

## LABORATÓRIUMI GYAKORLATOK A MÉRNÖK-INFORMATIKUS OKTATÁSBAN

### LABORATORY PRACTICALS IN ENGINEERING INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION

Mingesz Róbert<sup>1</sup>, Gingl Zoltán<sup>2</sup>, Makra Péter<sup>3</sup>, Kocsis Péter<sup>4</sup>, Mellár János<sup>5</sup>

**Összefoglaló:** Az egyetemeken hagyományosan túlsúlyban van az előadásokon alapuló elméleti oktatás, és bár ez az elméleti tudás alapvetően szükséges az ismeretek elsajátításához és alkalmazásához, a hallgatók sokszor nem érzik a fontosságát, nem feltétlenül tudják a gyakorlatban alkalmazni és a motiváltságuk is alacsony. A visszajelzések alapján a hallgatók szeretik a kézzelfogható dolgokat, szívesen kísérleteznek, és örömmel tölti el őket, hogy ha azt látják, hogy a munkájuk eredménye működik. Éppen ezért, úgy döntöttünk, hogy a mérnök-informatikus képzésben jelentősen növeljük a laboratóriumi gyakorlatok arányát, éspedig számolási gyakorlat helyett labort alkalmazunk az *Elektronika és Digitális technika* tárgyak, valamint a *Mérés és adatgyűjtés* tárgy oktatásában. A laboratóriumi gyakorlatok során segíthetünk elmélyíteni a hallgatók elméleti tudását, valamint a hallgatók olyan készségekre tehetnek szert, melyek segítenek megérteni és alkalmazni is a tanultakat. A laboratóriumi gyakorlatok egyik hátránya, hogy jelentősen több erőforrást igényelnek. Ugyanakkor a felhasznált eszközök költségét nagymértékben lehet csökkenteni azok megfelelő megválasztásával. A következőkben bemutatjuk a kialakított elektronikai és digitális elektronikai laboratóriumi gyakorlatokat, valamint azt is, hogy milyen eszközöket szereztünk be vagy építettünk meg ahhoz, hogy a gyakorlatok megtartása gördülékeny legyen.

**Kulcsszavak:** elektronika, digitális elektronika, laboratóriumi gyakorlat, műszerek.

**Abstract:** Lecture-based, theory-orientated teaching traditionally dominates university education, and though theoretical knowledge is essential for acquiring and using new skills, students are often not aware of its importance, lack the ability to apply it in practice and their level of motivation is low. On the basis of their feedback, students like tangible things, they are willing to experiment and they find pleasure in seeing the fruits of their labours actually work. For these reasons, we have decided to increase the weight of laboratory activity in engineering information technology education, namely, to have laboratory practicals in the courses *Electronics, Digital engineering* and *Measurement and data acquisition* instead of traditional calculation practices. In laboratory practicals, not only do students improve their theoretical knowledge but they also acquire practical skills in applying it, deepening their understanding of the theory in turn. One of the disadvantages of laboratory practicals is that they require significantly more resources. Yet the expense of furnishing a laboratory can significantly be reduced by the right choice of instruments. In what follows, we shall introduce the electronics and digital electronics laboratory courses we have developed and show what instruments we have purchased or built to ensure seamless laboratory activity.

**Keywords:** electronics, digital electronics, laboratory practicals, instruments.

## 1. Bevezetés

Míg egyre több fórumon merül fel, hogy a természettudományos és műszaki képzés alapvető fontosságú a társadalom fejlődése szempontjából, ez nem feltétlenül tükröződik a természettudományos és műszaki képzésre jelentkező hallgatók számában és felkészültségében. A mérnök-informatikus szak esetén – bár a középiskolából elegendő számú hallgató jelentkezik –, a lemorzsolódás következtében a végző hallgatók száma nem kielégítő. Természetesen felmerül a

---

<sup>1</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, [mingesz@inf.u-szeged.hu](mailto:mingesz@inf.u-szeged.hu)

