

Logikai analízátor mikrovezérlővel

Berta Máté

HPD5LB

Konzulens:

Naszály Gábor

Tartalomjegyzék

Specifikáció	2
Feladatkiírás	2
Hardver	2
Szoftver	2
Rendszerterv	3
Kapcsolási rajz	4
Komparátor áramkör működése	4
Számítások	5
Szimuláció	5
TVS diódatömb	6
NYÁK előlap.....	6
NYÁK hátlap.....	7
Beágyazott szoftver	8
Szoftver által használt hardver elemek.....	8
Felhasznált em_lib könyvtárak.....	8
Mintavételezés és tárolás.....	8
Állapotgép felépítés.....	8
Folyamatábra	8
Adat megjelenítő szoftver	9
Szoftver által használt hardver elemek.....	9
Felhasznált python könyvtárak.....	9
Adatfeldolgozás.....	9
Vizualizáció.....	9
Folyamatábra	9
Fejleszthetőség	10
Eszköz használata.....	10
Mellékletek.....	11
Irodalomjegyzék.....	11

Specifikáció

Logikai analízátor mikrovezérlővel (4 digitális csatorna, állítható komparálási szinttel)

Feladatkiírás

A hallgató feladata egy kiegészítő áramkör megtervezése és elkészítése a Silicon Labs STK3700 fejlesztői kártyához. Az áramkör által megvalósítandó funkció egy logikai analízátor négy digitális csatornával, és állítható komparálási szinttel. A bemenetek legyenek védettek a túl- és alulfeszültséggel szemben. Az áramkör elkészítésén felül a hallgató feladata kitér a funkció ellátásához szükséges beágyazott szoftver megvalósítására is. Ez utóbbival szemben minimum elvárás, hogy képes legyen azonnali trigger szerint (pl. gombnyomás) elkezdni a mintákat venni, mindezt belső (a megfigyelt eszköztől független) órajel alapján, majd a mintavételi tár betelte után a vett mintákat virtuális soros porton keresztül a PC-nek küldeni.

Opcionális cél lehet a mintavételi frekvencia állíthatóvá tétele, állapotanalízis megvalósítása (a mintavételezést ütemező jel a megfigyelt rendszer órajele), a mintavételi tárban a trigger tetszőleges helyre pozicionálása, azonnali triggerrel bonyolultabb trigger feltételek beállíthatóvá tétele.

A félév során elvégzendő részfeladatokat az alábbi pontok tartalmazzák.

