

TAR DÁNIEL
SZAKDOLGOZAT

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK



SZAKDOLGOZATOK



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK

TAR DÁNIEL
SZAKDOLGOZAT
**Android vezérlésű okos LED-rendszer
fejlesztése**

Development of android controlled wireless LED-lighting system

Konzulens:

asd
asd

Témavezető:

Szakály Norbert
tanszéki mérnök

Budapest, 2018

Szerzői jog © Tar Dániel, 2018.

Ide kell befűzni az eredeti feladatkiírási lapot!

NYILATKOZATOK

Beadhatósági nyilatkozat

A jelen szakdolgozat az üzem által elvárt szakmai színvonalnak mind tartalmilag, mind formailag megfelel, beadható.

Kelt, Budapest, 2018. december 8.

Az üzem részéről:

üzemi konzulens

Elfogadási nyilatkozat

Ezen szakdolgozat a Budapesti Műszaki és Gazdaság tudományi Egyetem Gépész mérnöki Kara által a Diplomatervezési és Szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek, továbbá a feladatkiírásban előírtaknak maradéktalanul eleget tesz. E szakdolgozatot a nyilvános bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja: 2018. december 8.

témavezető

Nyilatkozat önálló munkáról

Alulírott, Tar Dániel (GUTOY7), a Budapesti Műszaki és Gazdaság tudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezű aláírásommal igazolom, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és dolgozatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2018. december 8.

sziigorló hallgató

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	1
1.1. Célkitűzések	1
1.2. Áttekintés	1
2. Okos LED-rendszer felkutatása, forgalomban lévő eszközök áttekintése	2
2.1. LED világítás és előnyei	2
2.1.1. Energiatakarékosság	2
2.1.2. Jó színvisszaadás	3
2.1.3. Környezetbarát	4
2.1.4. Széles működési tartomány	4
2.2. Forgalomban lévő eszközök áttekintése //TODO	4
2.2.1. Phillips HUE	4
2.2.2. LIFX	4
2.2.3. tplink korte	5
2.2.4. Általásnos vezérelhető LED szalag	5
3. Tervezési feladat követelményeinek felállítása	5
3.1. Rendelkezésre álló hardverek	5
3.1.1. Wifi modul: ESP8266 - ESP01	5
3.1.2. WS2811-es IC-vel ellátott címzhető LED szalag	5
3.1.3. Mikrovezérlő: STM32F103C8T6	7
3.2. Tervezési követelmények összefoglalása	7
4. Eszköz (elektronikai és beágyazott szoftverének) tervezése és összeállítása	8
4.1. Elektronikai tervezés	8
4.1.1. DC/DC tervezés	11
4.1.2. Logikai jelszint átalakító tervezése	14
4.1.3. STMF103C8T6 mikrokontroller és perifériák	15
4.1.4. Alkatrészek megrendelése és a NYÁK legyártatása	17
4.2. Az elkészült eszköz beforrasztása, tesztelése	18
4.3. Védődoboz tervezése, 3D-nyomtatással prototípus gyártása	19
4.3.1. Védődoboz 3D modellezése	19
4.3.2. 3D nyomtatás és az elkészült hardver	21
4.4. Beágyazott szoftver	21

5. Androidos alkalmazás elkészítése	22
5.1. Androidról általában	22
5.2. Android Platform felépítése	23
5.2.1. A Linux kernel	23
5.2.2. Hardware Abstraction Layer (HAL)	24
5.2.3. Android Runtime (ART)	25
5.2.4. Natív C/C++ könyvtárak	25
5.2.5. Java API keretrendszer //TODO	25
5.2.6. Rendszer alkalmazások //TODO	25
5.3. Android alkalmazások felépítése //TODO	25
5.4. Az elkészült alkalmazás funkciói és felhasználói kézikönyv	25
5.4.1. Led sor IP-címének a beállítása	27
5.4.2. Simple Color Picker mód	27
5.5. Party mód //TODO	29
5.6. Audio Visualizer //TODO	30
5.7. Beállítások menü	30
5.7.1. Helyi hálózati IP cím beállítása	30
5.7.2. Vizuális értesítők bekapcsolása	30
5.7.3. Automata színbeállítás a Simple Color Picker módhoz	31
6. Elkészült eszköz értékelése, költségterv számolása	32

Előszó

valami

CONCLUSION

„I always thought something was fundamentally wrong with the universe” [1]

Budapest, 2018. december 8.