<sup>2</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, [gingl@inf.u-szeged.hu](mailto:gingl@inf.u-szeged.hu)

<sup>3</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, [phil@titan.physx.u-szeged.hu](mailto:phil@titan.physx.u-szeged.hu)

<sup>4</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, [pkocsis@math.u-szeged.hu](mailto:pkocsis@math.u-szeged.hu)

<sup>5</sup> Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, [mellar@inf.u-szeged.hu](mailto:mellar@inf.u-szeged.hu)

kérdés: mi okozza ezt, hogyan lehetne ezen változtatni? A jelentkező hallgatók felkészültségét meghatározza a középiskolai oktatás színvonala, de az is, hogy milyen híre van az adott szaknak, mennyire érzik úgy a hallgatók, hogy az itt kapott tudás érdekes és a későbbiekben számukra hasznos lesz. Egy másik tényező, ami a hallgatók eredményességét befolyásolja, az a képzésnek a szerkezete.

Habár számos oktatási modellt alkalmaznak sikeresen a mind az általános, mind a középiskolai oktatásban (High Level Group on Science Education 2007; Nagy 2010), az egyetemeken túlsúlyban van az előadásokon alapuló elméleti oktatás. Miközben ez az elméleti tudás alapvetően szükséges az ismeretek elsajátításához és alkalmazásához, a hallgatók sokszor nem érzik a fontosságát, nem látják, hogy ezeket hol hasznosíthatnák, és, sokszor nem is tudják a gyakorlatban alkalmazni. Emiatt alacsony a motiváltságuk, nem járnak be az órákra, passzívak, a számonkéréseket pedig igyekeznek a legkisebb energiabefektetéssel megúszni. Ez az általános hangulat pedig még a legjobb hallgatókra is negatív hatással lehet. Eközben viszont azt is észrevehetjük, hogy a legtöbb hallgató megfelelő tudást szeretne szerezni, fel lehet kelteni érdeklődését, motiválható, és szívesen tanul, ha közvetlenebbül látja ennek eredményét. A visszajelzések alapján a hallgatók szeretik a kézzelfogható dolgokat, szívesen kísérleteznek, és örömmel tölti el őket, hogy ha azt látják, hogy a munkájuk eredménye működik. Éppen ezért, úgy döntöttünk, hogy a mérnök-informatikus képzésben jelentősen növeljük a laboratóriumi gyakorlatok arányát, és pedig számolási gyakorlat helyett labort alkalmazunk az *Elektronika és Digitális technika* tárgyak, valamint a *Mérés és adatgyűjtés* tárgy oktatásában.

Ugyan egy laboratóriumi óra alatt nyilvánvalóan lényegesen kevesebb tárgyi tudást lehet átadni egy hallgatónak, az mégis segít az elméleti tudás elmélyítésében. A hallgatók olyan készségekre tehetnek szert, melyek segítenek megérteni és alkalmazni is a tanultakat. Mivel a műszaki életben az elérhető eszközök és módszerek gyorsan változnak, ugyanakkor az információ egyre könnyebben hozzáférhető, egyre fontosabb az, hogy a hallgató szükség esetén gyorsan meg tudja találni a szükséges információkat, és azokat alkalmazni is tudja, valamint képes legyen arra, hogy a nehézségeket, problémákat azonosítsa, és azokat megoldja.

A laboratóriumi gyakorlatokat úgy alakítottuk ki, hogy azok a legjobban kiegészítsék az elméleti órákat, és a legtöbb pluszt adják a hallgatónak. Egyrészt, egy számolási gyakorlattal szemben, a hallgatók nem lehetnek passzívak, sokkal önállóbban kell a feladatokat megoldaniuk. A hallgatók párokban dolgozhatnak, így az együttműködést is gyakorolhatják, megoszthatják a feladatokat, és ha véletlenül megakadnak, együtt könnyebben megtalálják a kiutat. A tananyag olyan problémákba van beágyazva, melyek a hallgatók számára általában kihívást jelentenek. A megoldáshoz szükséges információk egy részét maguknak kell megszerezni, és sokszor némi kreativitást, logikát is igényel az adott feladat elvégzése. A feladat fáradságos elvégzése végén pedig ott van a jutalom: egy működő kapcsolat. Mivel az egyes hallgatók különböző felkészültséggel érkeznek a laboratóriumi gyakorlatra, a feladatok egy része szorgalmi feladat, ami leköti a jobban haladó párokat. Megfigyeltük, hogy a párok között sokszor versengés is kialakul, hogy ki szerez több pontot, még akkor is, hogy ha ez a többpontmennyiség az érdemjegyben már nem jelentkezik.

