



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

# Megbízható kommunikációs kapcsolattal rendelkező földi irányító állomás fejlesztése UAV-hoz

SZAKDOLGOZAT

*Készítette*  
Böjti Paszkál

*Konzulensek*  
Vörös András, Dr. Bartha Tamás

2013. október 27.

# Tartalomjegyzék

<b>Kivonat</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Bevezető</b>	<b>6</b>
<b>1. 2.</b>	<b>7</b>
1.1. A dolgozat kimérete . . . . .	7
<b>2. 1. fejezet</b>	<b>8</b>
2.1. A szerkesztéshez használatos, Windows alapú eszközök . . . . .	8
2.2. Motiváció . . . . .	8
2.3. UAV . . . . .	8
2.3.1. UCAV . . . . .	9
2.3.2. Csoportosítás . . . . .	9
2.3.3. Felhasználási területek . . . . .	9
2.3.4. Hosszú repülés . . . . .	10
2.4. Földi állomás . . . . .	10
2.4.1. Hordozható . . . . .	10
2.4.2. Komplex . . . . .	10
2.4.3. Kompatibilitás . . . . .	10
2.4.4. Megoldások . . . . .	11
2.5. Repülőgép kialakítása . . . . .	14
2.6. Saját implementáció . . . . .	16
2.6.1. RS232 . . . . .	16
2.6.2. Sebesség . . . . .	18
2.6.3. Irány . . . . .	18
2.6.4. GUI . . . . .	19
<b>3. 3</b>	<b>20</b>
3.1. Címkék és hivatkozások . . . . .	20
3.2. Ábrák és táblázatok . . . . .	21
3.3. Felsorolások és listák . . . . .	22
3.4. Képletek . . . . .	23

3.5. Irodalmi hivatkozások	24
3.6. A dolgozat szerkezete és a forrásfájlok	27
3.7. Alapadatok megadása	28
3.8. Új fejezet írása	28
<b>Függelék</b>	<b>30</b>
F.1. A TeXnicCenter felülete	30
F.2. Válasz az „Élet, a világmindenség, meg minden” kérdésére	31

## HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott *Böjti Paszkál*, szigorló hallgató kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, csak a megadott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel. minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait (Böjti Paszkál, Megbízható kommunikációs kapcsolattal rendelkező földi irányító állomás fejlesztése UAV-hoz, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, 2013, Vörös András, Dr. Bartha Tamás) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hállózatán keresztül (vagy autentikált felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervezet esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Budapest, 2013. október 27.

---

*Böjti Paszkál*  
hallgató

# Kivonat

Jelen dokumentum egy diplomaterv sablon, amely formai keretet ad a BME Villamos-mérnöki és Informatikai Karán végző hallgatók által elkészítendő szakdolgozatnak és diplomatervnek. A sablon használata opcionális. Ez a sablon L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X alapú, a *TeXLive* T<sub>E</sub>X-implementációval és a PDF-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X fordítóval működőképes.

# Abstract

This document is a L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-based skeleton for BSc/MSc theses of students at the Electrical Engineering and Informatics Faculty, Budapest University of Technology and Economics. The usage of this skeleton is optional. It has been tested with the *TeXLive* T<sub>E</sub>X implementation, and it requires the PDF-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X compiler.

# Bevezető

Napjainkban egyre nagyobb teret hódít a pilóta nélküli légi járművek alkalmazása. Az 1960-as években a hadszíntéren jelentek meg először, ahol megfigyelésre, felderítésre, olyan feladatokra használták, ahol kockázatos lett volna emberi életet veszélyeztetni. Az utóbbi években praktikussága, alacsony üzemeltetési költségei miatt más területeken is hasznosnak bizonyult ez a technológia, pl. geológia mintázatok kutatása, mely az emberi perspektívából nehezen észlelhető, tűzoltósági alakulatok koordinálása, otthoni hobby felhasználás.

ANNNNAAAA

- Kézi indítású: 600 m magasság, 2 km hatótávolság
- Közeli: 1500 m magasság, 10 km hatótávolság
- MALE(Medium Altitude,Long Endurance) 9 km magasság, 200 km hatótávolság
- HALE(High Altitude,Long Endurance) 9+ km magasság, 200+ km hatótávolság
- blaaaaaaaaaaaaaablaaaaaaaaa

# **1. fejezet**

## **1. fejezet**

### **1.1. A szerkesztéshez használatos, Windows alapú eszközök**

#### **1.2. Motiváció**

Félév során lehetőségem volt a SZTAKI Irányítástechnikai Kutató Laboratóriumában egy UAV légi jármű fejlesztésében részt venni. Az itt kidolgozott szabályozó algoritmusok gyakorlatba való átültetésére egy pilóta nélküli járművet hoztak létre, mely a biztonságos üzemeltetés miatt, illetve az estelegesen előfordulható hibák ellen redundáns hardware elemekkel védekezik. A feladatom ennek a repülőnek a földi állomásának a kialakítása volt, mely a redundánsan küldött rádiójelek feldolgozására és megfelelő megjelenítésre hasznalandó. Az összehasonlításból kiderül, eddig a földi állomásokra nem volt jellemző a redundancia. Kutatómunkám során összegyűjtöttem az UAV-k fejlődésének történetét, a piacon elérhető programokat, összehasonlítottam a megoldásokat, majd ezekből ötletet merítve elkezdtem a program megírását. Konzultációk során finomhangolásokkal a megrendelő igényeihez formáltam az elképzelt megvalósítást.

#### **1.3. UAV**

[1]A pilóta nélküli légi jármű gondolata egészen a XX. század elejére nyúlik vissza, mikor az I. világháborúban egy olyan távirányítású repülőt alkottak, mely robbanószerrel a fedélzeten a célpontba csapódva okozott kárt. [2]Első nagyobb amerikai UAV projekt 1959-ben kezdődött, mikor aggódtak az ellenséges területre berepülő pilóták életéért. Később a vietnámi háborúban több mint 3000 küldetésben vett részt ilyen repülő és minden összes 554 veszett oda. A technológiai korlátok miatt a fő funkcionálisája video felvétel készítése egy meghatározott útvonalon (általában egyenes vonal, körökkel kiegészítve) repülve, majd a bázisra való visszaérkezés. A rádiotechnika fejlődése miatt egyre összetettebb feladatok elvégzésére lettek képesek. A nagyobb átviteli sebességnek köszönhetően valós időben, monitoron keresztül kezelheti az operátor a távirányítású repülőt. A mai UAV-k több üzemmódot is támogatnak, egyik az előbb említett távirányítás, másik a fedélzeti intelligenciára hagyatkozó. Mind a hagyományos repülőiparban, mind ebben az érőben, szükséges és cél-szerű az emberi terhelés csökkentése, utasszállító gépek esetében is a robotpilóta elvégez

### 1.3.1. UCAV

[3] Katonai felhasználásban elengedhetetlen a fedélzeti fegyverzet, így ezekre a járművekre is felszerelésre került. Az ilyen drónok az estek többségében operátori irányítás alatt állnak, így emberi felelősség van a fegyver használata során.