Tar Dániel

JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

A táblázatban a többször előforduló jelölések magyar és angol nyelvű elnevezése, valamint a fizikai mennyiségek esetén annak mértékegysége található. Az egyes mennyiségek jelölése – ahol lehetséges – megegyezik hazai és a nemzetközi szakirodalomban elfogadott jelölésekkel. A ritkán alkalmazott jelölések magyarázata első előfordulási helyükönél található. LED UART IC NyÁK DC/DC áramkör LDO LiPo akkumulátor ART DEX-fájl

1. BEVEZETÉS

1.1. Célkitűzések

A céлом egy olyan feladat megvalósítása volt, amely során képes leszek komplex rendszerek tervezésére, értelmezésére, illetve széleskörű tudásra tehetek szert. Több közül végül még egy kollégiumi szobában megfogalmazott feladat mellett döntöttem. Az elképzelésünk az volt, hogy az Ebay-en fellelhető olcsó LED-szalagokhoz készítsek egy olyan hardvert, amit az én és a szobatársam Android-os mobiltelefonjával tudunk vezérelni, illetve állapotokat megjeleníteni (például hívás, SMS érkezését) Wifi-n keresztül. Továbbá szerettük volna, hogy zenére és a mobiltelefon mozgatására is tudjon villogni.

A munkám tartalmazza az elektronikai tervezést, alkatrészek méretezését, a NYÁK legyártatását, az elektronikai komponensek beültetését, beforrasztását, ezek védelméül szolgáló doboz megtervezését, 3D nyomtatását, a beágyazott szoftver megírássát, külső hardverrel való összekötését, illetve az egész vezérléséért felelős Androidos alkalmazást is.

1.2. Áttekintés

Az első fejezetben ismertetem az interneten fellelhető, forgalomban lévő LED-es eszközöket, rendszereket. A második fejezetben kitérek az elektronikai tervezésre, megvalósításra és a védődoboz elkészítésére. A hardver után beszámolok a beágyazott szoftver implementációjáról és a külső eszközökkel való kommunikációról. A következő részben magáról az Android-ról, illetve az alkalmazás szerkezetéről fogok beszélni. Végül egy felhasználási útmutatóval keresztül ismertetem az alkalmazás működését.

2. OKOS LED-RENDSZEREK FELKUTATÁSA, FORGALOMBAN LÉVŐ ESZKÖZÖK ÁTTEKINTÉSE

Az evolúció során az emberi szem úgy fejlődött ki, hogy nappali fényhez - világoshoz - gyorsan alkalmazkodik és éles képet alkot. Sötéthez, szürkülethez csak lassan képes alkalmazkodni és akkor sem éles az a kép amit látunk. A fejlődő világunkban nélkülözhetetlenné vált a világítás, hogy napnyugta után sem álljon meg az élet és tovább tudjuk folytatni tevékenységeinket. //TODO - befejezni



1. ábra: Éjszakai város látképe

Az általam készített termékkel főként háztartásokban lévő okos világítás megvalósítása a cél, minél energia-gazdaságosabb módon. Erre a legmegfelelőbb technológia a LED világítás.

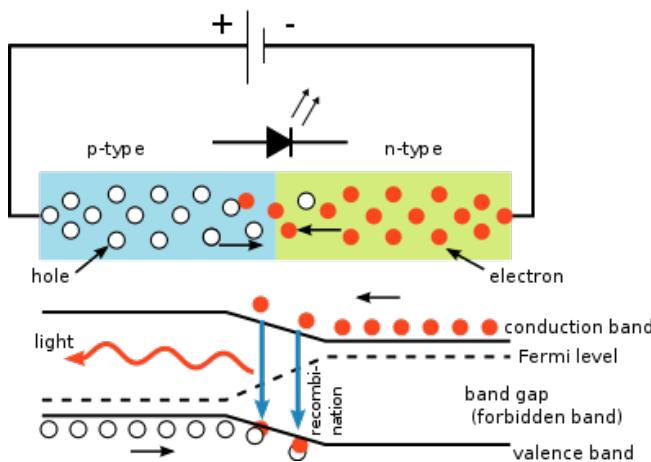
2.1. LED világítás és előnyei

A fényt kibocsátó diódák (angolul: light-emitting diode - LED) a mai legenergiatakarékosabb és leggyorsabban fejlődő világítástechnológiák közé tartoznak. Általánosságban igaz az, hogy a LED-es izzók tovább bírják, ellenállóbbak és hasonló vagy még jobb minőségű megvilágítást biztosítanak, mint más fényforrások.