A laboratóriumi gyakorlatok egyik hátránya, hogy jelentősen több erőforrást igényelnek. Mivel, csak kis csoportokban lehet végezni az oktatást, a kurzusok oktatásütszükséglete eléri, vagy meghaladja a számolási gyakorlatokét. Az oktatók munkáját azzal tudjuk könnyíteni, hogy egy időben minden hallgató ugyanazt a gyakorlatot hajtja végre. Ennek a megoldásnak az is az előnye, hogy az egyes gyakorlatok egymáson alapulhatnak. A laboratóriumi kurzusok eszközeinek költségét nagymértékben lehet csökkenteni az eszközök megfelelő megválasztásával. A következőkben bemutatjuk a kialakított elektronikai és digitális elektronikai laboratóriumi gyakorlatokat, valamint azt is, hogy milyen eszközöket szereztünk be vagy építettünk meg ahhoz, hogy a gyakorlatok megtartása gördülékeny legyen, a hallgatók megfelelő gyakorlati tudásra tehessenek szert.

## 2. Elektronikai laboratóriumi gyakorlatok

Az elektronikai laboratóriumi gyakorlatok célja a diszkrét és analóg elektronikai ismeretek elmélyítése, valamint az elektronikában használt műszerek kezelésének megtanulása. A kurzusra másodéves Molekuláris bionika BSc és Mérnök-informatikus BSc valamint harmadéves Fizika BSc szakos hallgatók járhatnak. A kurzusnak van egy saját honlapja (<http://www.noise.physx.u->

[szeged.hu/Education/ELabor/](http://szeged.hu/Education/ELabor/)), ahol a hallgatók az összes lényeges információt megtalálhatják: a szabályzatokat, a feladatlapokat, a feladatokhoz tartozó elméleti leírásokat, valamint a nagyobb műszerek leírását is.

A gyakorlatra a hallgatóknak előzetesen fel kell készülni a kiadott irodalom alapján, ezt véletlenszerűen ellenőrizhetjük is rövid írásbeli dolgozattal. Az előzetes felkészülés során ismerkedhetnek meg a szükséges elméleti háttérrel, valamint megismerik az aktuális gyakorlat feladatsorát. Ez alapján a szorgalmasabb hallgatók meg is tervezhetik a gyakorlat végrehajtásának a menetét. Minden gyakorlat elején egy további tájékoztatást is tartunk, ahol röviden összefoglaljuk az elméletet, valamint felhívjuk a hallgatók figyelmét a leggyakrabban előforduló problémákra. Erre az ad lehetőséget, hogy az összes páros ugyanazt a gyakorlatot végzi. Magukat a feladatokat ezek után a párban dolgozó hallgatók önállóan végzik el. Természetesen bármikor igényelhetnek segítséget, azonban ezt igyekszünk úgy megadni, hogy rávezetjük a hallgatókat a helyes megoldásra.

A gyakorlatot követően minden egyes párosnak egy darab elektronikus jegyzőkönyvet kell elkészítenie és azt e-mailben elküldenie négy napon belül. A tapasztalatok szerint, ha ennyi idő alatt nem adják be a jegyzőkönyvet, akkor annak elkészítése már jelentős nehézséget okoz a hallgatóknak, mivel már nem emlékeznek a mérésre. A jegyzőkönyvek készítésére számos, ingyenesen is elérhető szoftvert ajánlunk a kurzus honlapján. Nem kötjük meg, hogy melyeket használják, az egyetlen köztéttség, hogy a beküldött fájl pdf formátumú legyen. A jegyzőkönyvek javítása is elektronikusan történik, az ingyenesen elérhető PDFExchangeViewer program segítségével, a kijavított jegyzőkönyveket a hallgatók megkapják.

