Szegedi Tudományegyetem

Informatikai Tanszékcsoport

SZAKDOLGOZAT

Nagy Bence

2015

Szegedi Tudományegyetem

Informatikai Tanszékcsoport

**Átviteli függvény mérési- és HIL szimulációs funkciók megvalósítása oktatási célokra a MADAQ univerzális műszer segítségével**

**Development of modules for transfer function measurement and HIL simulation for educational purposes using the MADAQ universal device**

Szakdolgozat

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Készítette: |  | Témavezető: |  |
|  | Nagy Bence |  | Dr. Mingesz Róbert |  |
|  | mérnök informatika szakos hallgató |  | egyetemi adjunktus |  |

Szeged

2015

## Feladatkiírás

Robi.

## Tartalmi összefoglaló

* A téma megnevezése:

Átviteli függvény mérési- és HIL szimulációs funkciók megvalósítása oktatási célokra a MADAQ univerzális műszer segítségével

* A megadott feladat megfogalmazása:

Áramkörök átviteli függvényének mérését lehetővé tevő MADAQ és LabView szoftver fejlesztése. Segéd szűrőáramkör tervezése és megépítése.

Egy ház fűtésének HIL szimulációjának megvalósítása, és egy ezen alapuló vizsgafeladat készítése a „Mikrovezérlők alkalmazástechnikája” kurzus laboratóriumi gyakorlatához.

* A megoldási mód:

Specifikáció, átviteli függvény mérési algoritmus megadása. Inkrementális fejlesztés: jelgenerátor funkció készítése, utána 1-, majd 2 csatornás mérés, utólag sine sweep implementálása és futási idő optimalizálása. Ezzel párhuzamosan tesztek, szimulációk futtatása a segédpanel elkészítéséhez. Ezt követően kapcsolási rajz, NYÁK terv készítése, alkatrészek kiválasztása, áramkör megépítése. Hardver- és szoftver tesztelés, hibakeresés, hibák javítása.

* Alkalmazott eszközök, módszerek:

Beágyazott szoftverfejlesztéshez a Silabs ConfigWizard2, Silabs IDE és Notepad++ programokat használtam, PC-s szoftverfejlesztéshez LabView-t, áramkörök szimulációjához Tina és MATLAB programokat. A MADAQ-hoz tartozó segédpanelt EAGLE-ben terveztem, és a NYÁK-ot a Mikropan Kft gyártotta le. Az összeszereléshez a Zaj labor eszközeit (multiméter, forrasztóállomás, fogó, csipesz) használtam. Az ábrák az Adobe Photoshop CS5, Dia, Snipping tool segítségével készültek.

* Elért eredmények:

A MADAQ eszközt sikerült bővíteni a kitűzött funkciókkal. Elkészült a segédpanel, és sikerült lemérni néhány szűrőkör átviteli függvényét.

A hallgatók élesben megkapták a készített HIL-es feladatot, és levizsgáztak rajta.

* Kulcsszavak:

Átviteli függvény, mérés, szűrőkör, szoftverfejlesztés, hardverfejlesztés, mikrovezérlő, LabView, HIL

## Tartalomjegyzék

[Feladatkiírás 2](#_Toc419127260)

[Tartalmi összefoglaló 3](#_Toc419127261)

[Tartalomjegyzék 4](#_Toc419127262)

[Bevezetés 6](#_Toc419127263)

[1. Irodalmi áttekintés 7](#_Toc419127264)

[1.1. AD konverzió 7](#_Toc419127265)

[1.2. Timer-ek 7](#_Toc419127266)

[2. Felhasznált módszerek, eszközök 8](#_Toc419127267)

[2.1. MADAQ 8](#_Toc419127268)

[2.2. Szoftver fejlesztés 8](#_Toc419127269)

[2.3. Hardver fejlesztés 8](#_Toc419127270)

[3. Átviteli függvény mérése 9](#_Toc419127271)

[3.1. Elméleti áttekintés 9](#_Toc419127272)

[3.1.1. Átviteli függvények 9](#_Toc419127273)

[3.1.2. Szűrőkörök 9](#_Toc419127274)

[3.1.2. Mérés folyamata 9](#_Toc419127275)

[3.2. Hardverfejlesztés, szűrő segédpanel 9](#_Toc419127276)

[3.2.1. Specifikáció 9](#_Toc419127277)

[3.2.2. Szimulációs eredmények 9](#_Toc419127278)