Egy pár előnye a LED-es világításoknak:

2.1.1. Energiatakarékkosság

A LED-es izzók legalább 75%-al kevesebb energiát használnak és 25x hosszabb ideig bírják, mint a hagyományos izzólámpák. A LED-es izzók elterjedése lenne az egyik



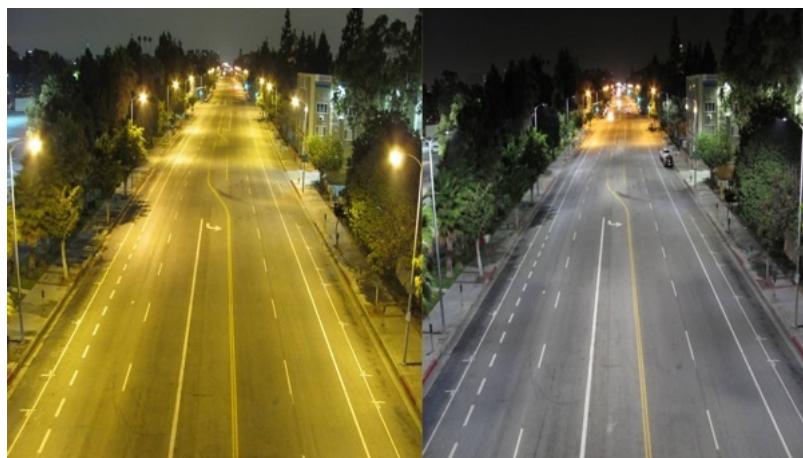
2. ábra: LED működési elve - angolul

legnagyobb hatással az energiatakarékkosságra. Az USA-ban például ezzel 2027-ig 348 TWh elektromos munkát (egy éves teljesítménye 44, egyenként 100 Megawattos erőműnek) spórolhatnánk meg, ahoz képest ha nem használnánk egyáltalán LED-es izzókat, ami több mint 30 milliárd dollár lenne.

A hagyományos izzók teljes teljesítményének 90%-ából hő termelődik, ami azt jelenti hogy csak 10%-a fordítódik fénykibocsátásra. A LED-ek esetében alig termelődik hő.

2.1.2. Jó színvisszaadás

A színvisszaadási index, röviden 'CRI' (Color Rendering Index), a fényforrás azon képességét méri, hogy különféle tárgyakat megvilágítva vele, mennyire képes azok színét visszaadni.



3. ábra: Utcai megvilágítás kisnyomású nátriumlámpával és LED-del

2.1.3. Környezetbarát

A higanylámpával és a fénycsővel ellentétben, a LED-es megoldások nem tartalmaznak higanyt.

2.1.4. Széles működési tartomány

A LED-k jól hidegben és melegben is egyaránt jól funkcionálnak, működésükhez esetekben nagyon kis feszültségek is elegendőek, ezáltal alkalmas kültéri megvilágításokra is.

2.2. Forgalomban lévő eszközök áttekintése //TODO

Manapság rengeteg gyártó kínál hasonló okos világítás rendszereket, amelyek közül szeretnék bemutatni egy párat.

miert is jok ezek?
állítható fényerősség
bárhonnan vezérelehetők
színtváltók
akár zenét is lejátszanak

2.2.1. Phillips HUE

központ kell hozzá

általános foglalatba csavarható izzók + mások
kinti benti világítás
zenére világítás
hanggal vezérelhetőség

2.2.2. LIFX

általános foglalatba becsavarható
ledszalag
csempés

2.2.3.tplink korte

2.2.4. Általásnos vezérelhető LED szalag

3. TERVEZÉSI FELADAT KÖVETELMÉNYEINEK FEL- ÁLLÍTÁSA

A feladatot az Ebay-en vásárolt olcsó mudulok segítségével szerettem volna megvalósítani, amik már a rendelkezésemre álltak. A cél egy olyan áramköri elem megépítése volt, ami viszonylag könnyedén beforrasztható, külső egyenáramú tápellátásról vezérelni tudja a rákapcsolt LED sorokat, és egy cserélhető Wifi modulon keresztül képes az Androidos applikációnkból érkező, általam definiált protokollú, adatok fogadására. Továbbá egy olyan védődoboz tervezése, amivel különböző helyekre lehet majd felszerelni.

3.1. Rendelkezésre álló hardverek

3.1.1. Wifi modul: ESP8266 - ESP01

Az ESP8266 egy olyan IC, ami IoT világának megfelelően lett tervezve. Képes egy 802.11 típusú hálózaton TCP/IP protokol segítségével kommunikálni. Teljesen címzhető SPI vagy UART segítségével, és hozzáférést ad a GPIO-hoz.