## 2.1. Felhasznált eszközök, műszerek

Mivel minden egyes hallgató egy időben végzi ugyanazt a gyakorlatot, ezért minden egyes műszerből annyi példányra van szükség, ahány mérőhely van. Mivel a hallgatók párosával dolgoznak, kétszer annyi hallgató fér el egy alkalmon, mint ahány mérőhely van. A felhasznált eszközök az 1. táblázatban vannak felsorolva.

1. táblázat – Az elektronika laboron felhasznált eszközök (mérőhelyenként)

Eszköz megnevezése	Vásárolt/saját készítésű	Költség (becsült)
3 db multiméter	Vásárolt	5 000-15 000 Ft/db
Oscilloszkóp	Vásárolt	70 000 – 250 000 Ft
Tápegység	Saját készítésű	30 000 Ft
Jelgenerátor	Saját készítésű	60 000 Ft
Analóg kísérletező panel	Saját készítésű	10 000 Ft
Műveleti erősítés kísérletező panel	Saját készítésű	10 000 Ft
Középleágazású transzformátor	Saját készítésű	8 000 Ft
Alkatrészecskék	Vásárolt/saját készítésű	20 000 Ft
Mérővezetékek	Vásárolt/saját készítésű	10 000 Ft

### 2.1.1. Tápegység

Mivel a kereskedelemben nem találtunk olyan tápegységet, amely a gyakorlatsor összes igényét kielégítette volna, úgy döntöttünk, hogy saját tápegységet készítünk.

A tápegység kimenetei:

- + 5 V, 1 A
- + 12 V, 1 A
- – 12 V, 1 A
- Két, potencióméterrel szabályozható kimenet. A kimenő feszültségtartomány külön-külön egy-egy kapcsolóval választható ki. ( $\pm 10$  V /  $\pm 1$  V /  $\pm 0,1$  V, 20 mA)

A tápegység összes kimenete rövidzárvédett.

### 2.1.2. Jelgenerátor

Egy mikrovezérlő alapú jelgenerátort fejlesztettünk ki, kifejezetten a labor igényeihez igazítva. A jelgenerátor tulajdonságai:

- DDS alapú jelgenerálás
- Szinusz-, négyszög- és háromszögkimenet
- Szabályozható amplitúdó, ofszet
- Többféle módon szabályozható frekvencia: lineáris, folytonos, megadott lépésköz
- Vektorvoltmérő üzemmód, amplitúdó, fázisszög, erősítés mérése két bemenet között.

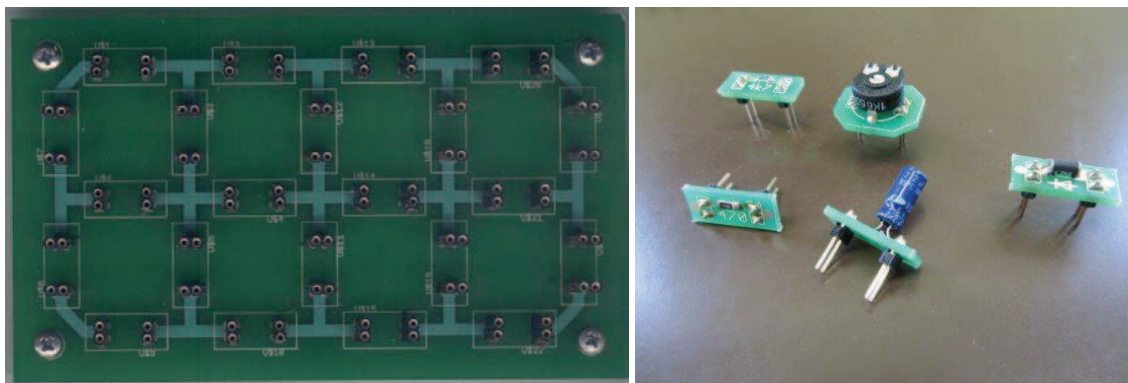
A mérés a megfelelő Fourier-komponens számolásával történik, szinkronban a gerjesztéssel.