### 1.3.2. Csoportosítás

Amerikai légierő ezeket a csoportokat tartja nyilván

- Kézi indítású: 600 m magasság, 2 km hatótávolság
- Közeli: 1500 m magasság, 10 km hatótávolság
- MALE(Medium Altitude,Long Endurance) 9 km magasság, 200 km hatótávolság
- HALE(High Altitude,Long Endurance) 9+ km magasság, 200+ km hatótávolság

### 1.3.3. Felhasználási területek

**Célpont** kiképzésre használandó, légi fenyégetésként ellenséges célpont

**Felderítő** harctéren nagyobb látóteret biztosít

**Támadó** fegyverzettel ellátott, lég-föld, lég-lég rakétákkal csapások mérése

**Szállító** raktérrel ellátott, nehezen megközelíthető csapatok segítésére

**Kísérleti** későbbi UAV-k kifejlesztéséhez

**Civil** hétköznapi embereknek szórakozás céljából

**Érzékelés** különböző érzékelőkkel ellátva képes kémiai anyagok jelenlétéit érzékelni, infra-kamerákkal és radarral éjjel is látható az operátor számára a környezet

**Megfigyelés** egyik legolcsóbb megfigyelési mód az UAV alkalmazása, kisebb üzemen tar-tási költsége van, mint egy repülőnek, pilóta bérének. Pl. vadak vonulásának követése

**Geológiai felfedezés** mágneses érzékelőkkel a Föld mágnesesség változásának mérésével következtetni lehet a föld alatt található ércekre.

**Mentés** természeti katasztrófa következtében bajba jutottak segítésére, mentőcsapatok megfelelő irányba küldésére használatos

**Erdőtűz detektálás** folyamatosan a megfigyelt terület felett repülve, infravörös kamerával a legkisebb tűz érzékelhető. Szél és egyéb meteorológiai adatokkal szolgáltatva a tűzoltók munkáját segíti

#### **1.3.4. Hosszú repülés**

Mivel az UAV-k nem rendelkeznek fedélzeti személyzettel, így a levegőben töltött idejüket kizárálag az energiaforrásuk szűkössége határozza meg. Elektromos meghajtású gépek esetén, megfelelő méretű napelem alkalmazása esetén akár végtelenségig levegőben maradhatnak. A minél hosszabb fennmaradás előnyös lehet taktika bevetések során, ahol megspórolható az oda-visszaút megtételéből származó kiesés. Leghosszabb repült idő 2010. július. 9 – 23 között QinetiQ Zephyr Solar Electric érte el 336 óra 22 percet (2 hét)

### **1.4. Földi állomás**

Egy UAV vezetéséhez elengedhetetlen egy bázis, ahonnan a földi személyzet irányítja, monitorozhatja a repülést. Általában több funkciót lát el:

- Küldetés tervezés: útvonal meghatározása, illetve a célpontok kijelölése
- Adatok megjelenítése: megfelelő módon kijelezni a repülőgép állapotát, esetleges hibáit.

#### **1.4.1. Hordozható**

Egy egységbe építették az akkumulátort, kijelzőt, kezelőszerveket, hordozhatósága miatt ez az elterjedtebb a kézzel indítható UAV-k esetében.

#### **1.4.2. Komplex**

Általában közel a hadszíntérhez üzemeltetik a repülőket, így a személyzetet, illetve a felszereléseket páncélozott járművel szállítják, védik. Pl. az MQ-1 Predator GCS egy utánfutóban helyezkedik el, mely szünetmentes tápegységet biztosít a pilóta és segédszemélyzeti, adatelemző/rögzítő és radar munkaállomásoknak. A kommunikációt UHF és VHF frekvencián bonyolítják közvetlen rálátás esetén, azon kívül műhold közbeiktatásával.

#### **1.4.3. Kompatibilitás**

[4] Ahogy jöttek az újabb gépek, problémát okozott, hogy minden földi állomása különbözött egymástól, így 2008-ban szorgalmaztak egy univerzális GCS architektúrát, mely minden addigi és jövőbeli katonai UAV-vel ugyanúgy tud kommunikálni, adatokat szolgáltatni. Így született a Raytheon s Common Ground Control System, melynek fejlesztéséhez videojátékokból merítettek ötleteket. Csökkenteni próbálták a kiképzési időt, ne kelljen



### 1.1. ábra. Hordozható GC



## 1.2. ábra. Utánfutós megoldás

több hónapos kurzusokon részt venni, hanem úgy, mint egy videojátéknál, kisebb gyakorlás után már tudja az ember, mit hol kell keresni, illetve úgy érezze, hogy valóban ő vezeti a repülőt.

#### 1.4.4. Megoldások

Számos megoldás született a földi állomás GUI<sup>1</sup>-jának kialakítására. Elsődleges követelmény, hogy az operátor mindenkor a legfontosabb információkat láthassa, ehhez szoftverergonomiaiaknak kell megtervezni a műszerek, adatok elrendezését. Az alábbiakban összehasonlíthatásra kerülnek a megjelenítési felületek.

---

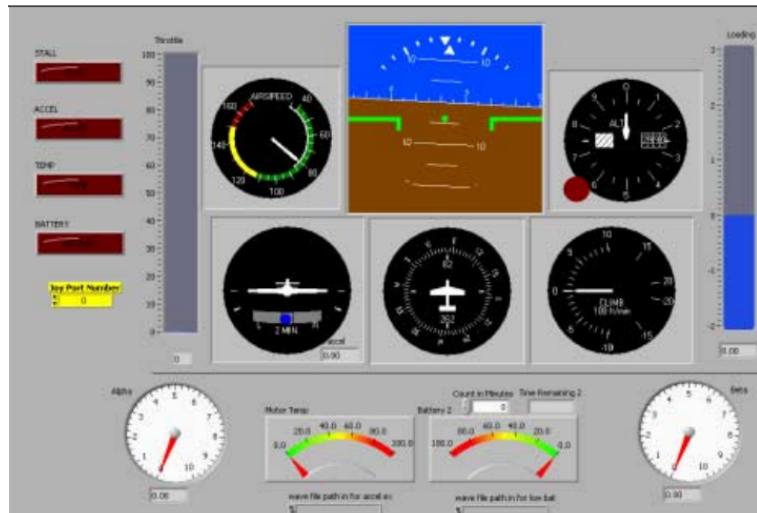
<sup>1</sup>Graphics User Interface, grafikus megjelenítés



**1.3. ábra.** *UGCS*

### MIT GCS

[5] Elsődleges megfontolás az volt, hogy a műszereket az értékeket linerisan jelenítsék-e meg, mivel az avionikában ez a kérdés már felmerült, így a valós műszerek alapján a lineárisat választották. Másodlagos kérdés a műszerek formája, itt megvalósítható lenne a csupán digitális értékek kiírása, de szintén a repülésből merítve a kör alakú egységeket választottak



**1.4. ábra.** *Alap összeállítás*

### Rodan

[6] Földi, légi, vízi járműveket is támogat, TCP/IP-n keresztül kommunikál, így video átküldésére is van sávszélesség. SIL<sup>2</sup> és HIL<sup>3</sup> támogatás.

A GUI itt már összetettebb, a kamera képe foglalja el a képernyő nagyobbik részét, mellette egy térképen láthatjuk a jármű eddigi útvonalát. Egyetlen vizuális műszer a műhorizont, a többi érték csak számadattal van jelezve.

<sup>2</sup>Software In the Loop

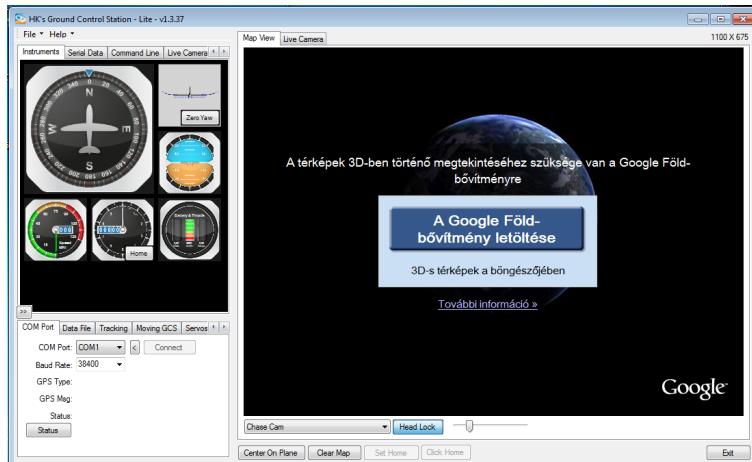
<sup>3</sup>Hardware In the Loop



**1.5. ábra.** Rodan

### HappyKillmore

[7] Ez a GUI az ArduPlane nevű nyílt forráskódú, háziépítésű UAV-hoz készült. Itt is a térkép nézet dominál, oldalt mozgathatjuk számunkra megfelelő elrendezésbe a műszereket. Több különböző oldal közül választhatunk, ha pl. a bejövő adatokra vagyunk kiváncsiak vagy a soros port port számát szeretnénk beállítani. Lehetőségünk van exportálni is az adatokat.



