Budapest, 2017. szeptember 26.

**Diplomaterv feladat**

**Schuszter André**

szigorló MSc villamosmérnök hallgató részére

**Demonstrációs eszközök fejlesztése Bosch szenzorok segítségével**

A hallgató feladata a budapesti Bosch fejlesztői központ 10 éves évfordulójára a méréstechnika csoport által fejlesztett nyomás- és inerciálisszenzorok működésének szemléltetésére alkalmas eszközök tervezése. A feladat magában foglalja a demonstrációs eszközökhöz való nyomtatott áramkör megtervezését, alkalmazott mikrovezérlő programozását és a windows-os alkalmazói program implementálásást. A projekt során 4 eszközt tervezek megvalósítani a szenzorok működésének szemléltetésére : Boxzsák gyorsulásszenzorral, RC-kocsi inerciálisszenzorral, „lopós” játék-nyomásszenzorral, „Üss meg”- nyomásszenzorral.

**Feladat főbb pontjai:**

* szenzorok, fejlesztői környezetek megismerése, időterv elkészítése
* Alkatrészek kiválasztása
* kapcsolási rajz tervezése
* nyomtatott huzalozási lemez megtervezése
* alkatrészek kézi beültetése
* hardver bemérése, használatba vétele
* szenzorkommunikáció implementálása
* Bluetooth kommunikáció létesítése
* grafikus felület felépítése C# segítségével
* adatok feldolgozása C#-ban
* rendszerteszt

Vállalati konzulens: Bartakovics Tamás

Tanszéki konzulens: Dr.Iváncsy Szabolcs

**Tartalomjegyzék**

**Összefoglaló**

**Abstract**

**1 Napelem**

**2 Hardver terv**

2.1 Felhasznált szenzorok

2.2 Fejlesztői környezet

2.3 Alkatrészek kiválasztása

2.4 Kacsolási rajzok

2.5 Nyomtatott huzalozású lemezek

**3 Harver élesztése**

3.1 Hardver bemérése

3.2 Alkatrészek kézi beültetése

**4 Kommunikációs protokollok**

**5 Szoftver**

5.1 Szenzorkommunikáció implementálása

5.2 Bluetooth kommunikácó

5.3 Szoftverfejlesztés C# alatt

5.3 Grafikus felület felépítése C# segítségével

5.4 Adatok feldolgozása C#-ban

**6 Rendszerteszt**

**7 Értékelés,tapasztalatok**

**8 Fejlesztési lehetőségek(Befejezés)**

**HALLGATÓI NYILATKOZAT**

Alulírott, Schuszter André, 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 átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem. Hozzájárulok, hogy a jelen munkám alapadatait ( szerző(k), cím, angol és magyar nyelvű tartalmi kivonat, készítés éve, konzulens(ek) neve) a BME VIK nyilvánosan hozzáférhető elektronikus formában, a munka teljes szövegét pedig az egyetem belső hálózatán keresztül (vagy hitelesített felhasználók számára) közzétegye. Kijelentem, hogy a benyújtott munka és annak elektronikus verziója megegyezik. Dékáni engedéllyel titkosított diplomatervek esetén a dolgozat szövege csak 3 év eltelte után válik hozzáférhetővé.

Kelt: Budapest, 2017. 11. 12.

Schuszter André

**Összefoglaló**

Napjainkban a hagyományos energiakészletek csökkenésével, és a környezettudatos szemlélet elterjedésével, egyre nagyobb igény mutatkozik az alternatív energiaforrások felhasználására. Az elkövetkező években különösen nagy növekedés várható, a napelemek által megtermelt energia mennyiségéből.

Mivel a napelemek bizonyos időszakokban több energiát termelnek, mint amennyire a felhasználónak szüksége lenne, így a „felesleges” energiát visszatáplálhatja a hálózatba. A diplomatervem témája a napelem által előállított DC feszültségből AC feszültséggé váltó áramkör tervezése

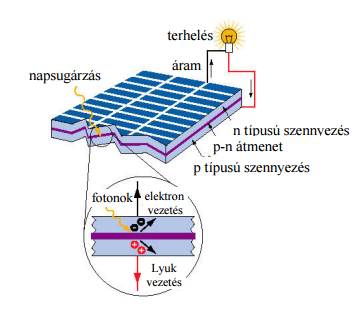
Az első részben bemutatom a tervezés hardveres peremfeltételeit. Ismertetem az alkatrészek kiválasztásának szempontjait, a kapcsolási rajz egyes részleteire is kitérek, valamint a huzalozást mutatom be

A második részben a vezérlést megvalósító szoftverről írok. Bemutatom az inverterek vezérlését, valamint a felhasználói felület kezelését.