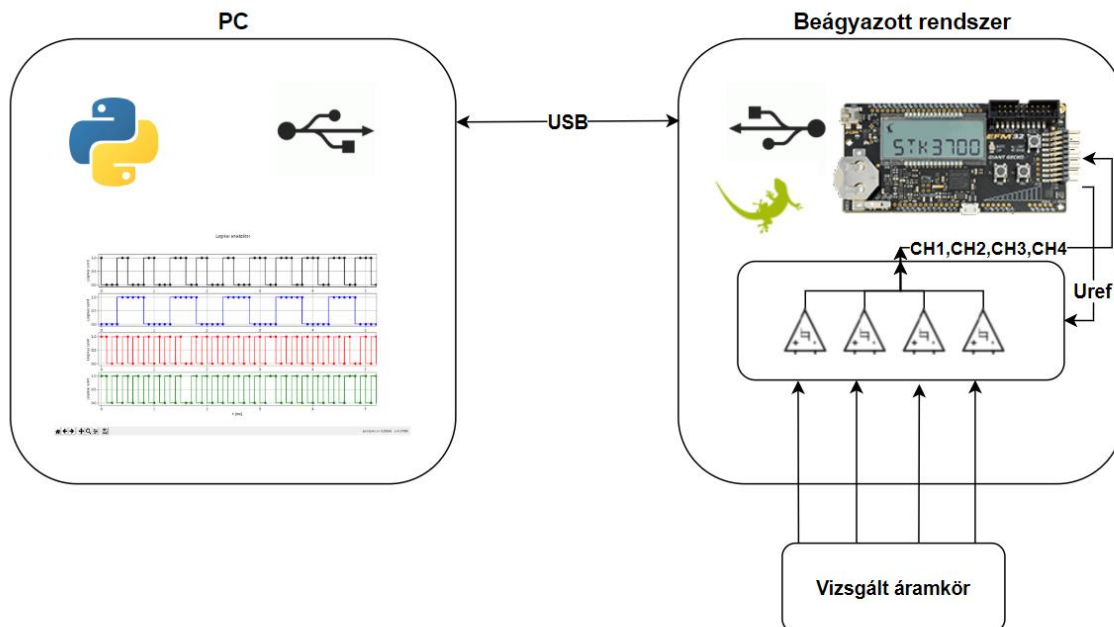
Hardver

- A funkció megvalósításához szükséges hardware elemek kiválasztása (ezek lehetnek az STK3700 kártyán található mikrokontroller belső perifériái, vagy külső áramkörök).
- A kiválasztott hardware elemek felhasználásával a kiegészítő áramkör kapcsolási rajzának megtervezése.
- A kapcsolási rajz alapján az áramkör NYÁK tervének elkészítése.
- A NYÁK gyártást és alkatrész beszerzést (nem a hallgató feladata) követően az áramkör beültetése.

Szoftver

- A szoftver alap változatának elkészítése (amely a minimum követelményeknek eleget tesz).
- Amennyiben idő engedi, az opcionális feladatok közül egyéb pontok megvalósítása.

Rendszerterv



1. ábra

Az STK3700-as kártya végzi az adatok mintavételezését, tárolását és az A/D átalakításhoz szükséges referencia feszültség előállítását.

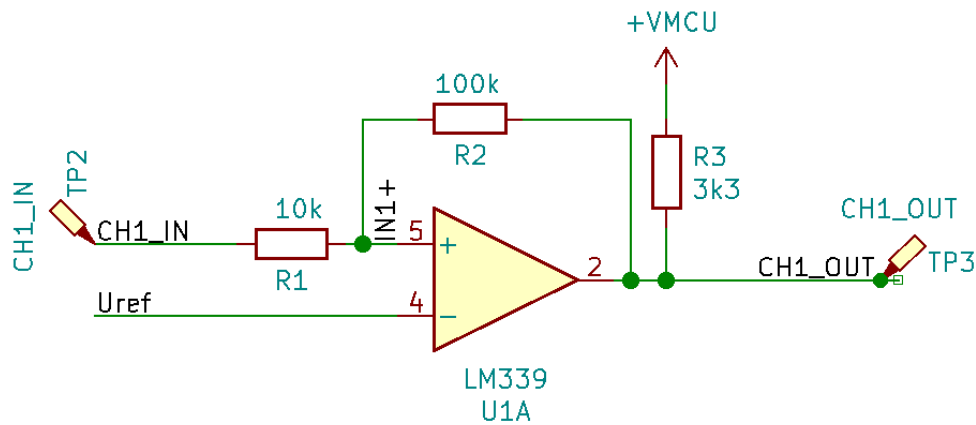
Kiegészítő áramkörként csatlakozik a mikrovezérlőhöz egy komparátor áramkörökből, és TVS dióda tömbből álló áramkör, amely a jelkondicionálást és az A/D átalakítást végzi.

Az eltárolt adatokat virtuális soros porton várja egy USB mini csatlakozóval az STK3700 kártyához kapcsolt PC, melyen olyan Python script fut, ami az adatok csatornákra való szeparálását és megjelenítését végzi.

Az áramkör táplálása A PC-ről az USB kábelén keresztül történik. A kiegészítő NYÁK a fejlesztő kártya expansion header csatlakozóján keresztül kapja a tápot.

Kapcsolási rajz

Komparátor áramkör működése



2. ábra

A 2. ábra szerinti kapcsolás végzi az A/D átalakítást mind a négy csatorna esetén. Ezek alapján csatornánként egy, összesen négy komparátorra van szükség. AZ LM339n 4 komparátort tartalmazó IC-re esett a választás, mivel open-drain kimenettel, illetve a kézi forrasztást megkönnyítő DIP-14 tokozással rendelkezik.