**1.6. ábra.** HK

### Arducopter

Az előzőhöz hasonlóan ez is az ArduCopterhez készült. Itt lehetőségünk van térképen előre kijelölni, milyen útvonalat járjon be felszállás után.



**1.7. ábra.** *Arducopter*

## Viking

[8] Itt egyértelműen a térkép feletti pozíció van a hangsúly, jobb oldalt néhány műszer, illetve a fontosabb adatok számokkal



**1.8. ábra.** *Viking*

## NI LabWindows/CVI

Az előző Ground control forráskódját átnézve, annak továbbfejlesztése körülményes lenne, így a C# nyelv változatos API-jainak köszönhetően egy új GUI megírása tűnik a legoptimálisabb megoldásnak. Soros port kezelésére van beépített [10]system.io.ports.serialport osztály, mely megkönnyíti az adatok befogadását.

### 1.5. Repülőgép kialakítása

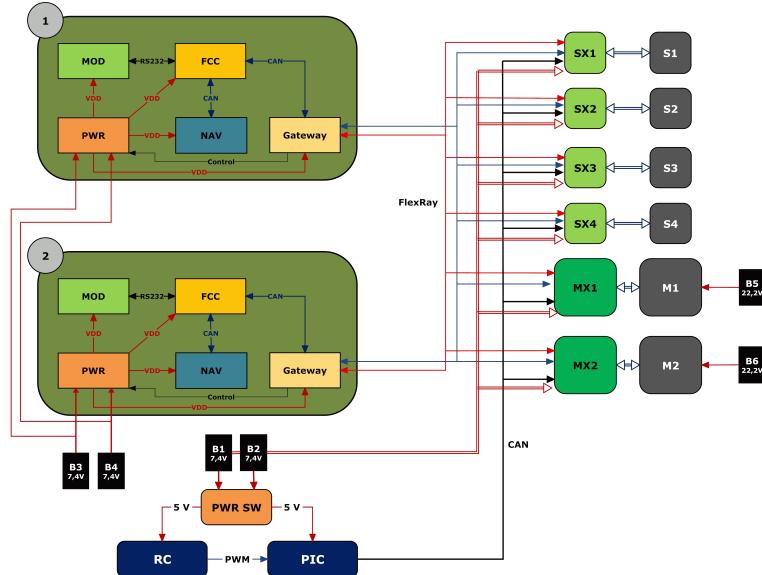
A SZTAKI-nak volt már egy hasonló projektje, mely egy kisebb, boltban beszerezhető modellrepülőre épített saját irányítóegységgel repült. A számos tesztnek köszönhetően felmerült az igény egy olyan, teljesen saját fejlesztésű repülő kialakításra, mely lehetőséget biztosít biztonságkritikus kialakításra, szemben a gyári alkatrészekkel, amelyek semmilyen visszajelzést nem adnak saját állapotukról, mely a szabályzásban jelentős fontossággal bír.



1.9. ábra

Így az új repülőgépen redundánsan fog szerepelni:

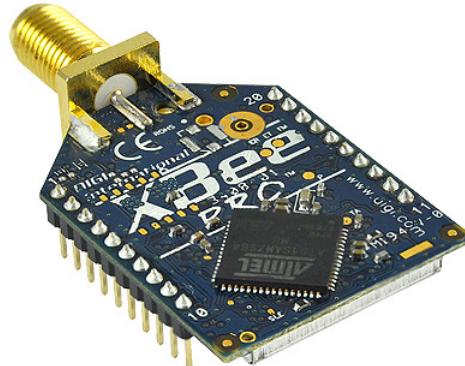
- motor
- akkumulátor
- központi számítógép



1.10. ábra

Látható, hogy központi számítógép kettőzött, párhuzamosan működnek, irányítják a servo motorokat. A szenzorokból érkező jelek egy Gateway-en keresztül az FCC-be jutnak, ahol a feldolgozás utána a szabályozó algoritmusok kiadják a megfelelő utasítást a kormánszerveknek. Ilyen utasítás lehet pl, a csűrőlapok adott fokban történő elmozdítása, motor fordulatszámának változtatása. A motorok, úgy mint a központi egység, külön tápellátást kapnak, ezzel is csökkentve a végzetes meghibásodás esélyét. Jelen esetben egyik legfontosabb elem a kommunikációért felelős modem, mely soros porton keresztül kapcsolódik az FCC-hez. A vevő oldalon hasonló modem, szintén soros porton küldi a földi állomásnak a

vett jelet, a köztük lévő vezeték nélküli kommunikáció saját szabványa a cégnek. A választás XBee-PRO 868 típusú modemre esett, mely alacsony fogyasztása és nagy hatótávolsága miatt ideális egy ilyen környezetbe.

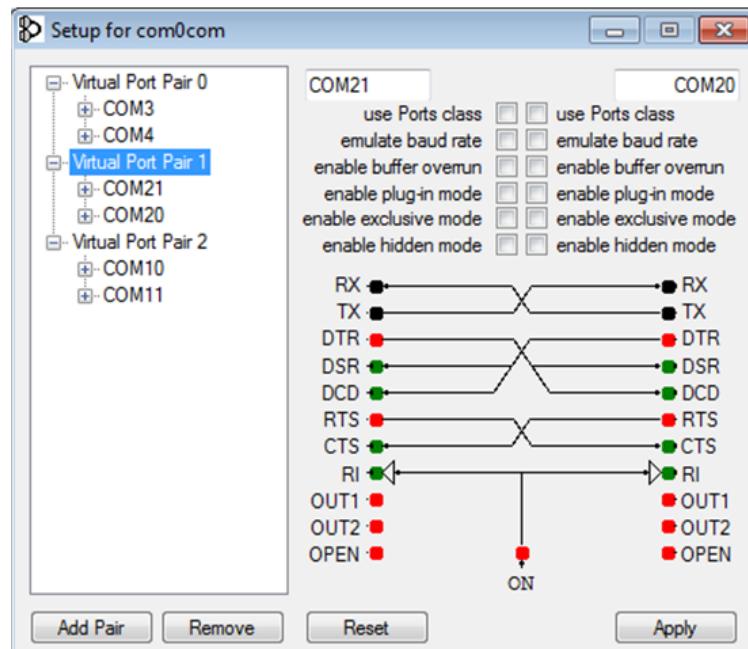


1.11. ábra

## 1.6. Saját implementáció

### 1.6.1. RS232

A modemből érkező adatokat soros porton keresztül fogadja a program, a tesztkörnyezet felállításához HIL adatok szolgáltak. A küldött log fájlokat egy programmal beolvasom és egy [11]null-modem segítségével sorosporton keresztül küldöm a megfelelő portra.



1.12. ábra

Beállítottam 2 párt, COM20-COM21 és COM10-COM11 között, a pároson küldöm, páratlanon fogadom az üzeneteket.