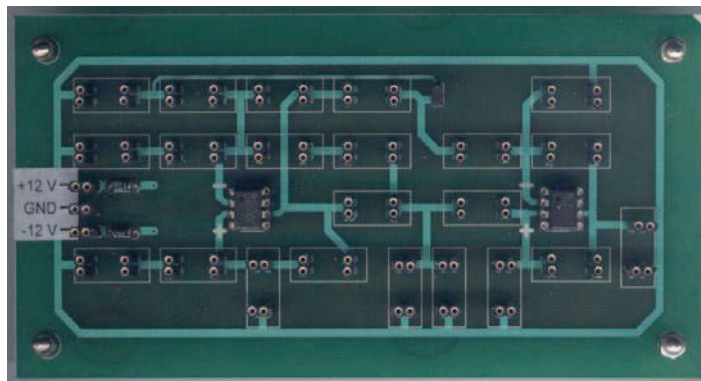
1. ábra - A tápegység (balra) és a jelgenerátor (jobbra). Mind a tápegységet, mind a jelgenerátort hallgatók terveztek és szerelték össze, a laboratóriumi gyakorlatok igényeit figyelembe véve.

### 2.1.3. Analóg kísérletező panel

Az a panel, melyen a kapcsolások meg vannak valósítva, alapvetően meghatározza azt, hogy milyen könnyen, mennyire átláthatóan lehet megvalósítani a kapcsolásokat. Számos lehetőséget átgondolva, mi végül a 2. ábrán látható eszközt valósítottuk meg. Mind a panelt, mind a bele való alkatrészeket könnyű legyártani. E mellett a gyakorlaton előforduló kapcsolások többségét jól átláthatóan meg lehet valósítani. A műveleti erősítőket felhasználó kapcsolásokhoz egy külön panelt terveztünk, ez a 3. ábrán látható.



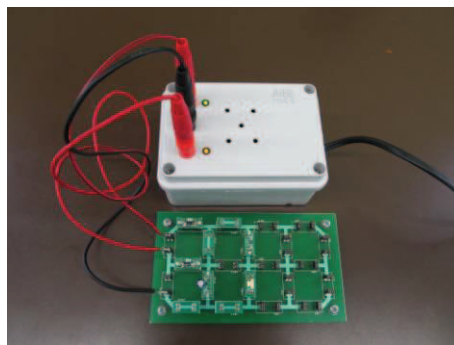
2. ábra - Az analóg kísérletező panel (balra) és a bele való alkatrészek (jobbra). Az alkatrész mellett szereplő feliratok segítik a könnyű azonosítást.



**3. ábra - A műveleti erősítőket tartalmazó kísérletező panel. Az erősítők tápellátása és a hidegítés a hátoldalon van. Erre felhívjuk a hallgatók figyelmét.**

#### 2.1.4. Középleágazású transzformátor

Két gyakorlat szól a tápegységek megvalósításáról, az ehhez szükséges transzformátort a 4. ábrán mutatjuk be. A transzformátor középleágazású, 2 darab 9 V-os, 100 mA-es ággal rendelkezik. Mindkét kimenet regenerálódó biztosítékkal védve van, egy-egy LED jelzi, hogy ha az adott kimenet normálisan működik.