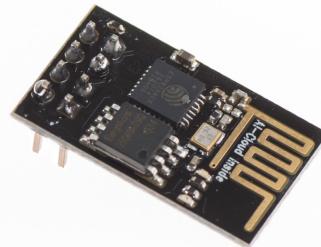
Néhány tulajdonsága:

- 802.11 b/g/n szabványokat támogat
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP módú működés
- integrált TCP/IP protokol
- integrált WEP, TKIP, AES motorok
- 3.3V DC tápfelszültség

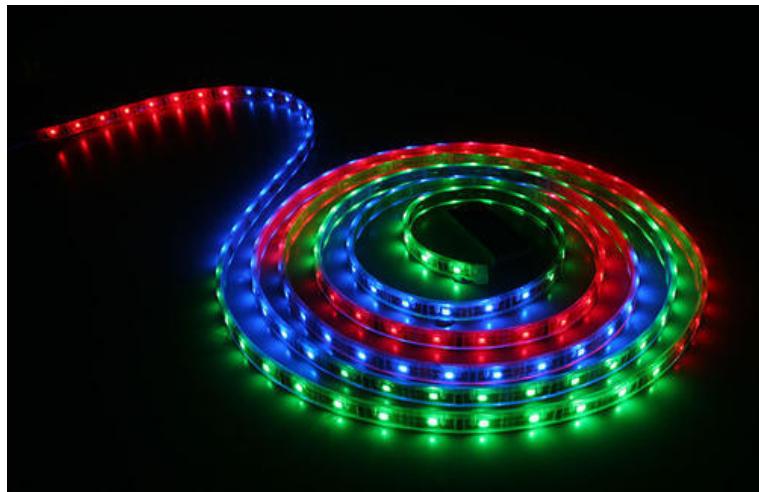
Ennek az IC-nek az ESP01 típusú modulját (Ábra 4) használtam. Körülbelül 500 Ft-ért lehet hozzájutni az Ebay-en, és egy 2x4-es csatlakozóval lehet az áramkörünk-höz csatlakoztatni.

3.1.2. WS2811-es IC-vel ellátott címzhető LED szalag

A WS2811 egy 3 kimeneti csatornás speciális LED meghajtó IC. Egy jelvezetéken küldött 24 bit szélességű bitsorozattal lehet vezérelni 400 vagy 800 Kbps sebesség-



4. ábra: ESP01-es WiFi Modul

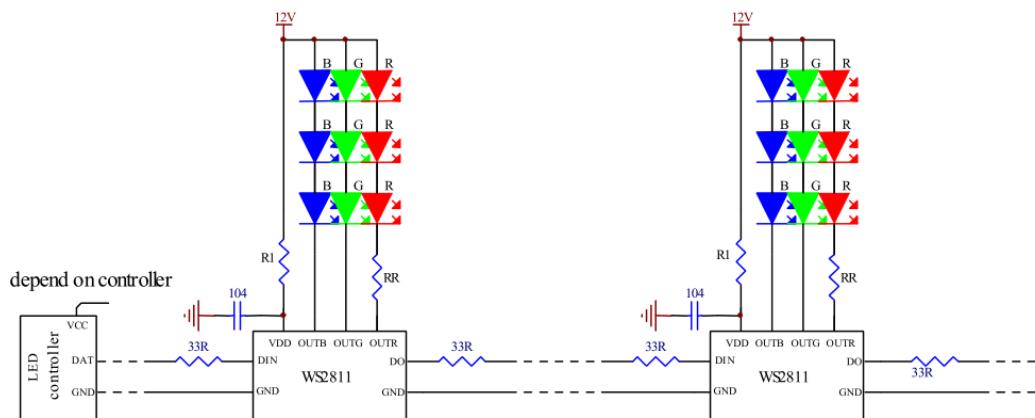


5. ábra: Ebay-ról vásárolt LED szalag // TODO kép frissítése (dummy kép)

gel. Az IC-ben van belső jelerősítő, hogy egymás után lehessen kötni őket. Az általam vásárolt LED szalagon IC-ként 3[db] RGB LED található, és ezek az IC-k az imént említett módon vannak összekötve. Ezt a felépítést szemlélteti a 6. Ábra.