Az integrált áramköri megoldásnak köszönhetően az egyes csatornákat továbbító jelvezetékek hossza kb. azonos, ez elősegíti az azonos időpillanatban való mintavételezést.

Az egyes komparátorok három passzív alkatrész (ellenállás) kiegészítésével alkalmasak az A/D átalakítás megvalósítására. A komparátor kimenetén felhúzó ellenállás található, mely 1 mA-es áramot enged logikai 0 érték mellett, az ellenállással definiált a logikai 1-hez tartozó feszültség szint (VMCU).

A pozitív bemenetre 10 k Ω -os ellenállás, a visszacsatoló ágon 100 k Ω -os ellenállás van, így a hiszterézis sáv a referencia feszültség kb. 90% - 110%-át lefedő tartomány.

Számítások

A pontos billenési feszültség meghatározása a felhúzó ellenállás hatását elhanyagolva a következőképpen történik. [1]

$$IN_+ = U_{ref}$$

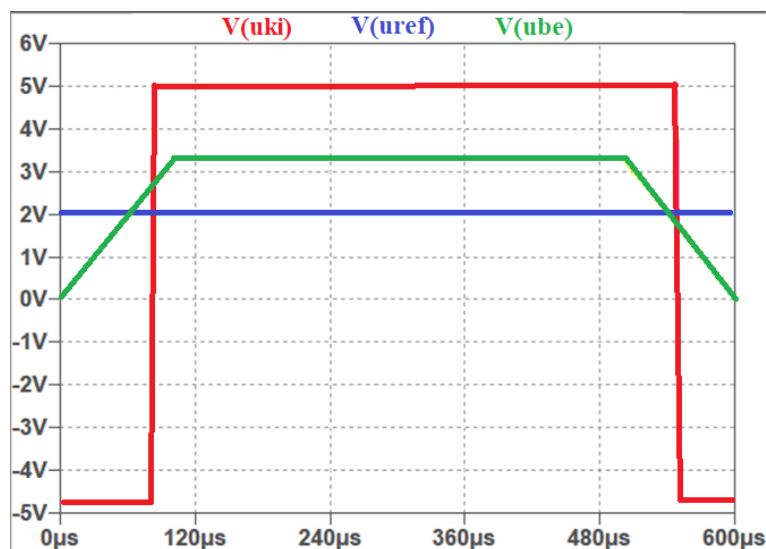
$$IN_+ = CH_{x-IN} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} + CH_{x-OUT} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

CH_{x-IN} és CH_{x-OUT} az aktuális billenési feszültséget és *logikai szinthez tartozó feszültséget veszik fel, tehát:*

$$U_{billenési} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot U_{ref} - \frac{R_1}{R_2} \cdot U_{logikai\ szint}$$

Szimuláció

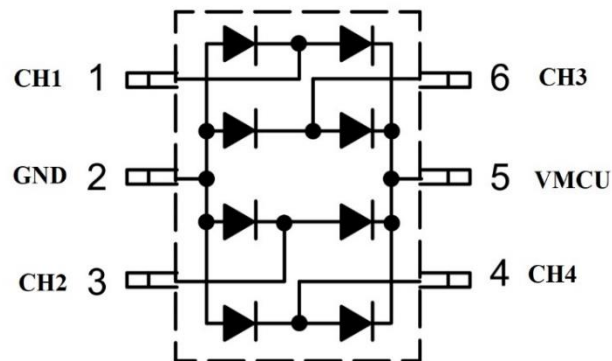
A formula igazolásához LtSpice szimulációt készítettem, mely eredményét a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra

Az ábrán jól látható, hogy szimmetrikus táplálású komparátorral készült a szimuláció, melynek oka a már meglévő Spice modell. A projektben használt áramkör aszimmetrikus tápot kapott.