[3.2.3. Kapcsolási rajz és NYÁK tervezése 9](#_Toc419127279)

[3.2.4. Eltérések a terv és a megvalosított panel között 9](#_Toc419127280)

[3.3. Szoftverfejlesztés 9](#_Toc419127281)

[3.3.1. Specifikáció 9](#_Toc419127282)

[3.3.1. MADAQ szoftver 9](#_Toc419127283)

[3.3.2. LabView szoftver 9](#_Toc419127284)

[4. Ház fűtésének HIL szimulációja 10](#_Toc419127285)

[4.1 Specifikáció 10](#_Toc419127286)

[4.1.1. Felhasznált hardverek 10](#_Toc419127287)

[4.1.2. Feladat leírása 11](#_Toc419127288)

[4.2. Hardware in the loop 12](#_Toc419127289)

[4.3. Ház termikus modellje 12](#_Toc419127290)

[4.3.1. Euler módszer 12](#_Toc419127291)

[4.3.2. Matematikai modell 13](#_Toc419127292)

[4.4. Szoftverfejlesztés 15](#_Toc419127293)

[4.4.1. MADAQ szoftver 15](#_Toc419127294)

[4.4.2. LabView szoftver 15](#_Toc419127295)

[5. Összefoglalás 17](#_Toc419127296)

[5.1. Eredmények 17](#_Toc419127297)

[5.2. Fejlesztési lehetőségek 17](#_Toc419127298)

[Irodalomjegyzék 18](#_Toc419127299)

[Nyilatkozat 20](#_Toc419127300)

[Köszönetnyilvánítás 21](#_Toc419127301)

# Bevezetés

- madaq rövid intro, mit tud, mire jó

- periodikus jelgenerálás a 0-ról, eddig nem tudta

- a madaq eddig nem tud periódikusan mintavételezni, csak DC-s cuccok (vagy nem használták ilyenre)

- 2 csatornán se tudott szinkron mérni (vagy nem használták ilyenre?)

- a blabla második felében HIL

- mikrovez laboron mit csinálnak, ezek uniója a feladat kb.

- laborhoz szép shiny feladat

- félig realtime szabályzás, valósabb helyzet mint eddig

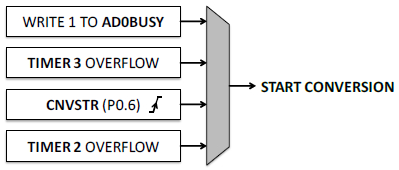
# 1. Irodalmi áttekintés

## 1.1. AD konverzió

Az analóg digitál konverter egy mikrovezérlőben megtalálható periféria, amely analóg feszültséget alakít egy *b*-bites egész számmá, ahol egy fix, stabil referenciafeszültség. A bemeneti feszültség a tartományban mozoghat. [**mc jegyzet**]



Időben változó jelek mérése, mintavételezése AD konverziók sorozatából áll. A feladatomhoz fontos, hogy a mérések szabályos időközönként történjenek, stabil mintavételi frekvenciára van szükség. A 8051F410 mikrovezérlőn az alábbi módon lehet AD konverziót indítani: **[mc jegyzet]**



**NULL** ábra – AD konverziót indításának módjai

## 1.2. Timer-ek

A Timer, vagy időzítő egy szintén mikrovezérlőben megtalálható periféria, egy belső oszcillátorral vagy külső jellel léptetett bináris számláló. Események számlálására vagy generálására (pl. interrupt) használható. **[mc jegyzet]** A programomban a mintavételezés Timer-en alapul. A Timer overflow rate az alábbi képlettel adható meg:

ahol a Timer-t léptető órajel frekvencia, a pedig a számláló kezdőértéke egy overflow-t követően. Egy számláló általában 8 vagy 16 bit-es, tehát értéke 8 vagy 16.

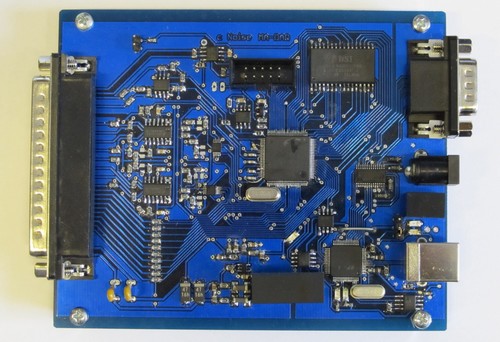
# 2. Felhasznált módszerek, eszközök

## 2.1. MADAQ

- szakdoga alapja

- Mire jó a MADAQ? Külső olvasónak elmagyarázni.