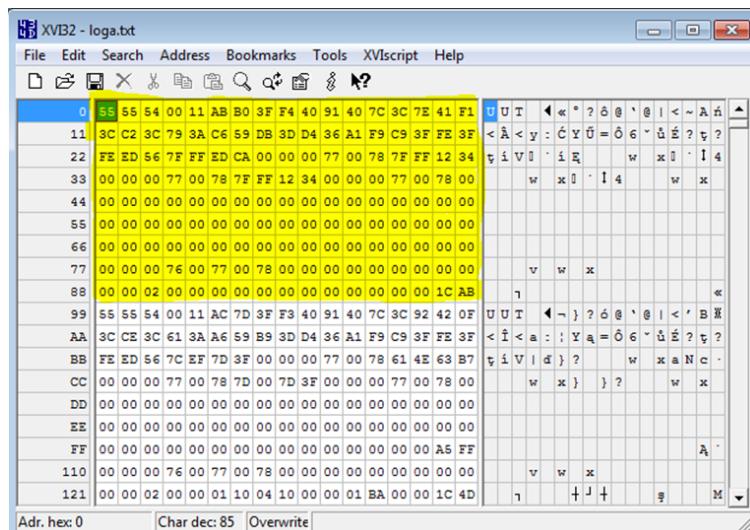
```

file:///C:/Users/Pasquale/Desktop/sorossend/sorossend/bin/Debug/sorossend.EXE
Serial ports:
COM1
COM21
COM3
COM10
COM4
COM20
COM11
com10,          sending B0*153 bytes
1*153 bytes
2*153 bytes
3*153 bytes
4*153 bytes
5*153 bytes
6*153 bytes
7*153 bytes
8*153 bytes
9*153 bytes
10*153 bytes
11*153 bytes
12*153 bytes
13*153 bytes
14*153 bytes
15*153 bytes
16*153 bytes

```

1.13. ábra

153 bájtos egy csomag, melyet egy UUT 3 bájtos fejléc és egy 2 bájtos checksum zár. A checksum a hasznos bájtok 16 bitre csonkolt összege. minden fogadott csomagnál, a feldolgozás előtt kiszámolom az összeget és ellenőrzöm, az egyezést, a rossz csomagok egyelőre eldobásra kerülnek.



1.14. ábra

Fogadó oldalon a két sorosport aszinkron ír 1-1 byte tömböt, melyből egy dekódoló függvénytellyel nyerjük ki a sebesség, pozíció, irány, stb. adatokat.

```
public double[] Decode(byte[] array)
```

Ebben a függvényben ellenőrzöm, a checksum-ot, illetve a kezdő UUT bájt hármaszt. Mivel bájtosával lehet feldolgozni az adatokat, így pl. a 4 bájtos időbélyeget 4 db egymás után jövő bájtból kell összerakni:

```
uint ido = (uint)array[3]<<24 | (uint)array[4]<<16 |
```

```
(uint)array[5]<<8 | (uint)array[6];
```

Ugyanígy folytatódik az adatok feldolgozása, az előre megadott protokoll szerint.

bájt index	leírás	típus	skálázás	offset
1	start	char(fix 'U')		
2	start	char(fix 'U')		
3	start	char(fix 'T')		
4	idő 1/4	unsigned int	10000	0
5	idő 2/4			
6	idő 3/4			
7	idő 4/4			
...				
26	északi irány 1/2	unsigned short	0x7FFF/400	200
28	keleti irány 1/2	unsigned short	0x7FFF/400	200
30	lefelé irány 1/2	unsigned short	0x7FFF/400	200
...				

Mivel a változások Hamming-távolsága<sup>4</sup> kicsi lenne, az eredeti számábrázoláson, így skálázással és offset képzéssel megnöveljük. A sebesség adatoknál a visszakódolás:  $eredeti = (nyersadat/skalazas) - offset$  képlettel oldható meg.

### 1.6.2. Sebesség

A sebesség NED<sup>5</sup> koordinátarendszerben van megadva, mely a repülő középpontjából indul. Mivel kis magasságban repül a repülő, így síknak közelíthetjük a Föld felületét, ez számítások szempontjából előnyös, mivel könnyebb vele dolgozni. A sebesség számítási módja:  $\sqrt{(V_E)^2 + (V_N)^2}$

Emelkedés:  $-V_D$

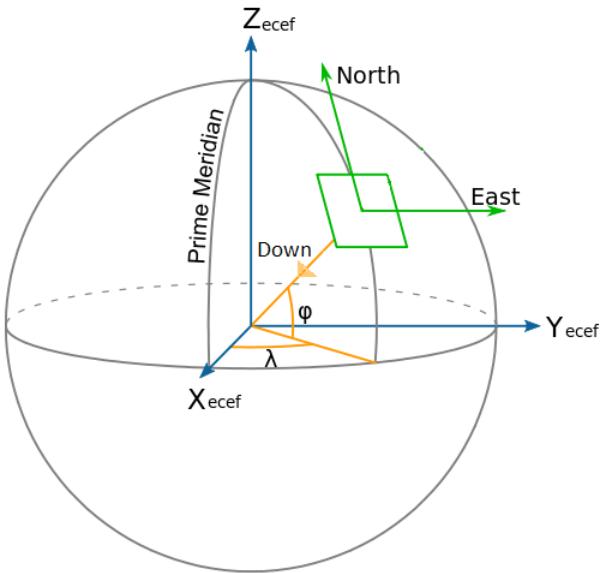
### 1.6.3. Irány

Az irány meghatározásához a 4 negyedsíkot külön kellett választani:

```
if (Ecomp > 0 && Ncomp > 0)
{
    heading = Math.Atan(Ecomp * Ncomp);
}
else if (Ecomp > 0 && Ncomp < 0)
{
    heading = Math.Atan(Ecomp * Math.Abs(Ncomp)) + 90;
}
else if (Ecomp < 0 && Ncomp < 0)
```

<sup>4</sup>Bináris számok XOR képzésével kapott 1-esek száma

<sup>5</sup>Nort East Down, Local Tangent Plane, helyi koordináta rendszer



**1.15. ábra.** Koordináta rendszer

```
{
heading = Math.Atan(Math.Abs(Ecomp) * Math.Abs(Ncomp)) + 180;
}
else if (Ecomp < 0 && Ncomp > 0)
{
heading = Math.Atan(Math.Abs(Ecomp) * Ncomp) + 270;
}
```

#### 1.6.4. GUI

A grafikus felület kialakítása során figyelembe kell venni, hogy első ránézésre a legfontosabb adatok látszódjanak. Kettő fül közül az első oldalon a legfontosabb műszerek találhatóak, jobb oldalon egy Google Maps térkép. A térkép egy lokális cache-ből tölti be az előre letöltött térképszelvényeket, így a terepen lehetőség van offline módon is használni ezt a funkciót.

## **2. fejezet**

### **2.**

Az itt található információk egy része a BME VIK Hallgatói Képviselet által készített „Utolsó félév a villanykaron” c. munkából lett kis változtatásokkal átemelve. Az eredeti dokumentum az alábbi linken érhető el: <http://vik-hk.bme.hu/diplomafelev-howto-2009>.

#### **2.1. A dolgozat kimérete**

A minimális 50, az optimális kiméret 60-70 oldal (függelékkel együtt). A bírálók és a záróvizsga bizottság sem szereti kifejezetten a túl hosszú dolgozatokat, így a bruttó 90 oldalt már nem érdemes túlszárnyalni. Egyébként függetlenül a dolgozat kiméretétől, ha a dolgozat nem érdekfeszítő, akkor az olvasó már az elején a végét fogja várni. Érdemes zárt, önmagában is érthető művet alkotni.

## 3. fejezet

# 3

Ebben a fejezetben röviden, implicit módon bemutatjuk a sablon használatának módját, ami azt jelenti, hogy sablon használata ennek a dokumentumnak a forráskódját tanulmányozva válik teljesen világossá. Amennyiben a szoftver-keretrendszer telepítve van, a sablon alkalmazása és a dolgozat szerkesztése L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-ben a sablon segítségével tapasztalataink szerint jóval hatékonyabb, mint egy WYSWYG (*What You See is What You Get*) típusú szövegszerkesztő esetén (pl. Microsoft Word, OpenOffice).