**4. ábra - A transzformátor segítségével megvalósított kétutas egyenirányítás**

## 2.2. Feladatsorok

Az egymás után következő gyakorlatokat úgy választottuk meg, hogy azok egymásra épüljenek. A gyakorlatok listája:

- Lineáris hálózatok I.
- Lineáris hálózatok II.
- Oszcilloszkópos mérések
- Integráló és differenciáló áramkörök
- Összetett szűrőkörök
- Tranzisztoros erősítő
- Téreffektusos tranzisztorok
- Hálózati tápegységek I.
- Hálózati tápegységek II.
- Ismerkedés a műveleti erősítővel
- Műveleti erősítők alkalmazásai

A Lineáris hálózatok I és II. alatt a hallgatók gyakorlatot szereznek az elektronikában előforduló egyszerű számolások körében. Megtanulják az előjelek és körüljárási irányok helyes jelentését. Emellett elsajátítják a multiméterek használatát.

Az oszcilloszkóp egy alapvető műszer az elektronikában, kezelésének elsajátítására egy külön gyakorlatot szenteltünk. Ez alatt megtanulják, hogyan lehet úgy beállítani, hogy egyáltalán lássanak

valamit, valamint megérthetik a triggeráramkör szerepét és működését. E mellett különböző méréseket is végeznek az oszcilloszkóp segítségével. Az oszcilloszkópot ez után több további gyakorlat során is használni kell, így egyre magabiztosabban tudják használni.

A hálózati tápegységek I és II. alatt a hallgatóknak egyre több kreativitásra van szükségük. A végső, teljes kapcsolási rajz itt már nincs megadva, azt a hallgatóknak kell megtervezni. Ezt követően sem a kapcsolat megvalósítása, sem a mérőpontok elhelyezése sem magától értetődő. Hasonlóképpen a műveleti erősítős kapcsolások is komoly tervezőmunkát igényelnek.

### 3. Digitális laboratóriumi gyakorlatok

A *Digitális laboratóriumi gyakorlatok* célja a digitális elektronika alapjainak elmélyítése, jártasság szerzése az áramkörök tervezésében, megvalósításában, valamint a hibakeresésben. A kurzusra azok a hallgatók járhatnak, akik az *Elektronika laboratóriumi gyakorlatot* teljesítették. A két kurzus teljesítésének feltételei lényegében megegyeznek. A kurzus honlapja: <http://www.noise.physx.u-szeged.hu/Education/DLabor/>.

Lényeges különbség, hogy míg az elektronika laboratórium alatt a kapcsolási rajzok lényegében meg voltak adva, addig a digitális gyakorlat során az összes kapcsolást a hallgatóknak kell megtervezniük. Először egyszerűbbeket, majd ahogy haladunk előre a félév során egyre összetettebb áramköröket kell megtervezni. A megvalósítás során is sokkal több lehetőség van a hibák elkövetésére. Mivel a hibakeresés ilyenkor rengeteg időt vihet el, a hallgatók megtanulják, hogy érdemes jobban odafigyelni már az elején is.

#### 3.1. Felhasznált eszközök, műszerek

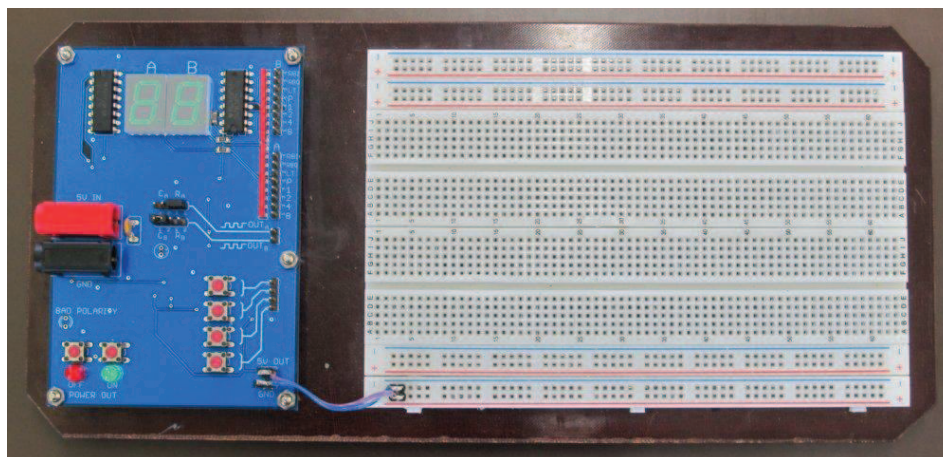
A két laboratóriumi gyakorlat által felhasznált eszközök között jelentős átfedés van, a digitális laboron felhasznált eszközök a 2. táblázatban vannak felsorolva