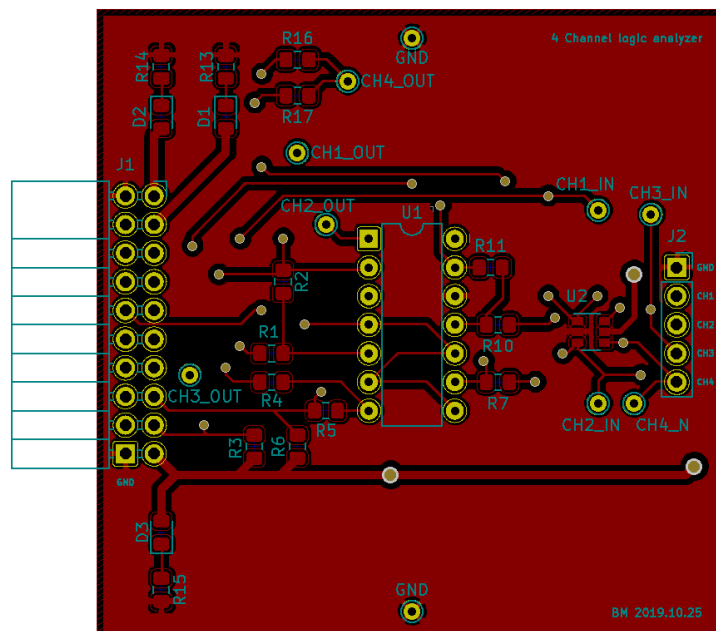
TVS diódatömb



4. ábra

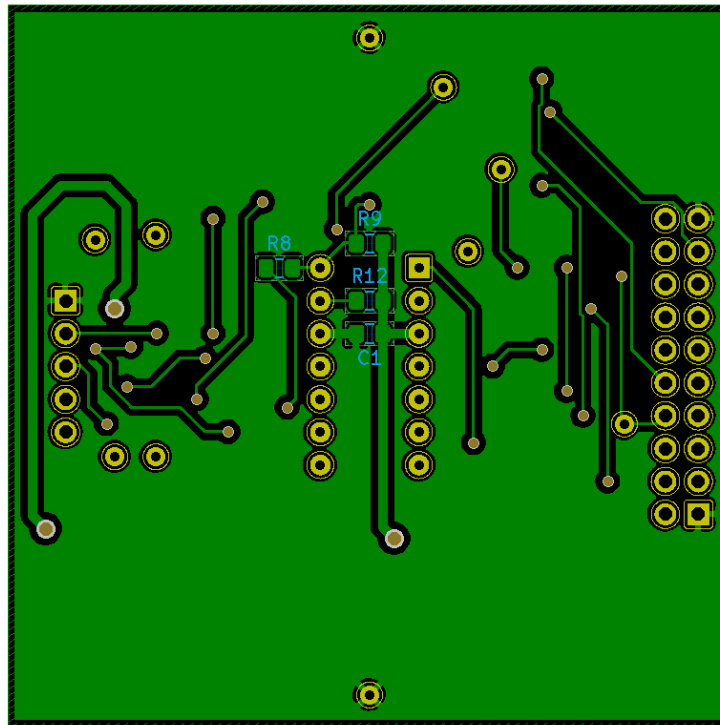
A 4. ábra szerinti kapcsolás védi a komparátor áramkör bemeneteit a vizsgált áramkör felől érkező feszültség tüskék ellen. A felhasznált NUP4301 egy tokban tartalmazza mind a nyolc TVS diódát, melyek pozitív és negatív feszültség tüskéket „levágják”, ezzel megvédik az áramkört.

NYÁK előlap



5. ábra

NYÁK hátlap



6. ábra

A megtervezett áramkört két oldalas NYÁK-on került megvalósításra. Minden aktív alkatrész az előlapra került. A Giant Gecko fejlesztőkártyához 2x10-es tűkesorral (J1) csatlakoztatható az áramkör. A NYÁK közepén található az LM339n (U1), hátlapon a táplálbak közelében hidegítő kondenzátor(C1) helyezkedik el. A bemenet egy 1x5-ös hüvelysor (J2), mely mellett található a védő diódatömb (U2).