### 3.1. Címkék és hivatkozások

A L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X dokumentumban címkéket (`\label`) rendelhetünk ábrákhoz, táblázatokhoz, fejezetekhez, listákhoz, képletekhez stb. Ezekre a dokumentum bármely részében hivatkozhatunk, a hivatkozások automatikusan feloldásra kerülnek.

A sablonban makrókat definiáltunk a hivatkozások megkönnyítéséhez. Ennek megfelelően minden ábra (*figure*) címkéje `fig`: kulcsszóval kezdődik, míg minden táblázat (*table*), képlet (*equation*), fejezet (*section*) és lista (*listing*) rendre a `tab`:-, `eq`:, `sect`: és `listing`: kulcsszóval kezdődik, és a kulcsszavak után tetszőlegesen választott címke használható. Ha ezt a konvenciót betartjuk, akkor az előbbi objektumok számára rendre a `\figref`, `\tabref`, `\eqref`, `\sectref` és `\listref` makrókkal hivatkozhatunk. A makrók paramétere a címke, amelyre hivatkozunk (a kulcsszó nélkül). Az összes említett hivatkozástípus, beleértve az `\url` kulcsszóval bevezetett web-hivatkozásokat is a `hyperref`<sup>1</sup> csomagnak köszönhetően aktívak a legtöbb PDF-nézegetőben, rájuk kattintva a dokumentum megfelelő oldalára ugrik a PDF-néző vagy a megfelelő linket megnyitja az alapértelmezett böngészővel. A `hyperref` csomag a kimeneti PDF-dokumentumba könyvjelzőket is készít a tartalomjegyzékből. Ez egy szintén aktív tartalomjegyzék, amelynek elemeire kattintva a nézegető behozza a kiválasztott fejezetet.

---

<sup>1</sup>Segítségével a dokumentumban megjelenő hivatkozások nem csak dinamikussá válnak, de színezhetők is, bővebbet erről a csomag dokumentációjában találunk. Ez egyúttal egy példa lábjegyzet írására.

### 3.2. Ábrák és táblázatok

A képeket PDFLaTeX esetén a veszteségmentes PNG, valamint a veszteséges JPEG formátumban érdemes elmenteni. Az EPS (PostScript) vektorgrafikus képformátum beillesztését a PDFLatex közvetlenül nem támogatja. Ehelyett egy lehetőség 200 dpi, vagy annál nagyobb felbontásban raszterizálni a képet, és PNG formátumban elmenteni. Az egyes képek mérete általában nem, de sok kép esetén a dokumentum összmérete így már szignifikáns is lehet. A dokumentumban felhasznált képfájlokat a dokumentum forrása mellett érdemes tartani, archiválni, mivel ezek hiányában a dokumentum nem fordul újra. Ha lehet, a vektorgrafikus képeket vektorgrafikus formátumban is érdemes elmenteni az újrafelhasználhatóság (az átszerkeszthetőség) érdekében.

Kapcsolási rajzok legtöbbször kimásolhatók egy vektorgrafikus programba (pl. CorelDraw) és onnan nagyobb felbontással raszterizálva kimenthetők PNG formátumban. Ugyanakkor kiváló ábrák készíthetők Microsoft Visio vagy hasonló program használatával is: Visio-ból az ábrák közvetlenül PNG-be is menthetők.

Lehetőségeink Matlab ábrák esetén:

- Képernyőlopás (*screenshot*) is elfogadható minőségű lehet a dokumentumban, de általában jobb felbontást is el lehet érni más módszerrel.
- A Matlab ábrát a **File/Save As** opcióval lementhetjük PNG formátumban (ugyanaz itt is érvényes, mint korábban, ezért nem javasoljuk).
- A Matlab ábrát az **Edit/Copy figure** opcióval kimásolhatjuk egy vektorgrafikus programba is és onnan nagyobb felbontással raszterizálva kimenthetjük PNG formátumban (nem javasolt).
- Javasolt megoldás: az ábrát a **File/Save As** opcióval EPS *vektorgrafikus* formátumban elmentjük, PDF-be konvertálva beillesztjük a dolgozatba.

Az EPS kép az **epstopdf** programmal<sup>2</sup> konvertálható PDF formátumba. Célszerű egy batch-fájlt készíteni az összes EPS ábra lefordítására az alábbi módon (ez Windows alatt működik).

```
@echo off
for %%j in (*.eps) do (
echo converting file "%%j"
epstopdf "%%j"
)
echo done .
```

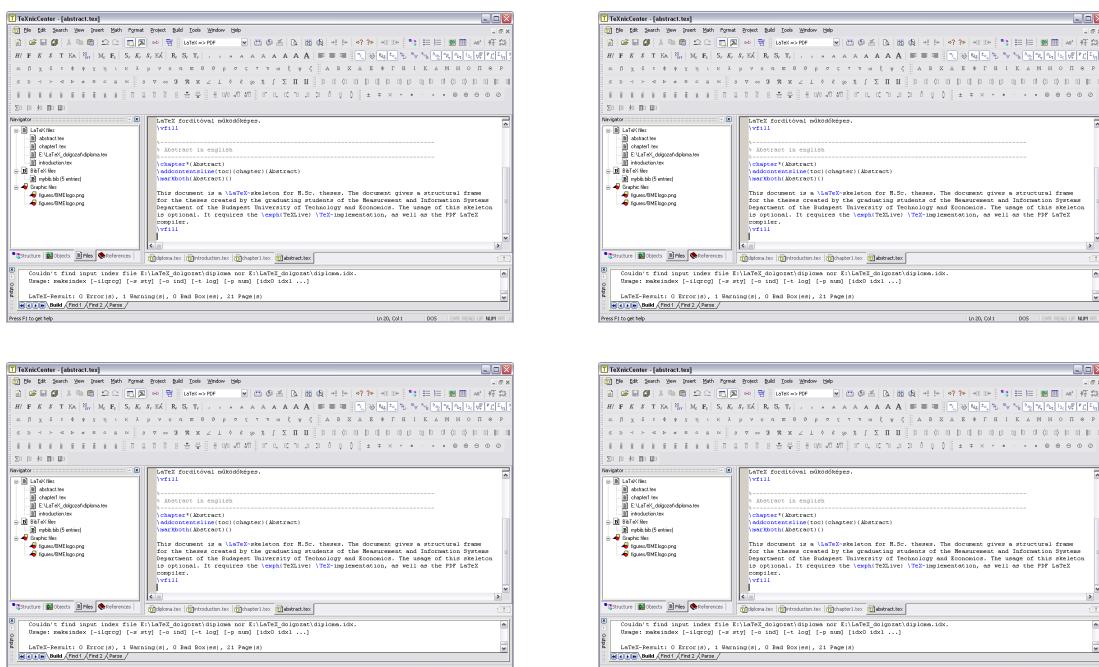
Egy ilyen parancsfájlt (**convert.cmd**) elhelyeztük a sablon **figures\eps** könyvtárába, így a felhasználónak csak annyi a dolga, hogy a **figures\eps** könyvtárba kimenti az EPS formátumú vektorgrafikus képet, majd lefuttatja a **convert.cmd** parancsfájlt, ami PDF-be konvertálja az EPS fájlt.

Ezek után a PDF-ábrát ugyanúgy lehet a dokumentumba beilleszteni, mint a PNG-t vagy a JPEG-ét. A megoldás előnye, hogy a lefordított dokumentumban is vektorgrafikusan

<sup>2</sup>a korábban említett L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-disztribúciókban megtalálható

tárolódik az ábra, így a mérete jóval kisebb, mintha raszterizáltuk volna beillesztés előtt. Ez a módszer minden – az EPS formátumot ismerő – vektorgrafikus program (pl. CorelDraw) esetén is használható.