- jobb leiírás mint a bevezetésben



**NULL** ábra – A MADAQ műszer doboz nélkül

## 2.2. Szoftver fejlesztés

- elektronika laboron tanultakat automatizáltam [**elektro labor**]

- madaq eredeti kódja [**link?**]

- labview vanilla madaq driver [**llb noise**]

- mikrovez jegyzet [**mikro jegyzet**]

## 2.3. Hardver fejlesztés

- eagle

- matlab, tina

- zaj labor

- internet [**ilyen olyan pdf**]

- datasheeteket olvastam [**datash**]

- mikropan, ret [**kft**]

- lásd Tomi

- f410 kit, stick, MSE board

# 3. Átviteli függvény mérése

## 3.1. Elméleti áttekintés

### 3.1.1. Átviteli függvények

### 3.1.2. Szűrőkörök

### 3.1.2. Mérés folyamata

## 3.2. Hardverfejlesztés, szűrő segédpanel

### 3.2.1. Specifikáció

### 3.2.2. Szimulációs eredmények

### 3.2.3. Kapcsolási rajz és NYÁK tervezése

### 3.2.4. Eltérések a terv és a megvalosított panel között

## 3.3. Szoftverfejlesztés

### 3.3.1. Specifikáció

### 3.3.1. MADAQ szoftver

### 3.3.2. LabView szoftver

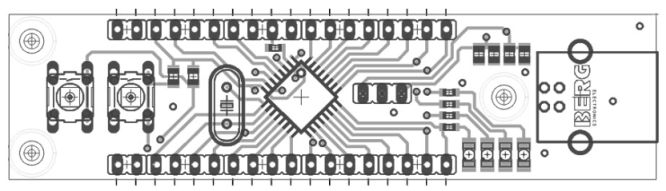
# 4. Ház fűtésének HIL szimulációja

## 4.1 Specifikáció

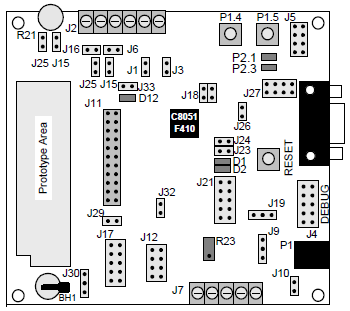
### 4.1.1. Felhasznált hardverek

A feladat bemutatása előtt fontosnak tartom ismertetni a felhasznált hardveres eszközöket és azok szerepét. A fejlesztés során összesen 4 eszközre volt szükség, így a feladat zavaros és megtévesztő lehet.

* PC
  + **NULL** ábrán látható
  + numerikus szimulációt végez
  + kijelzi annak állapotát indikátorokon, grafikonokon
  + kommunikál a MADAQ-kal
  + a MADAQ által küldött adatokat kijelzi
  + utasítást küld a MADAQ-nak
* MADAQ
  + **NULL** ábrán látható
  + kommunikál a PC-vel
  + digitális jeleket olvas az F410 kit felől, és továbbítja a PC-nek
  + analóg jelet küld az F410 kit-nek a PC utasítása alapján
* 8051F410 development kit (F410 kit)
  + **NULL** ábrán látható
  + a MADAQ digitális portjaira küld jeleket adatok PC-s kijelzéséhez és a szimulációba való beavatkozáshoz
  + a PC-s szimulációra vonatkozó analóg jelet olvas
* 8051F410 stick modul (F410 stick)
  + **NULL** ábrán látható
  + szerepében a MADAQ-kal teljesen megegyező eszköz
  + csak hallgatók nagy létszáma miatt az eszközt felhasználni



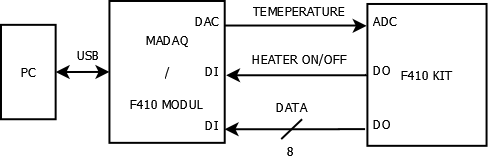
**NULL** ábra – Az 8051F410 stick modul



**NULL** ábra – A 8051F410 development kit

### 4.1.2. Feladat leírása

* HIL rendszer megalkotása a MADAQ és PC segítségével
* egy ház belső hőmérsékletét és fűtés rendszerét szimuláló LabView PC szoftver készítése
  + kommunikáció a MADAQ és PC között
  + ház numerikus szimulációja
  + ház állapotának kijelzése PC-n
    - idő
    - külső, belső, fűtővíz hőmérséklet
    - termosztát aktuális értéke
    - fűtés ON/OFF indikátor
    - kazán meghibásodása
* MADAQ forráskódjának bővítése
  + analóg jelek mérése/előállítása
  + digitális portok írása/olvasás
* vizsga feladatsor készítése a „Mikrovezérlők alkalmazástechnikája” nevű laboratóriumi gyakorlathoz a 8051F410 kit felhasználásával
  + a ház hőmérsékletének szabályozása, termosztát implementálása