LED szalag tulajdonságai:

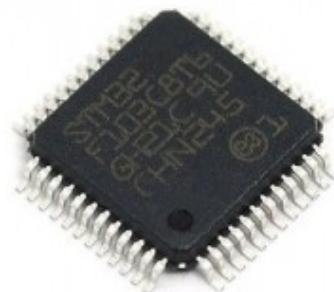
- 12V DC tápfeszültség
- 1 A maximális áramfelvétel
- 5V-os jelvezeték
- 5 m hosszú, 150 RGB LED-et tartalmaz
- 3 RGB LED/IC



6. ábra: Ebay-ről vásárolt LED szalag felépítése

3.1.3. Mikrovezérlő: STM32F103C8T6

Ez a mikrovezérlő az F103-as család tagja, azon belül pedig az a változat aminek 48 lába van (C), 64 Kbyte Flash memóriája van (8), LQFP csomagú (T) és -40-től +85°C-ig működik (6). //ref datasheet

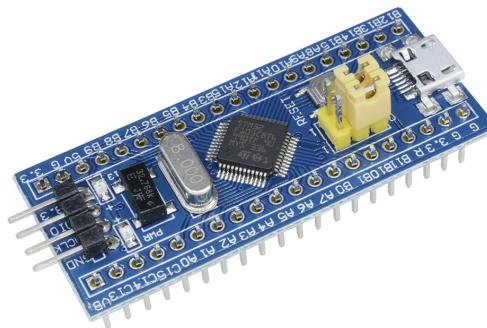


7. ábra: STM32F103C8T6 típusú mikrovezérlő

Egy maximum 72 MHz-es, 32-bit-es ARM Cortex-M3-as processzor a magja, ami a fent említett Flash és SRAM memória és megannyi más egység (2x A/D konverter, DMA vezérlő 37 I/O port, 7x timer, és 9 kommunikációs interfész) is kiegészít. Számomra az időzítők (PWM generálás, és időzítési feladatok), az UART interfész és a DMA vezérlő játszik fontos szerepet, illetve az A/D konverterek bővítési lehetőségekért.

3.2. Tervezési követelmények összefoglalása

- Tápfeszültségek



8. ábra: Ebay-ről vásárolt STM32F103C8T6-es minimum fejlesztői lap

- 12V DC tápfeszültség a LED sor számára
- 3,3V DC tápfeszültség a mikrovezérlő és a Wifi-modul számára
- 5V DC tápfeszültség a mikrovezérlőből kijövő 3,3V jelének 5V-sra alakításához
- Egyéb
 - rendelkezésre álló modulokból épüljön fel
 - legyen minél kisebb, de még kézzel beforrasztható