A képek beillesztésére az **??.** fejezetben mutattunk be példát (**??.** ábra). Az előző mondatban egyúttal az automatikusan feloldódó ábrahivatkozásra is láthatunk példát. Több képfájlt is beilleszthetünk egyetlen ábrába. Az egyes képek közötti horizontális és vertikális margót metrikusan szabályozhatjuk (3.1. ábra). Az ábrák elhelyezését számtalan tipográfiai szabály egyidejű teljesítésével a fordító maga végzi, a dokumentum írója csak preferenciáit jelezheti a fordító felé (olykor ez bosszúságot is okozhat, illetve pl. a kép méretével lehet játszani).



**3.1. ábra.** Több képfájl beillesztése esetén térközöket is érdemes használni.

A táblázatok használatára a 3.1. táblázat mutat példát. A táblázat címkeje nem véletlenül került a táblázat fölé, ez a szokványos.

### 3.1. táblázat. Az órajel-generátor chip órajel-kimenetei.

Órajel	Frekvencia	Cél pin
CLKA	100 MHz	FPGA CLK0
CLKB	48 MHz	FPGA CLK1
CLKC	20 MHz	Processzor
CLKD	25 MHz	Ethernet chip
CLKE	72 MHz	FPGA CLK2
XBUF	20 MHz	FPGA CLK3

## 3.3. Felsorolások és listák

Számozatlan felsorolásra mutat példát a jelenlegi bekezdés:

- *első bajusz*: ide lehetne írni az első elem kifejését,

- *második bajusz*: ide lehetne írni a második elem kifejését,
- *ez meg egy szakáll*: ide lehetne írni a harmadik elem kifejését.

Számoszott felsorolást is készíthetünk az alábbi módon:

1. *első bajusz*: ide lehetne írni az első elem kifejését, és ez a kifejtés így néz ki, ha több sorosra sikeredik,
2. *második bajusz*: ide lehetne írni a második elem kifejését,
3. *ez meg egy szakáll*: ide lehetne írni a harmadik elem kifejését.

A felsorolásokban sorok végén vessző, az utolsó sor végén pedig pont a szokásos írásjel. Ez alól kivételt képezhet, ha az egyes elemek több teljes mondatot tartalmaznak.

Listákban a dolgozat szövegétől elkülönítendő kód részleteket, programsorokat, pszeudokódokat jeleníthetünk meg (3.1. lista). A lista keretét, háttérszínét, egész stílusát meg-

**3.1. lista.** A fenti számoszott felsorolás L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-forráskódja

```
\begin{enumerate}
    \item \emph{első bajusz}: ide lehetne írni az első elem kifejését,
        és ez a kifejtés így néz ki, ha több sorosra sikeredik,
    \item \emph{második bajusz}: ide lehetne írni a második elem kifejését,
    \item \emph{ez meg egy szakáll}: ide lehetne írni a harmadik elem kifejését.
\end{enumerate}
```

választhatjuk. Ráadásul különféle programnyelveket és a nyelveken belül kulcsszavakat is definiálhatunk, ha szükséges. Erről bővebbet a `listings` csomag hivatalos leírásában találhatunk.

### 3.4. Képletek

Ha egy formula nem túlságosan hosszú, és nem akarjuk hivatkozni a szövegből, mint például a  $e^{i\pi} + 1 = 0$  képlet, *szövegközi képletek*nt szokás leírni. Csak, hogy másik példát is lássunk, az  $U_i = -d\Phi/dt$  Faraday-törvény a  $\text{rot } E = -\frac{dB}{dt}$  differenciális alakban adott Maxwell-egyenlet felületre vett integráljából vezethető le. Látható, hogy a L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-fordító a sorközöket betartja, így a szöveg szedése esztétikus marad szövegközi képletek használata esetén is.

Képletek esetén az általános konvenció, hogy a kis félkövér betűk (**v**) oszlopvektort – és ennek megfelelően  $\mathbf{v}^T$  sorvektort – a kapitális félkövér betűk (**V**) mátrixot jelölnek. Ha ettől el szeretnénk térdílni, akkor az alkalmazni kívánt jelölésmódot célszerű külön alfejezetben definiálni. Ennek megfelelően, amennyiben **y** jelöli a mérések vektorát,  $\vartheta$  a paraméterek vektorát és  $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\vartheta$  a paraméterekben lineáris modellt, akkor a *Least-Squares* értelemben optimális paraméterbecslő  $\hat{\vartheta}_{LS} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$  lesz.

Emellett kiemelt, sorszámoszott képleteket is megadhatunk, ennél az `equation` és a `eqnarray` környezetek helyett a korszerűbb `align` környezet alkalmazását javasoljuk (több okból, különféle problémák elkerülése végett, amelyekre most nem térünk ki). Tehát

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}, \quad (3.1)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}\mathbf{x}, \quad (3.2)$$

ahol  $\mathbf{x}$  az állapotvektor,  $\mathbf{y}$  a mérések vektora és  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$  és  $\mathbf{C}$  a rendszert leíró paramétermátrixok. Figyeljük meg, hogy a két egyenletben az egyenlőségjelek egymáshoz igazítva jelennek meg, mivel a minden kettőt az & karakter előzi meg a kódban. Lehetőség van számosztalan kiemelt képlet használatára is, például

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}, \\ \mathbf{y} &= \mathbf{Cx}.\end{aligned}$$

Mátrixok felírására az  $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$  inhomogén lineáris egyenlet részletes kifejtésével mutatunk példát:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}. \quad (3.3)$$

A `\frac` utasítás hatékonyságát egy általános másodfokú tag átviteli függvényén keresztül mutatjuk be, azaz

$$W(s) = \frac{A}{1 + 2T\xi s + s^2 T^2}. \quad (3.4)$$

A matematikai mód minden szimbólumának és képességének a bemutatására természetesen itt nincs lehetőség, de gyors referenciaként hatékonyan használhatók a következő linkek:

[http://www.artofproblemsolving.com/LaTeX/AoPS\\_L\\_GuideSym.php](http://www.artofproblemsolving.com/LaTeX/AoPS_L_GuideSym.php),  
<http://www.ctan.org/tex-archive/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf>,  
<ftp://ftp.ams.org/pub/tex/doc/amsmath/short-math-guide.pdf>.

Ez pedig itt egy magyarázat, hogy miért érdemes `align` környezetet használni:

<http://texblog.net/latex-archive/maths/eqnarray-align-environment/>.

### 3.5. Irodalmi hivatkozások

Egy L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X dokumentumban az irodalmi hivatkozások definíciójának két módja van. Az egyik a `\thebibliography` környezet használata a dokumentum végén, az `\end{document}` lezárás előtt.

```
\begin{thebibliography}{9}
\bibitem[Lamport94]{Lamport94} Leslie Lamport, \emph{\LaTeX: A Document Preparation System}. Addison Wesley, Massachusetts, 2nd Edition, 1994.
\end{thebibliography}
```

Ezek után a dokumentumban a `\cite{Lamport94}` utasítással hivatkozhatunk a forrásra. A fenti megadás viszonylag kötetlen, a szerző maga formázza az irodalomjegyzéket.