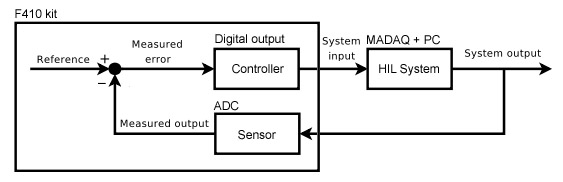


**NULL** ábra – Szimulációhoz használt eszközök, és a köztük menő jelek

A **NULL** ábrán látható vezetékek funkciója:

* *TEMPERATURE*: PC-n szimulált ház szobahőmérsékletével arányos analóg feszültség a 0 – 2V tartományban, amely a hőmérséklet tartományt fedi le.
* feszültség-hőmérséklet konverzió:
* *HEATER ON/OFF*: digitális jel a fűtés ki/be kapcsolásához
* *DATA-0 – DATA-7*: digitális jel, PC-s kijelzéshez használható 8 vezeték; a termosztát hőmérséklete

A hallgatóknak kiadott vizsgafeladat a PC-n szimulált ház fűtésének szabályzása a C8051F410 kit segítségével. A megoldás során csak digitális/analóg portok írásával/olvasásával kell foglalkozni, kommunikációval nem. A feladat tehát egy hőmérséklet érték szabályzása ON/OFF vezérlőjellel. Az alábbi ábra ezt szemlélteti:



**NULL** ábra – Vizsgafeladat szemléltetése egy negatív visszacsatolási hurokkal

## 4.2. Hardware in the loop

A HIL szimuláció lehetővé teszi valós idejű beágyazott rendszerek egyszerűbb és biztonságosabb fejlesztését, tesztelését. **KEVÉS.**

## 4.3. Ház termikus modellje

### 4.3.1. Euler módszer

Az Euler módszer egy numerikus, iteratív eljárás differenciálegyenletek (ODE) megoldásához. Az iteráció egy ismert kezdőértékről indul. A következő érték kiszámításához szükség van az előző értékre, egy lépésközre, valamint magára a differenciálegyenletre. Formális integrálásra azonban nincs szükség, illetve a módszer nem ad analitikus megoldást. Legyen adott egy

alakú differenciálegyenlet. Ekkor az egyenlet közelítő, numerikus megoldása a

képletek segítségével számolható ki. [**euler wiki**] [**mal labor**]

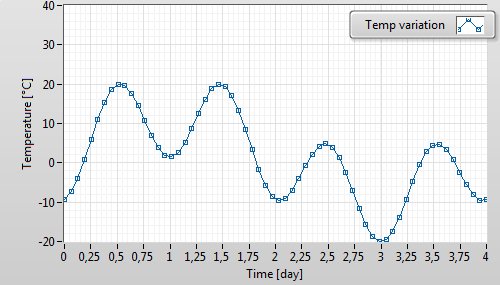
### 4.3.2. Matematikai modell

A ház belső fűtés-rendszerének szimulációjához egy MATLAB példaprogram differenciálegyenleteit és fizikai állandóit használtam fel, a megoldáshoz pedig az Euler módszert. A lenti egyenletekben az értékek egy házra jellemző konstansok. Jelentésük és értékük megtalálható a szimulációs programban. az aktuális külső, fűtővíz- és szobahőmérsékletet jelölik ebben a sorrendben. a fűtésből nyert hő, pedig a hőveszteség. A legfontosabb változó a melynek változását az alábbi néhány egyenlet írja le: [**mathworks**]

Az Euler módszer formuláját felhasználva az iterációs képlet:

A fenti egyenletekben nincs megadva, hogy a fűtővíz milyen dinamikával melegedjen fel, vagy hűljon le. A vezérlés egy jellel történik. A fűtővíz hőmérsékletének változásához ez RC szűrő áramkör matematikai modelljét használtam. Nem mondható valóságosnak, de a feladatnak megfelel. A fűtés állapotban 50°C-ra melegszik (x.y). állapotban felveszi a szoba hőmérsékletét (x.y). A fűtővíz hőmérsékletének szabályzása nem része a modellnek.