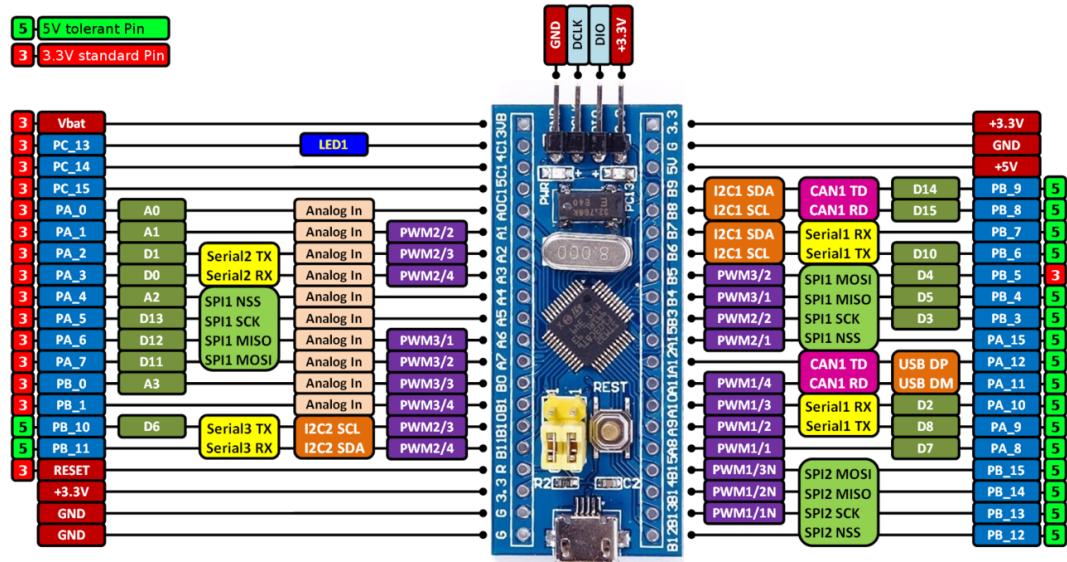
4. ESZKÖZ (ELEKTRONIKAI ÉS BEÁGYAZOTT SZOFTVERÉNEK) TERVEZÉSE ÉS ÖSSZEÁLLÍTÁSA

4.1. Elektronikai tervezés

Az elektronikai tervezést 3 fázisra és az utolsó fázis hibáinak kijavítására bontottam le. Az első fázis első lépései között szerepelt az Ebay-ről vásárolt eszközök tesztelése: működik-e minden, programozható-e a fejlesztői lap, konfigurálható-e a Wifi modul, stb.

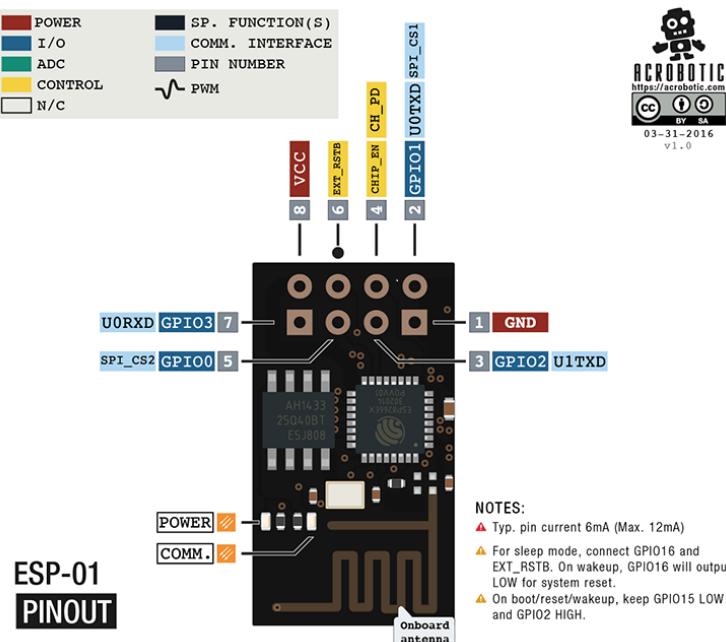
Második lépésként a mikrovezérlő lábkiosztása (9. ábra) alapján kiválasztottam a lábak általam használt funkcióit.

A PB_0-s lábat választottam a LED sor vezérlő lábnak, és a PA_9, PA_10 (TX,RX) lábakat pedig Wifi modullal kommunikáló UART lábaknak. minden modulra az előírt tápfeszültséget kötöttem, illetve az összes földpotenciált összehuzaloztam,



9. ábra: STM32F103C8T6 fejlesztői lap pinout-ja

ezzel egy közös földpontot létrehozva. A ESP-01-s modul pinoutja (10. ábra) alapján az UART lábakat is összeköttem a megfelelő módon: a mikrovezérlő RX lábát (PA_10) a Wifi modul U0TXD lábával és mikrovezérlő TX lábát (PA_9) a Wifi modul U0RXD lábával.