2. táblázat – A digitális laboron felhasznált eszközök (mérőhelyenként)

Eszköz megnevezése	Vásárolt/saját készítésű	Költség (becsült)
3 db multiméter	Vásárolt	5 000-15 000 Ft/db
Oscilloszkóp	Vásárolt	70 000 – 250 000 Ft
Tápegység	Saját készítésű	30 000 Ft
Jelgenerátor	Saját készítésű	60 000 Ft
Protoboard	Vásárolt	10 000 Ft
Kiegészítő panel	Saját készítésű	10 000 Ft
Léptetőmotor	Saját készítésű	8 000 Ft
Alkatrészek	Vásárolt/saját készítésű	20 000 Ft
Mérővezetékek	Vásárolt/saját készítésű	10 000 Ft

##### 3.1.1. Protoboard

Mivel a labor gyakorlatok során változatos kapcsolásokat kell összerakni számos integrált áramkör segítségével, arra jutottunk, hogy az áramkörök összeszerelésére a protoboardnak nevezett eszköz lesz a legmegfelelőbb. Elegendően rugalmas ahhoz, hogy minden kapcsolást össze lehessen rakni, és könnyű kezelni. A szabadság viszont hátrány is: a hallgatóknak a hibák létrehozásában is teljes szabadságuk van, ráadásul a vezetékrengeteg miatt a hibakeresés is körülményes. További hátrány, hogy a paneleket rendszeresen cserélni kell, hogy a megbízhatóságuk ne csökkenjen.



5. ábra - A kiegészítő panel (balra) és a protoboard

### 3.1.2. Kiegészítő panel

A protoboardon létrehozott hibák egy részénél (pl. nem megfelelő tápfeszültség, rövidzárlat) nem csak a felhasznált áramkör hibásodhat meg, de a hőfejlődés miatt a protoboard is károsodhat. Mivel a tápegység áramkorlátja nem elég alacsony ahhoz, hogy ezt kivédje, egy külön áramkört terveztünk, mely túláram esetén azonnal lekapcsolja a feszültséget az áramkörörről. A panelre további kiegészítő áramköröket is terveztünk, melyek segítik az áramkörök összerakását:

- 2 darab hétszegmenses kijelző BCD-bemenettel
- 4 darab pergésmentesített nyomógomb
- 2 darab négyszögjel-generátor

### 3.2. Feladatsorok

Ahogy az elektronika labor esetén, itt is egymásra épülnek a gyakorlatok. Ráadásul a gyakorlatok nehézsége, összetettsége is folyamatosan növekszik a félév során, pont olyan mértékben, hogy állandó kihívást jelentsenek a hallgatók számára. A feladatsorok listája:

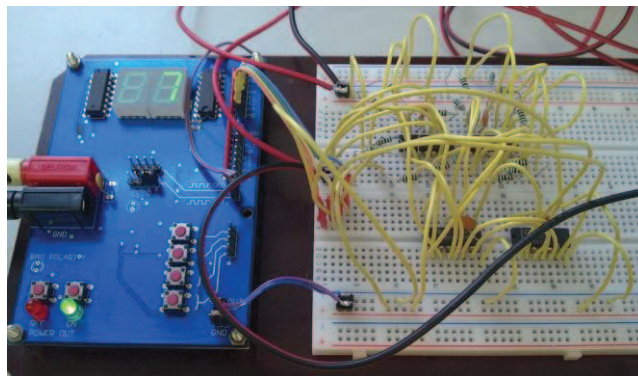
- Logikai kapuk vizsgálata
- Kombinációs hálózatok I.
- Kombinációs hálózatok II.
- NE555
- Szekvenciális hálózatok I.
- Jelzőlámpa és dobókocka
- D/A-konverterek
- A/D-konverter
- Léptetőmotor
- Kicsi kapcsolások (Kétszínű LED, Reed-relé, fotokapu)
- Feszültségvezérelt oszcillátor