Opcionális CH4 kimenetének bekötése a mikrovezérlő felé, R16 és R17 jumper ellenállásokkal kiválasztható, hogy D3 vagy D7 porttal legyen kapcsolat. Ez egy biztonsági funkció, mivel nem egyértelmű a fejlesztő kártya dokumentációjából, hogy D3 lábat a kit használja e, zavarhatná a tervezett működést, viszont így könnyen váltani lehet D7 lábra ezen túl csak szoftveres változtatásra lenne szükség. A letesztelt eszközön D3 porthoz tartozó R17 ellenállás van beforrasztva.

Beágyazott szoftver

Szoftver által használt hardver elemek

A felhasználó a fejlesztő kit-en található LCD-n kap visszajelzést a beállított referencia feszültségről, a kijelző mellett az egyik gomb segítségével állíthatja azt, míg a másik lenyomásával elindíthatja a mérést.

A mikrovezérlő biztosítja a komparáláshoz szükséges referencia feszültséget, ehhez a feladathoz D/A átalakító szükséges. A mintavételezés ütemezését timer interrupt végzi. A PC felé az adatokat UART-on továbbítja az eszköz. [2]

Felhasznált em_lib könyvtárak

em_cmu, em_dac, em_gpio, em_lcd, em_system, em_timer, em_uart

Mintavételezés és tárolás

CH1	CH2	CH3	CH4	CH1'	CH2'	CH3'	CH4'
-----	-----	-----	-----	------	------	------	------

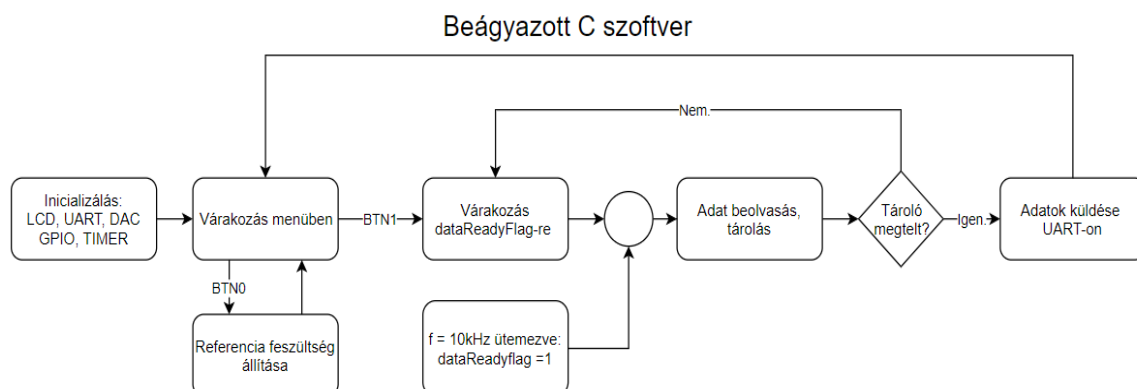
7. ábra

10 kHz-es mintavételi frekvenciával, 200 ms ideig gyűjt adatot a rendszer. A mikrovezérlő D portjának felhasználásával. (D0-D3) A beolvasott bináris adatok egy fix méretű (1024 bájt) tömbben tárolódnak. Két egymást követő beolvasott 4-4 bit információ kerül 1 bájtra (7. ábra szerint), így összesen minden csatornáról 2048 pont kerül tárolásra.

Állapotgép felépítés

A könnyű szoftveres bővíthetőség miatt, állapotgépként szervezett a program működés, jelenleg két állapottal. MenuState és dataCollectState állapotok között gombnyomással lehet váltani, adatgyűjtést követően a rendszer menuState állapotba áll vissza.

Folyamatábra



8. ábra

Adat megjelenítő szoftver

Szoftver által használt hardver elemek

A mikrovezérlő által küldött adatokat virtuális soros porton fogadja a PC, majd a feldolgozott adatokat a számítógép kijelzőjén ábrázolja.