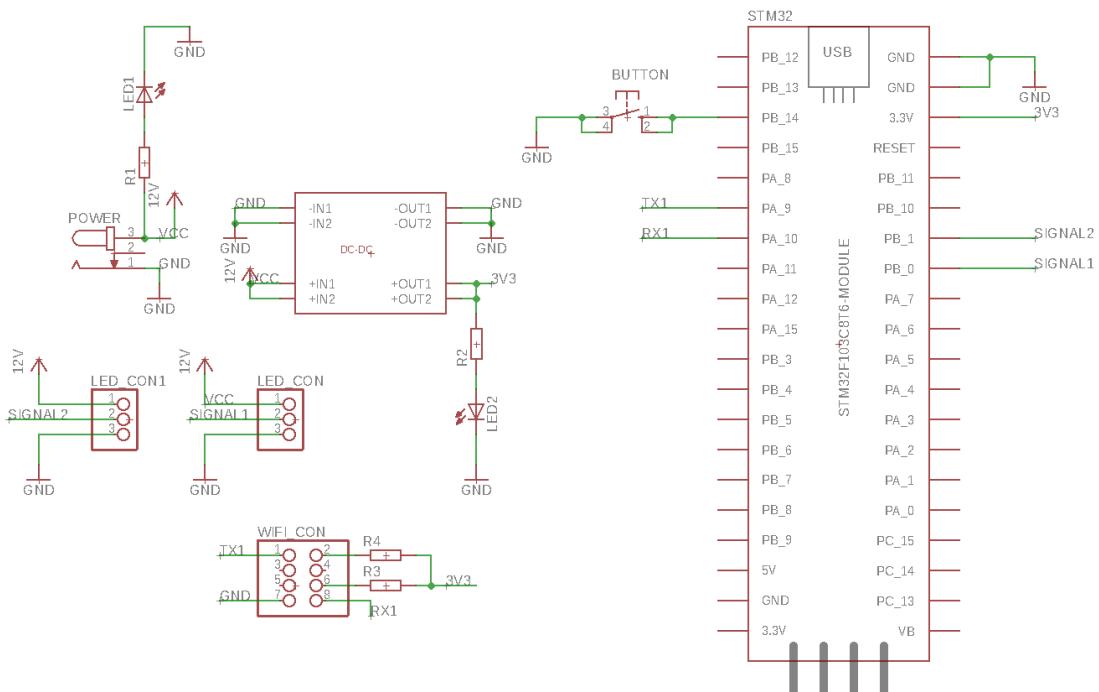


10. ábra: ESP-01 pinout-ja

A WS2811-es IC adatlapján a logikai jelszintes részt áttanulmányozva megállítottam, hogy a mikrovezérlő 3,3V-os vezérlő jelét még éppen tolerálja a LED sor vezérlő IC 5V-os bemeneti lába (3,2V-os jel igaznak felel meg).

Ezek alapján állítottam össze a kapcsolást breadboard-on, és az internetről letöltött mintaprogramokat kicsit módosítva elértem, hogy külön-külön működött a Wifi modullal történő kommunikáció, illetve a LED soron meg tudtam jeleníteni a fehér színt. Az összeállítással több probléma is volt: a tesztelés során a breadboardból gyakran kicsúsztak a kábelek, a csatlakozások kontaktosak voltak, hamis színeket okozva ezzel a LED soron.

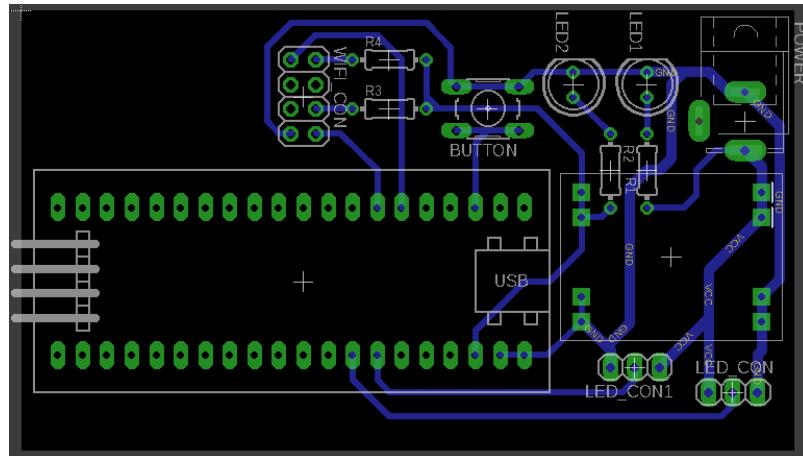
A problémák orvoslásaként került sor a második fázis kivitelezésére, amit az Autodesk Eagle nyáktervező programmal valósítottam meg. (A Mikrovezérlők c. tantárgy keretében megtanultunk az Autodesk Eagle nevű nyáktervező program használatát.) Az internetről letöltöttem és beimportáltam az STM32F103C8T6 mikrovezérlő fejlesztői lapjának, az ESP8266-os modul ESP-01-es típusának a könyvtárait. Létrehoztam egy saját könyvtárt is az Ebay-ról rendelt DC/DC modulnak. Ez a feszültségátalakító állítja elő a 12V-os tápfeszültségből a 3,3V-osat. Egy pár csatlakozó, állapotjelző LED és ellenállás hozzáadása után összehuzaloztam a megfelelő elemeket.