Egy sokkal professzionálisabb módszer a BiB<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X használata, ezért ez a sablon is ezt támogatja. Ebben az esetben egy külön szöveges adatbázisban definiáljuk a forrásmunkákat,

és egy külön stílusfájl határozza meg az irodalomjegyzék kinézetét. Ez, összhangban azzal, hogy külön formátumkonvenció határozza meg a folyóirat-, a könyv-, a konferenciacikk-stb. hivatkozások kinézetét az irodalomjegyzékben (a sablon használata esetén ezzel nem is kell foglalkoznia a hallgatónak, de az eredményt célszerű ellenőrizni). A felhasznált hivatkozások adatbázisa egy `.bib` kiterjesztésű szöveges fájl, amelynek szerkezetét a 3.2. kód részlet demonstrálja. A forrásmunkák bevitelkor a sor végi vesszők külön figyelmet igényelnek, mert hiányuk a BiBTEX-fordító hibaüzenetét eredményezi. A forrásmunkákat típus szerinti kulcsszó vezeti be (`@book` könyv, `@inproceedings` konferenciakiadványban megjelent cikk, `@article` folyóiratban megjelent cikk, `@techreport` valamelyik egyetem gondozásában megjelent műszaki tanulmány, `@manual` műszaki dokumentáció esetén stb.). Nemcsak a megjelenés stílusa, de a kötelezően megadandó mezők is típusról-típusra változnak. Egy jól használható referencia a <http://en.wikipedia.org/wiki/BibTeX> oldalon található.

A stílusfájl egy `.sty` kiterjesztésű fájl, de ezzel lényegében nem kell foglalkozni, mert vannak beépített stílusok, amelyek jól használhatók. Ez a sablon a BiBTEX-et használja, a hozzá tartozó adatbázisfájl a `mybib.bib` fájl. Megfigyelhető, hogy az irodalomjegyzéket a dokumentum végére (a `\end{document}` utasítás elő) beillesztett `\bibliography{mybib}` utasítással hozhatjuk létre, a stílusát pedig ugyanitt a `\bibliographystyle{plain}` utasítással adhatjuk meg. Ebben az esetben a `plain` előre definiált stílust használjuk (a sablonban is ezt állítottuk be). A `plain` stíluson kívül természetesen számtalan más előre definiált stílus is létezik. Mivel a `.bib` adatbázisban ezeket megadtuk, a BiBTEX-fordító is meg tudja különböztetni a szerzőt a címtől és a kiadótól, és ez alapján automatikusan generálódik az irodalomjegyzék a stílusfájl által meghatározott stílusban.

Az egyes forrásmunkákra a szövegből továbbra is a `\cite` parancsral tudunk hivatkozni, így a 3.2. kód részlet esetén a hivatkozások rendre `\cite{Wett104}`, `\cite{Candy86}`, `\cite{Lee87}`, `\cite{KissPhD}`, `\cite{Schreirer00}` és `\cite{DipPortal}`. Az irodalomjegyzékben alapértelmezésben csak azok a forrásmunkák jelennek meg, amelyekre található hivatkozás a szövegen, és ez így alapvetően helyes is, hiszen olyan forrásmunkákat nem illik az irodalomjegyzékbe írni, amelyekre nincs hivatkozás.

Mivel a fordítási folyamat során több lépésben oldódnak fel a szimbólumok, ezért gyakran többször (TeXLive és TeXnicCenter esetén 2-3-szor) is le kell fordítani a dokumentumot. Ilyenkor ez első 1-2 fordítás esetleg szimbólum-feloldásra vonatkozó figyelmeztető üzenettel zárul. Ha hibaüzenettel zárul bármelyik fordítás, akkor nincs értelme megismételni, hanem a hibát kell megkeresni. A `.bib` fájl megváltoztatáskor sokszor nincs hatása a változtatásnak azonnal, mivel nem minden fut újra a BibTeX fordító. Ezért célszerű a változtatás után azt manuálisan is lefuttatni (TeXnicCenter esetén `Build/BibTeX`).

Hogy a szövegbe ágyazott hivatkozások kinézetét demonstráljuk, itt most sorban meg-hivatkozzuk a `[?]`, `[?]`, `[?]`, `[?]` és az `[?]` forrásmunkát, valamint az `[?]` weboldalt.

Megjegyzendő, hogy az ékezes magyar betűket is tartalmazó `.bib` fájl az `inputenc` csomaggal betöltött `latin2` betűkészlet miatt fordítható. Ugyanez a `.bib` fájl hibaüzenettel fordul egy olyan dokumentumban, ami nem tartalmazza a `\usepackage[latin2]{inputenc}` sort. Speciális igény esetén az irodalmi adatbázis általánosabb érvényűvé tehető, ha az

**3.2. lista.** Példa szöveges irodalomjegyzék-adatbázisra BiBTeX használata esetén.

```

@BOOK{Wettl04 ,
  author="Ferenc Wettl and Gyula Mayer and Péter Szabó",
  title="\LaTeX-kézikönyv",
  publisher="Panem Könyvkiadó",
  year=2004
}
@ARTICLE{Candy86 ,
  author ="James C. Candy",
  title  ="Decimation for Sigma Delta Modulation",
  journal="IEEE Trans.\ on Communications",
  volume =34,
  number =1,
  pages  ="72--76",
  month   =jan,
  year    =1986 ,
}
@INPROCEEDINGS{Lee87 ,
  author =      "Wai L. Lee and Charles G. Sodini",
  title =       "A Topology for Higher Order Interpolative Coders",
  booktitle =   "Proc.\ of the IEEE International Symposium on
  Circuits and Systems",
  year =        1987 ,
  vol =         2,
  month =       may # "4--7",
  address =     "Philadelphia, PA, USA",
  pages =       "459--462"
}
@PHDTHESIS{KissPhD ,
  author =      "Peter Kiss",
  title =       "Adaptive Digital Compensation of Analog Circuit Imperfections
  for Cascaded Delta-Sigma Analog-to-Digital Converters",
  school =     "Technical University of Timi\c{s}oara, Romania",
  month =       apr,
  year =        2000
}
@MANUAL{Schreier00 ,
  author =      "Richard Schreier",
  title =       "The Delta-Sigma Toolbox v5.2",
  organization = "Oregon State University",
  year =        2000,
  month =       jan,
  note =        "\newline URL: http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/"
}
@MISC{DipPortal ,
  author="Budapesti Műszaki és Gazdaság tudományi Egyetem
  Villamosmérnöki és Informatikai Kar",
  title="Diplomaterv portál (2011 február 26.)",
  howpublished="\url{http://diplomaterv.vik.bme.hu/}",
}
}}
```

ékezetes betűket speciális latex karakterekkel helyettesítjük a .bib fájlban, pl. á helyett \'{a}-t vagy ó helyett \H{o}-t írunk.

Oldaltörés következik (ld. forrás).

### **3.6. A dolgozat szerkezete és a forrásfájlok**

A diplomatervsablon (a kari irányelvek szerint) az alábbi fő fejezetekből áll:

1. 1 oldalas *tájékoztató* a szakdolgozat/diplomaterv szerkezetéről (*guideline.tex*), ami a végső dolgozatból törlendő,
2. *feladatkiírás* (*project.tex*), a dolgozat nyomtatott verzójában ennek a helyére kerül a tanszék által kiadott, a tanszékvezető által aláírt feladatkiírás, a dolgozat eletronikus verziójába pedig a feladatkiírás egyáltalán ne kerüljön bele, azt külön tölti fel a tanszék a diplomaterv-honlapra,
3. *címoldal* (*titlepage.tex*),
4. *tartalomjegyzék* (*diploma.tex*),
5. a diplomatervező *nyilatkozata* az önálló munkáról (*declaration.tex*),
6. 1-2 oldalas tartalmi *összefoglaló* magyarul és angolul, illetve elkövethető még további nyelveken is (*abstract.tex*),
7. *bevezetés*: a feladat értelmezése, a tervezés célja, a feladat indokoltsága, a diplomaterv felépítésének rövid összefoglalása (*introduction.tex*),
8. sorszámmal ellátott *fejezetek*: a feladatkiírás pontosítása és részletes elemzése, előzmények (irodalomkutatás, hasonló alkotások), az ezekből levonható következtetések, a tervezés részletes leírása, a döntési lehetőségek értékelése és a választott megoldások indoklása, a megtervezett műszaki alkotás értékelése, kritikai elemzése, továbbfejlesztési lehetőségek (*chapter{1,2..n}.tex*),
9. esetleges *köszönnetnyilvánítások* (*acknowledgement.tex*),
10. részletes és pontos *irodalomjegyzék* (ez a sablon esetében automatikusan generálódik a *diploma.tex* fájlban elhelyezett \bibliography utasítás hatására, a 3.5. fejezetben leírtak szerint),
11. *függelékek* (*appendices.tex*).

