananyagban, senki sem gondolt arra, hogy a tranzistorok tervezését tanítsa (az egyetemi képzésben sem), ez a gyártó cégek "kapun belüli" feladata volt. Az egyedi alkatrészekből felépített áramkör tervezése pedig mérnöki feladatkör volt, az egyetemi tanulmányok tárgya.

A középfokú szakembereknek nem voltak (és nincsenek) ilyen feladatai, az áramkörök működését kellett ismernie, erre alapozódtak tevékenységei (áramkörépítés, bemérés, üzemeltetés, hibakeresés, javítás). Csak a működés jobb megértésének segítésére oldottak meg a képzés során méretezési feladatokat.

A mikroelektronika, az egyre nagyobb bonyolultságú integrált áramkörök új helyzetet teremtettek. Az integrált áramkörök már *nem voltak további részekre bonthatóak*, az elektronika hierarchiájában az alkatrészek, áramköri elemek közé kerültek át. Nincs már lehetőség (szükség sem arra), hogy a jel útját az áramkörön belül vizsgáljuk. Az 5.7. ábra az elektronikus alkatrészek arányának változását mutatja a hagyományos és az új termékszerkezetben. A 5.8. ábrán a nagyintegráltságú áramkörök csoportosítása látható.

Ahogy a tranzistorok tervezése, úgy az integrált áramkörök, mikroprocesszorok tervezése is a cégek belső feladatává vált. A felhasználóknak a működési elvek ismeretére csak a fekete doboz szinten van szüksége. A "fekete dobozokat" igyekeznek minél sokoldalúbbá tenni, olyan hardver elemekké válnak, melyek alkalmazását nem a belső működési elvek, hanem a működtető felhasználói szoftverek szabják meg.

5.7. *ábra.* Az elektronikus alkatrészek integráltságának növekedése (Lamborghini 1984, 119.lap)

5.8. *ábra.* Nagyintegráltságú áramkörök csoportosítása (Hainzmann, Varga, Zoltai 1992, 585.lap)

Mit lát ebből az oktatás? Azokon a fázisokon keresztül kell-e a tananyagban eljutni a mikroelektronikai alkatrészekhez (IC, mikroprocesszor), mint amilyen fokozatokon az elektronika fejlődése végbement? Azaz csak az elektroncsöves, tranzisztros áramkörök megértése után foglalkozni az újjal, a hagyományokhoz hûen az alkatrészek, áramköri elemek fizikai mûködéséből kiindulva felépíteni az elektronikai ismereteket?

Vagy, és ez a nagy változás, az újjal kezdeni, a "fekete dobozokat" egymáshoz kapcsolni, és csak a felhasználás különböző módjainak ismeretében, mintegy illusztrációként foglalkozni a fizikai működéssel?

A hagyományos elektronikai tananyagban is benne volt a két megközelítés lehetősége - ez az előző oldalakon a fogalmak, összefüggések, működési elvek, a tananyag-elrendezésben rejlő sorrendi lehetőségek áttekintésével kiderült - de az elméleti megközelítés nagyobb hangsúlyt kapott.

A mikroelektronika megjelenésére a képzés először csak a tananyag kiegészítésével reagált, az új struktúra kialakulását az alkalmazások irányából való megközelítés jelenti.

Az előző az absztrakt elméleti összefüggések segítségével létrehozott fizikai és matematikai modellek felhasználásával közelített a valóságos technikai megoldásokhoz, az új a technikai megoldásból indul ki, és csak annyi modellt hív segítségül, amennyi az alkalmazásokban való biztonságos tájékozódáshoz szükséges.

A biztonságos tájékozódás segédeszközeinek kezelését kell megtanulni. A segédeszközök fogják egybe az elméleti összefüggéseket, modelleket, valóságos alkatrészeket reprezentáló fogalmi struktúrát, mert használatuk építi ki azoknak a gondolkodási műveleteknek struktúráját, amelyik a fogalmak egymáshoz kapcsolását lehetővé teszik.

A tanári szakértelemmel, a tanári tevékenységgel szemben megfogalmazott követelményekben a hangsúly a tanulási képesség fejlesztése felé tolódik. Az elektronika módszertani megújulásának - *paradigmaváltásának* - útjait vizsgálva bebizonyítódott, hogy csak a tartalmi összefüggések, tartalmi struktúrák elemzésén alapuló megfontolások segíthetnek ebben.