**Abstract**

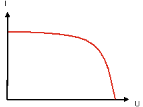
**Napelem**

A napelem egy szilárdtest eszköz, amely az elektromágneses sugárzást elektromos energiává alakítja. Az energiaátalakítás során a sugárzás elnyelésével mozgásképes töltött részecskék keletkeznek, amelyet a beépített elektromos tér rendezett mozgásra kényszerít, áram fog folyni (1. ábra).



1. ábra: napelem sematikus vázlata [1]

Alapanyag szerint megkülönböztetjük a napelemeket. Az esetek többségében mono- illetve polikristályos napelemek készülnek, esetenként gallium-arzenid vegyületen alapuló napelemekkel is találkozhatunk. A napelemekből kivehető teljesítmény egyaránt függ a beesési szögtől, és a megvilágítás intenzitásától.



1.ábra: napelem feszültség-áram karakterisztikája

Az 1. ábrán egy napelem jellegzetes feszültség-áram grafikonja látható. A kivehető legnagyobb teljesítmény (= görbe alá berajzolható legnagyobb területű grafikon) Maximal Power Point-ban (MPP) érhető el.

A napelemek széles körben való elterjedését eddig hátráltatta a magas áruk, amely a drága előállítási költségükből adódik. A csökkenő fosszilis energiakészletekkel, és a technológia fejlődésével, egyre nagyobb igény várható a napelemek felhasználása iránt.

**Tervezési peremfeltételek**

Az eszköznek képesnek kell lennie működni szigetüzemben, és hálozatba is vissza kell tudni táplálni. Egyenáramot visszatáplálni nem megengedett, így a napelemek által előállított egyenáramhoz kellett egy átalakítót, invertert, terveznem, aminek kimenetén már váltakozó áramú feszültség jelenik meg. A tervezés előtt utána kellett néznem a piacon kapható napelemeknek jellegzetes paramétereinek. Kiválasztottam egy 140W névleges teljesítményűt [2]. A napelem rövidzárási árama 8.85 A szakadási feszültsége 21.6V. Továbbá szerettem volna, ha egy 12V-os ólomakumulátorról is demonstrálható lenne működése. Ahhoz, hogy az átalakító hangja ne legyen zavaró a kapcsolási frekvenciával a hallható hang tartománya (20-20000 Hz) fölé kellett mennem. Egy kapcsoló segítségével választható a szigetüzemű, vagy hálózatra csatlakozó üzemmód. Szigetüzemben a frekvencia és a kimenő váltakozó feszültség nagysága változtatható egy potenciométerrel változtatható. A kimenő paraméterek aktuális értékei egy LCD kijelzőről olvashatók le.

Némi túlméretezéssel adódtak a tervezési peremfeltételek:

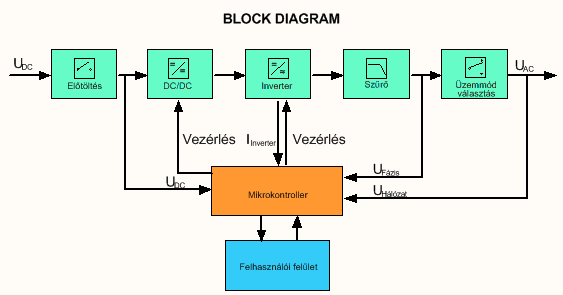
Bemenő egyenfeszültség: 12-25V

Kimenő váltakozó-feszültség: 0-250V

Névleges teljesítmény: 150W

Kapcsolási frekvencia: 25 kHz

**Hardver elemek kiválasztása**



.ábra: A kapcsolás blokkdiagrammja

A .ábrán látható a kapcsolás blokkdiagrammja. A bejövő egyenfeszültség először egy előtöltőn halad át, ami megakadályozza, hogy a kondenzátorokra hirtelen nagy feszültség jusson, és ezáltal nagy áramok induljanak meg. Ezután következik egy DC/DC átalakító, ami a bejövő feszültséget egy adott szintre növeli, amit az inverter váltófeszültséggé alakít át. Az inverter kimenetére egy szűrő csatlakozik, amely a kapcsolófrekvenciás zajokat szűri, illetve a jelet szinusszá átlagolja. Az átalakító vagy szigetüzemben működik, vagy hálózatra táplál vissza. A mikrokontroller vezérli a DC/DC átalakítót, illetve az invertert, valamint meghatározott pontokban méri a feszültséget, áramot. Ezen mért értékek kijelzése a felhasználói felületen történnek, illetve a felhasználó beállításait is a mikrokontroller kezeli.