Felhasznált python könyvtárak

scipy, matplotlib, numpy, serial [\[3\]](#) [\[4\]](#)

Adatfeldolgozás

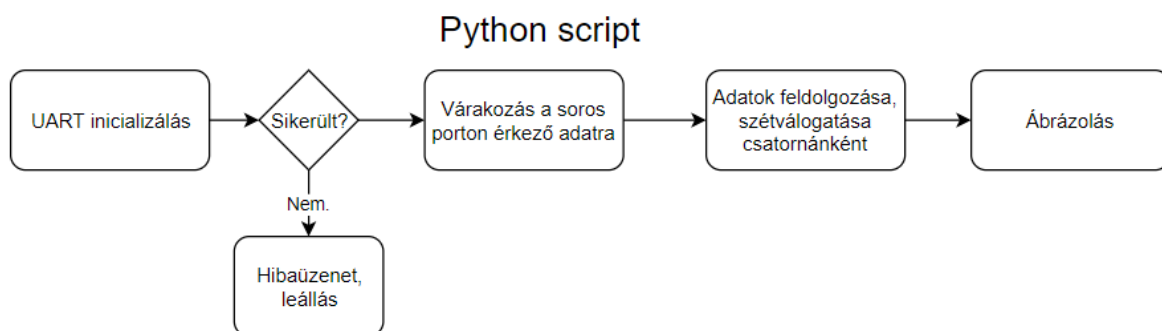
A feldolgozandó adathalmaz 1024 bájt előjel nélküli egészből és lezáró '\n' karakterből áll. Először a lezáró karakter kerül „eldobásra”, majd ciklikusan minden bájtból 8 bit információ kerül szétválogatásra a négy csatornát reprezentáló tömbbe. A szétválogatott bit információ-t előjel nélküli bájtként tárolja a program, viszont ez nem okoz számításbeli problémát, a PC erőforrásai bőven elegendőek ilyen mennyiségű adat tárolásához.

Vizualizáció

A csatornákat tartalmazó adatstruktúrákat egyesével a matplotlib könyvtár step függvényének segítségével ábrázolja a script, az időtengely lineáris távolságú pontokból áll. Az egyes pontok összeköttetése lépcsőzetes, két minta között vízszintesen tartja az értékét a kapott függvény.

A megjelenített négy időfüggvény célszerűen közösen mozgatható horizontális és vertikális irányban is. Konkrét időpontra való közelítés esetén minden csatorna azonos skálázással mutatja az időfüggvényét.