A külső hőmérséklet egy kitalált napi- és egy 4 napos hőingást követ, ahol délben a legmagasabb a hőmérséklet, és éjfélkor a legalacsonyabb egy abszolút paraméter-érték között. Ehhez hozzáadódik egy korlátozott Brown mozgás is. Az elképzelést a (x.y) képlet szemlélteti:



**NULL** ábra – 4 nap hőingása a [-20°C, 20°C] tartományban

## 4.4. Szoftverfejlesztés

### 4.4.1. MADAQ szoftver

A szimulációs LabView programhoz képest a MADAQ-on futó kód sokkal egyszerűbb. Lényegében a MADAQ egyetlen feladata egy fizikai interfészt biztosítani az 8051F410 kit és a PC között. A program futása alatt vagy utasítás érkezésére vár, melyek a PC felől érkeznek UART kommunikáció segítségével. A függvénnyel 1 byte-ot lehet beolvasni a soros portról.

**while** **(**1**)** **{**

**while** **(**SInOut**()!** **=** '@'**);**

c **=** SInOut**();**

**...**

// get port state, "p" = port

**else** **if** **(**c **==** 'p'**)** **{**

SOut**(~**P0**);**

SOut**(~**P1**);**

**}**

**...**

**else** **if** **(**c **==** 'd'**)** // set DAC0

**{**

unsigned char a**;**

c**=**SInOut**();** // hi

a**=**SInOut**();** // lo

SFRPAGE **=** DAC0\_PAGE**;**

DAC0CN **=** 0x84**;**

DAC0L**=**a**;**

DAC0H**=**c**;**

**}**

**}**

**NULL** kódrészlet – DAC beállítása és digitális inputok állapotának továbbítása

### 4.4.2. LabView szoftver

Az **NULL** ábrán látható program végzi a két legfontosabb feladatot:

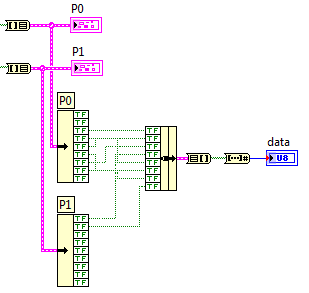
* 4.3.2. fejezetben leírt ház termikus modelljének szimulálása
* kommunikáció MADAQ-kal.

A differenciálegyenletek megoldása történhetne a MADAQ-on is, de mivel a rendszer időben relatívan lassan változik, ezért a kommunikáció okozta késés nem jelent gondot, nem okoz instabilitást sem. Egy időben időben gyorsan változó, ráadásul valós idejű rendszert problémásabb lenne a jelenlegi hardver összeállítással kezelni. Valamint egy 8 bites mikrovezérlő kisebb szabadságot ad bonyolultabb számítások implementálásra, mint a LabView.

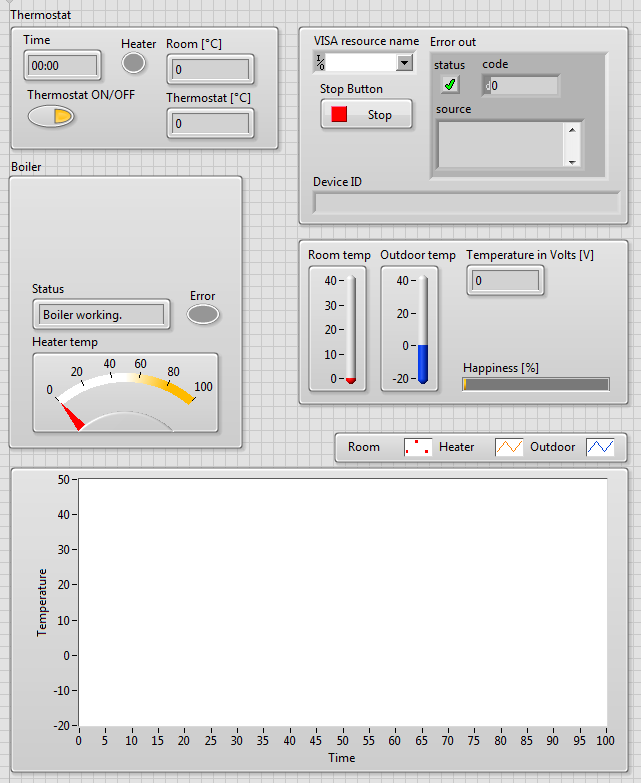
Egy ház fűtése hosszú ideig tart valós időben, ezért szükség volt egy 3600-szoros idő gyorsításra. A házban eltelt egy nap a valóságban A program rendelkezik egy belső órával, amelyet formátumban jelez ki. Az óra pl. a külső hőingás megfigyeléséhez szükséges.