**Mikrokontroller:**

A mikrokontroller kiválasztásánál meghatározó szempont volt, hogy már rendelkeztem némi tpatasztalattal az STMicroelectronics mikrokontrollerek körében, így a gyártó termékei közül választottam a feladatra legalkalmasabbat. Mivel a kontroller beforrasztása kézzel történt, így a legkisebb, de még elegendő lábszámú eszköz kikeresése volt a cél. A szükséges kivezetések összeszámlálása után tovább szűkült szóba jöhető eszközök köre a 48 lábszámú mikrovezérlőkre. Továbbá elvárás volt, hogy rendelkezzen legalább 4 PWM csatornával és 9 analóg mérés fogadására alkalmas pinnel. A feladatnál nem volt fontos szempont az ultra alacsony energiafogyasztás, de a nagyteljesítményű mikrokontrollerek sem voltak szükségesek, így a 32 bites kategóriában az F0, F1, F3-as család bizonyult megfelelő választásnak. A keresési feltételek beállítása után kiválasztottam a legkedvezőbb áru eszközt: a STM32F030C8T6 mikrovezérlőt.

A vezérlő főbb adatai:

* ARM 32-bit Cortex-M0 CPU
* 4-32Mhz kristály oszcillátor használható
* 40 KHz-es belső oszcillátor
* Kommunikációs interfészek (I2C, SPI, USART)
* 2.4-3.6V tápellátás
* 0-3.6V konverziós tartomány
* Program memória:64 KB
* RAM memória: 8 KB
* Csomagolás: LQFP

**Felhasználói felület:**

A felhasználó számára ki kell jelezni az áramkör egyes pontjain mérhető feszültséget, áramerősséget, illetve a felhasználó által beállított értékeket. Ehhez 2X16-os alfanumerikus kijelző alkalmatlan lenne, ezért egy nagyobb kijelzővel rendelkező, több információt megjeleníteni képes grafikus kijelzőt (128x 64 DOT LIGHT:LED 64128QCCBW-3LP) választottam.

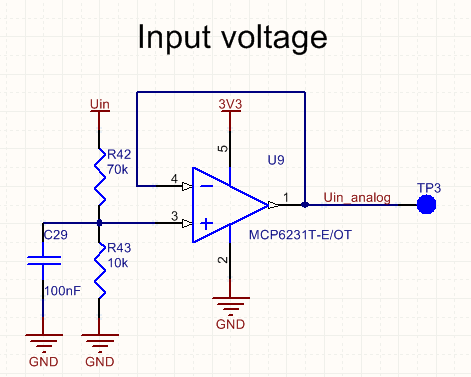


.ábra: A grafikus LCD

A felhasználó által beállítható a feszültség és a frekvencia szigetüzemben. Ez egy-egy potenciométerrel valósítottam meg, amelynek analóg kimenőjelét úgyszintén a mikrovezérlővel dolgozom fel.

**Mérések:**

A feszültség mérése a mikrovezérlő analóg bemenetével történik. Mivel a mikrokontrollerünk 3.3V-ról működik, így a magasabb feszültségeket át kell konvertálnunk a 0-3.3V-os tartományba. A legcélravezetőbb megoldás erre, egy ellenállásosztó használata, amelyben a nagyobb pontosság érdekében 1%-os tűrésű ellenállásokat alkalmaztam, és egy követőerősítőt tettem utánuk, hogy a további fokozatok ellenállása ne befolyásolja a feszültség osztását. Továbbá egy 100nF-os kondenzátort is tettem az alsó ellenálláshoz a zavarfeszültség szűrésére. Ezzel a módszerrel csak egyenfeszültséget tudok mérni, mint például a bemenő feszültséget, amely 12-25V lehet, így az osztás ebben az esetben:



.ábra: Bemenő feszültség konvertálása a 3.3V-os tartományba

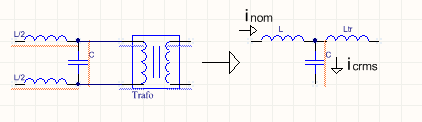
A váltakozó feszültség a fél periódusa alatt negatív feszültségű, így ezt nem lehet egy egyszerű ellenállásosztóval a 0-3.3V- os tartományba konvertálni. Itt differenciálisan kell mérni és a váltakozó feszültség referenciaszintjét a mérési tartomány közepére (1.65V) helyezni. Az erősítő után elhelyeztem egy aluláteresztő szűrőt a nagyfrekvenciás zajok szűrésére.

.ábra: differenciális feszültségmérés

Szükségem van még az áram mérésére. Egyrészt a Boost konverter fojtójának áramára van szükségem a szabályozáshoz, amely mindig pozitív, így ezt egy kis ellenálláson átfolyatva, az ellenállás feszültségének méréséből meg tudom határozni a rajta keresztül folyó áramot. Az inverter áramának mérésénél nem használhatom ezt a mérést, hiszen ott kétirányban is folyik áram, így oda egy árammérő IC-re van szükségem ami a +/- 15 A-es tartományban alkalmas a mérésre. Ide az Allegro Microsystems terméke az ACS709LLFTR-20BB-T jelentett megoldást, ami a áramértékkel arányos feszültséget ad ki egy pinjén.

**Szűrő:**

Az inverter kimenete nem „tiszta” szinusz jel, ezért ezt átlagolni, szűrni kell, hiszen a kimenő jel tartalmazza a kapcsolási frekvenciás komponenseket is. Szűrőnek egy LC szűrőt használok, amelynek méretezéséhez az alkatrészek értékeit a következő egyenletek segítségével lehet meghatározni:



.ábra: Helyettesítőkép

Az ábrán látható a szűrő és a transzformátor együttese alkotott elrendezés helyettesítőképe.

A kondenzátor meghatározásához feltételezem, hogy a kondenzátoron folyó áram effektív értéke 5%-a lesz a névleges áramnak így:

A névleges áram a trafó primerjén :

A szükséges kondenzátor értéke:

Mivel ekkora kapacitású kondenzátor kedvező árban nem kapható, így kisebb kondenzátort választottam: C=

Az induktivitás kiválasztásánál a következő egyenleteket vettem figyelembe:

A szűrő rezonancia frekvenciája legyen legalább egy dekáddal kisebb, mint a félvezetők kapcsolási frekvenciája (25 kHz), a megfelelő szűrés érdekében, illetve ez a frekvencia ne legyen egyenlő az 50Hz-es szinusz páratlan felharmonikusaival.

A soros rezonancia frekvencia sem lehet az 50Hz páratlan számú többszöröse, hiszen akkor rezonancia léphetne fel:

Valamint a trafó induktivitása és a kapacitás alkotta kör frekvenciája sem lehet se az 50Hz, se a 25kHz páratlan számú többszöröse:

Az egyenletek megoldása után a már meghatározott kapacitás mellé az induktivitás értéke L= lett. Mivel kettőt építek be az áramkörbe egy induktivitás értékét pont a felére kell választani:

**Transzformátor:**

A 230V váltakozó feszültség kétféleképpen történhet. Egyrészt lehet, hogy felboostolom a feszültséget -ra a DC/DC átalakítóval és inverterrel pedig előállítom belőle a váltakozó feszültséget. Ebben az esetben a félvezetők meglehetősen drágák lettek volna, így helyette azt a megoldást választottam, hogy a bemeneti feszültséget 25V-ra boostoltam és az inverterrel egy 12V-os effektív értékű váltakozó feszültséget állítottam elő, majd egy hálózati transzformátorral előállt 230V-os effektív értékű szinusz jel a kimeneten. Mivel a névleges teljesítmény 150W, így ettől nagyobb 160VA-es teljesítményű transzformátort választottam.

Hivatkozás:

[1] http://fft.gau.hu/fizika/FIZIKA2/1011/lev/\_Napelem\_karakterisztika\_merese.pdf

[2] https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-Polycrystalline-Panels-EN.pdf