Folyamatábra



9. ábra

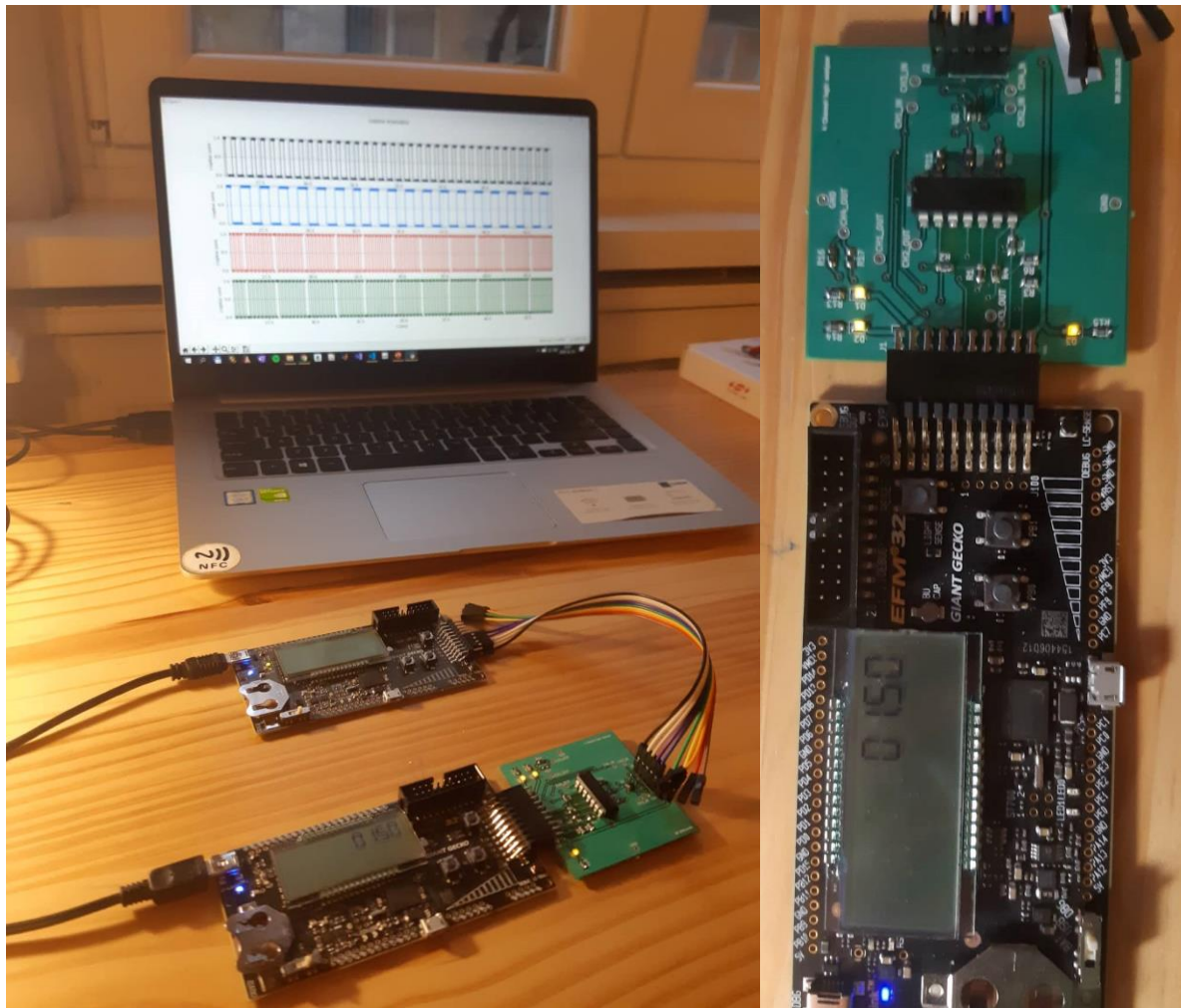
Fejleszthetőség

Az állapotgép megvalósítás miatt, szoftveresen könnyen bővíthető. Bármely új funkció a menuState módosításával és új állapot felvételével implementálható.

A következő új funkciók megírása lenne kézenfekvő:

- Trigger funkció tetszőleges csatorna fel- és lefutó élére
- Állapotanalízis (CH1 a megfigyelt rendszer órajelét megfigyelve azzal ütemezze a mintavételezést)
- Egyéb trigger események definiálhatóak (pl. CHx-en tetszőleges karakterre triggerelés)

Eszköz használata



10. ábra

A 10. ábra jobb oldali képén látható, hogy az eszköz LCD kijelzőjén visszajelzi a beállított referencia feszültséget. A kártyán található PB1 gombbal indítható az adatgyűjtés, amely eredményét a PC vizualizálja (10. ábra bal oldal).

Mellékletek

Teljes KiCad projekt könyvtár: temalab_comparator mappa

Python script: logic_analyzer.py

Teljes simplicity studio projekt: Temalabor mappa

LM339n datasheet: lm339-n.pdf

NUP4301 datasheet: AND8231-D.pdf

Irodalomjegyzék

[1] Dr. Pap László: Elektronika I. 253. old. 12.2. forrás:
<http://www.hit.bme.hu/~gaal/elektronika/Elektronika1.pdf>
(2019.12.01)

[2] EFM32GG Reference Manual,
<https://www.silabs.com/documents/public/reference-manuals/EFM32GG-RM.pdf>
(2019.12.01)

[3] Matplotlib dokumentáció
https://matplotlib.org/3.1.1/api/pyplot_summary.html
(2019.12.01)

[4] Pyserial dokumentáció
<https://pyserial.readthedocs.io/en/latest/shortintro.html>
(2019.12.01)