A félév elején a hallgatók megismerkednek a logikai kapuk működésével, valamint gyakorlatot szereznek a logikai függvények kezelésében, egyszerűsítésében és megvalósításában. E mellett megtanulják, hogy milyen kiegészítő elemek szükségesek ahhoz, hogy az áramkörök helyesen működjenek, például felhúzó ellenállások, hidegítő kondenzátorok...

Az NE555 egy olyan univerzális áramkör, melyet általában nem tanulnak az előadás alatt, ugyanakkor számos áramkörben elterjedten használják. Érdekessége még, hogy ez egy kevert jelű áramkör, egyszerre vannak benne jelen analóg és digitális jelek is.

Sorrendi hálózatok megvalósítása során alkalmazzák az eddigi tudásukat, és megértik ezen hálózatok működését.

Az A/D- és D/A-konverterek alapvető fontosságúak a mérés technikában. Ezen gyakorlatok alatt a hallgatók fizikailag megvalósíthatják ezeket a konvertereket, így a működésük alapjait megérthetik.



6. ábra - A hallgatók által létrehozott 3 bites A/D-konverter

#### 4. Összefoglalás

A korábbiakban két laboratóriumi kurzust és a hozzájuk készített eszközöket mutattuk be. Röviden összefoglalnánk a tapasztalatokat.

A pármunka során a hallgatók többsége hatékonyabban tudta megoldani a feladatokat, mintha egyedül dolgoztak volna. A munkát is legtöbbször igazságosan osztották el egymás között, arra figyelve, hogy rendszeresen cserélődjenek a szerepek.

Bár a hallgatók különböző háttérrel, felkészültséggel érkeztek, különösebb gond nem volt a kurzusok teljesítésével, mind a feladatokat jó arányban meg tudták oldani, mind a jegyzőkönyvek színvonala is megfelelt a kívánalmaknak.

A *Digitális laboratóriumi gyakorlatok* alatt hasonlóak a tapasztalatok. Mivel azonban itt több szabadságuk volt az áramkörök megtervezésében, összeállításában, sokkal több hibát követtek el. Ahhoz, hogy ezek számát csökkenthessük, mindenképp szükséges, hogy az órák elején átismételjük a legfontosabb lépéseket, és számba vegyük az általános hibákat. A gyakorlatok során hallgatók azt is megtapasztalhatják, hogy hidegítés nélkül, vagy bemeneteket szabadon hagyva (lebegő bemenetek) az áramkörök hibásan fognak működni. Tapasztalataink alapján, bár a gyakorlatok során igen bonyolult áramköröket kell megvalósítani (a 6. ábrán lévónél is bonyolultabbakat), a hallgatók többsége képes volt megépíteni őket, és ezzel jelentős sikerélményekhez jutottak.

Jelenleg a *Mérés és adatgyűjtés* laboratóriumi gyakorlatot tervezzük, ahol a Mérnök-informatikus szakos hallgatók megismerkedhetnek a LabVIEW programozási környezettel, valamint azzal, hogy hogyan lehet segítségével méréseket vezérelni.

#### Irodalomjegyzék

High Level Group on Science Education (2007): Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe. European Commission. Elérhető:

<http://www.eesc.europa.eu/resources/docs/rapportocardfinal.pdf>. Megtekintve: 2011. 06. 28.

Nagy Lászlóné (2010), A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása, *Iskolakultúra* 2010/12:31-51

PDFExchangeViewer, elérhető: <http://www.tracker-software.com/product/pdf-xchange-viewer>. Megtekintve: 2011. 06. 28