A sablonban a fejezetek a *diploma.tex* fájlba vannak beillesztve \include utasítások segítségével. Lehetőség van arra, hogy csak az éppen szerkesztés alatt álló .tex fájlt fordítsuk le, ezzel lerövidítve a fordítási folyamatot. Ezt a lehetőséget az alábbi kódrészlet biztosítja a *diploma.tex* fájlban.

Ha az alábbi kódrészletben az egyes sorokat a % szimbólummal kikommentezzük, akkor a megfelelő .tex fájl nem fordul le. Az oldalszámok és a tartalomjegyék természetesen csak akkor billennek helyre, ha a teljes dokumentumot lefordítjuk.

```
\includeonly{
    guideline ,%
    project ,%
    titlepage ,%
    declaration ,%
    abstract ,%
    introduction ,%
    chapter1 ,%
    chapter2 ,%
    chapter3 ,%
    acknowledgement ,%
    appendices ,%
}
```

### 3.7. Alapadatok megadása

A diplomaterv alapadatait (cím, szerző, konzulens, konzulens titulusa) a `diploma.tex` fájlban lehet megadni az alábbi kódrészlet módosításával.

```
\newcommand{\vikszerzo}{Bódis-Szomorú András}
\newcommand{\vikkonzulens}{dr.~Konzulens Elemér}
\newcommand{\vikcim}{Elektronikus terelők}
\newcommand{\viktanszek}{Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék}
\newcommand{\vikdoktipus}{Diplomaterv}
\newcommand{\vikdepartmentr}{Bódis-Szomorú András}
```

### 3.8. Új fejezet írása

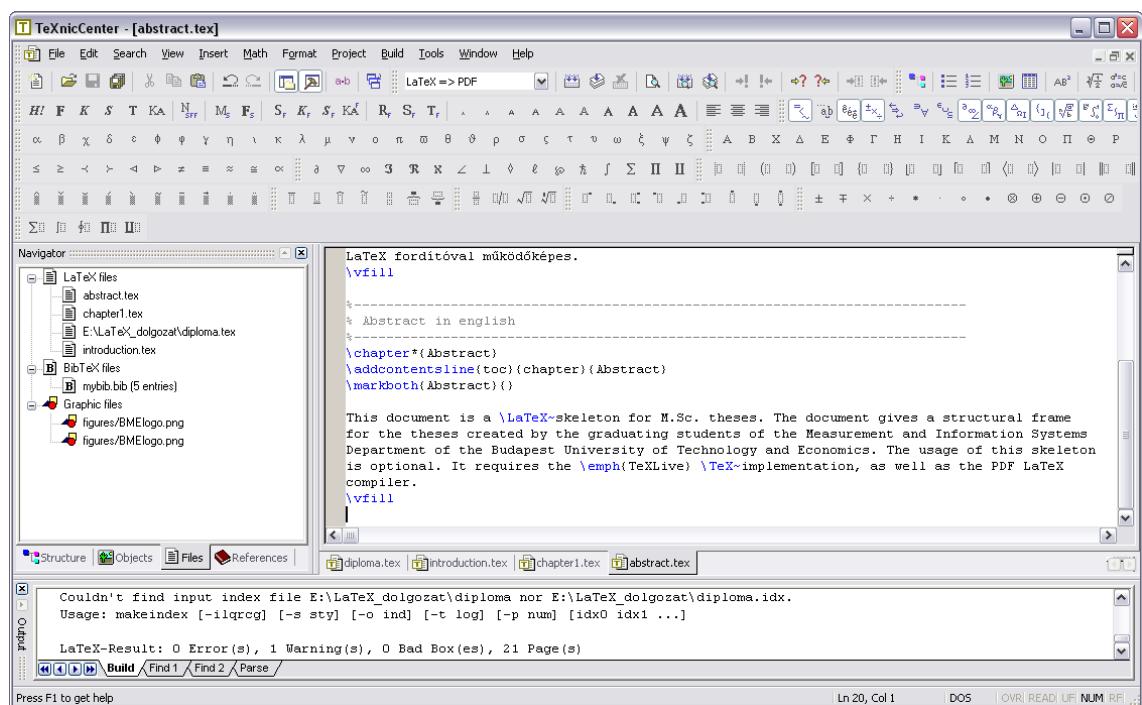
A főfejezetek külön `chapter{1..n}.tex` fájlban foglalnak helyet. A sablonhoz 3 fejezet készült. További főfejezeteket úgy hozhatunk létre, ha új `chapter{i}.tex` fájlt készítünk a fejezet számára, és a `diploma.tex` fájlban, a `\include` és `\includeonly` utasítások argumentumába felvesszük az új `.tex` fájl nevét.

# Irodalomjegyzék

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned\\_aerial\\_vehicle](http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle), 2013. május 4, 10:00
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Hewitt-Sperry\\_Automatic\\_Airplane](http://en.wikipedia.org/wiki/Hewitt-Sperry_Automatic_Airplane), 2013. május 4, 10:00
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned\\_combat\\_air\\_vehicle](http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_combat_air_vehicle), 2013. május 4, 10:00
- [4] <http://www.defenseindustrydaily.com/uav-ground-control-solutions-06175/>, 2013. május 4, 10:00
- [5] [http://api.ning.com/files/ga5AVWy8xTu8cx9rHdzJ73Epc\\*dzb0uy\\*UPe0O8wFxogMF6WRNW8StK3xzkG2iBk16kNFpYTZe80NgM8kbXOiyxrEwUXIt/GroundControlStation.pdf](http://api.ning.com/files/ga5AVWy8xTu8cx9rHdzJ73Epc*dzb0uy*UPe0O8wFxogMF6WRNW8StK3xzkG2iBk16kNFpYTZe80NgM8kbXOiyxrEwUXIt/GroundControlStation.pdf), 2013. március 19., 15:00
- [6] <http://www.rodiangroup.com/uav-ground-control-station.html>, 2013. március 19., 15:00
- [7] <https://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/HappyKillmore>, 2013. március 19., 16:00
- [8] [http://www.vikingaero.com/uav\\_ground\\_control\\_station.html](http://www.vikingaero.com/uav_ground_control_station.html), 2013. március 19., 16:00
- [9] [http://www\\_mono-project.com](http://www_mono-project.com), 2013. március 19., 17:00
- [10] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.io.ports.serialport.aspx>, 2013. március 20, 10:00
- [11] <http://com0com.sourceforge.net/>, 2013. május 4, 10:00

# Függelék

## F.1. A TeXnicCenter felülete



F.1.1. ábra. A TeXnicCenter Windows alapú L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-szerkesztő.

## F.2. Válasz az „Élet, a világmindenség, meg minden” kérdésére

A Pitagorasz-tételeből levezetve

$$c^2 = a^2 + b^2 = 42. \quad (\text{F.2.1})$$

A Faraday-indukciós törvényből levezetve

$$\operatorname{rot} E = -\frac{dB}{dt} \quad \rightarrow \quad U_i = \oint_{\mathbf{L}} \mathbf{E} d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_A \mathbf{B} d\mathbf{a} = 42. \quad (\text{F.2.2})$$