A program első induláskor inicializálja a soros portot, konfigurálja a MADAQ digitális bemeneteit a utasítás segítségével, majd lekérdezi az eszközinformációt. Ha nem érkezik válasz, akkor a szimuláció sem indul el. Utána egy végtelen ciklusban frekvenciával lekérdezi a MADAQ-on levő digitális portok állapotát (adat vezeték, fűtés ki/be kapcsolás) és beállítja a DAC feszültségét (hőmérséklettel arányos) a és utasítások segítségével. A numerikus szimuláció szintén frekvenciával végzi az iterációt. A ház állapotát a **NULL** ábrán látható indikátorok jelzik, amelyek minden iterációban frissülnek. Ha a szoba hőmérséklete alá csökken, akkor a házban levő víz megfagy, amely a fűtőrendszer meghibásodását okozza. Ezt egy státusz indikátor jelzi. Hibás állapotban a fűtés nem lesz hatással a szoba hőmérsékletére, de a szimuláció nem áll meg. A gomb megnyomására a MADAQ visszaáll a kezdőállapotába, hogy más feladatokra használható legyen újraindítás nélkül, valamint lezárja a soros portot.

A MADAQ-on 10 szabad láb található, amelyből 8 vezetéket egy 8 bites számként értelmezek. A vezetékezést úgy terveztem, hogy a MADAQ és F410 kit közötti vezetékek helyiérték szerint legyenek egymás mellett és az összeszerelés minél egyszerűbb legyen. A MADAQ D-SUB csatlakozóján azonban a lábak nem helyiérték szerint lettek kiosztva a, sőt a nincs olyan port, amelynek mind a 8 lába szabad volna, így szoftveresen át kellett „rendezni”.



**NULL** kódrészlet – 8 bites változó készítése bitek átrendezésével



**NULL** ábra – A LabView program előlapja.

# 5. Összefoglalás

## 5.1. Eredmények

## 5.2. Fejlesztési lehetőségek

# Irodalomjegyzék

Dr. Gingl Zoltán, Dr. Mingesz Róbert - Laboratory practicals with the C8051Fxxx microcontroller family

Lantos Béla – Irányítási rendszerek elmélete és tervezése I.

Transfer Function Measurement Toolbox

<https://ccrma.stanford.edu/realsimple/imp_meas/imp_meas.pdf>

HIL

<http://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-in-the-loop_simulation>

Neg feedback loop

<http://en.wikipedia.org/wiki/Control_theory>

Thermal model of a house

<http://www.mathworks.com/help/simulink/examples/thermal-model-of-a-house.html>

Magic calculator

<http://sim.okawa-denshi.jp/en/Fkeisan.htm>

Euler method

<http://en.wikipedia.org/wiki/Euler_method>

Mérés és Adatgyűjtés laboratóriumi gyakorlat – 5. óra

<http://www.inf.u-szeged.hu/~mingesz/Education/MAL/>

F410 kit kép

<http://nz.apexelex.com/images/microcontroller_kits/C8051F410TB.jpg>

F410 Kit

<http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/C8051F41x-DK.pdf>

MADAQ kép

<http://www.noise.physx.u-szeged.hu/edudev/madaq/doc/MADAQS.jpg>

# Nyilatkozat

Alulírott ………………..………… szakos hallgató, kijelentem, hogy a dolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem, Informatikai Tanszékcsoport ……………………….. Tanszékén készítettem, …………………….…….…… diploma megszerzése érdekében.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon korábban nem védtem meg, saját munkám eredménye, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök, stb.) használtam fel.

Tudomásul veszem, hogy szakdolgozatomat / diplomamunkámat a Szegedi Tudományegyetem Informatikai Tanszékcsoport könyvtárában, a helyben olvasható könyvek között helyezik el.

Dátum

Aláírás

# Köszönetnyilvánítás