11. ábra: 2. fázisú kapcsolási rajz

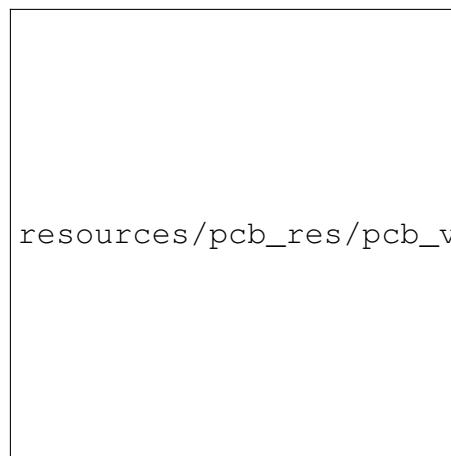
Az elkészült kapcsolási rajz (11. ábra) alapján elhelyeztem és összekötöttem az alkatrészeket a NYÁK-on. Ezen a verziót bekötésre került egy extra gomb (BUTTON) és egy extra csatlakozó (LED_CON1), hogy 2 LED sort legyen képes vezérelni az eszköz párhuzamosan. A 12. ábra szemlélteti az így összehuzalozott NYÁK-ot.

A NYÁK-ot vasalásos technikával készítettem el: a tervet lézernyomtatával fényes papírra kinyomtattam, egy egy-oldalas NYÁK-lapra helyeztem, a tonerport



12. ábra: 2. fázisú NYÁK-terv

vasalóval átvittem a rézfelületre, a tonerrel nem fedett réz bevonatú részeket maratószerrel lemarattam, és acetonnal lemostam, hogy a megmaradt rézfelületre forrasztani lehessen. Az így elkészült NYÁK-lapra (13. ábra) beforrasztottam az alkatrészeket. Ezzel a NYÁK-kal már el tudtam kezdeni a beágyazott szoftver fejlesztését, mivel az elektronikai rész stabilan működött.



13. ábra: 2. fázisú beforrasztott áramkör //TODO képet megcsinálni

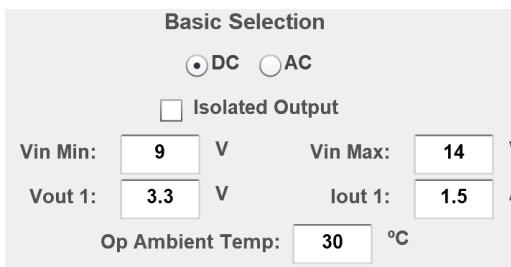
A 3. fázis tartalmazza DC/DC áramkörök tervezését és mikrovezérlő perifériáival együtti integrálását egy nyomtatott áramköri lapra.

4.1.1. DC/DC tervezés

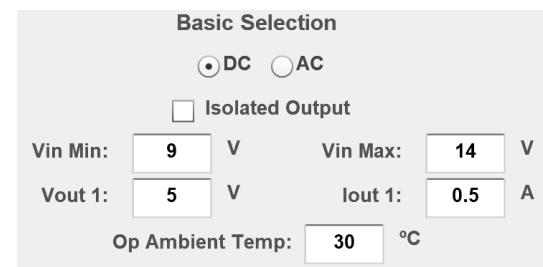
Mivel nagy a különbség a bemeneti és kimenteti feszültségek között (12V-ról 5V-ra), ezért egy DC/DC konverter sokkal jobban megfelel, mint egy LDO (Low-DropOut regulator), hiszen egy LDO-nak a hatékonysága nagyon alacsony (12V-ról 5V-ra kb. 41%) és a maradék energiát elfűti. Ez a megoldás semmiképpen sem előnyös, illetve még hűtőborda alkalmazását is megköveteli.

A 3,3V és 5V-os tápfeszültségek ellőállítására 2 DC/DC áramkörre is szükségem volt, és ezért olyan megoldást kerestem, ahol ez ugyanazzal az IC-vel, külső komponensek változtatásával megoldható. Célom volt, hogy egy 3 cellás LiPo akkumulátorról is működjön az áramkör, ezzel hordozhatóvá tehető legyen. A bemeneti feszültség, 3V-os minimum és 4,2V-os maximum cella feszültségnél, egy 3 cellás LiPo-nál, 9V és 12,6V közzé fog esni. A felső értéket egészre kerekítve és eggyel nagyobbra választva (14V) egy kisebb biztonsági sávot is kaptam.

A DC/DC áramkörök tervezésénél nagy segítségemre volt a TI (Texas Instruments) Webench Power Designer. A tervezési paramétereket megadva nem csak egy megfelelő IC-t, hanem több komplett kapcsolást is felkínál. A kimeneti névleges áramot, a 3,3V-os kimeneti feszültség esetében, 1,5A-ra választottam (14. ábra), hogy akár még más áramkörű lapkát is képes legyen meghajtani az eszköz. Az 5V-os kimenet esetén (15. ábra) is túlméreteztem a névleges áramot (0.5A).

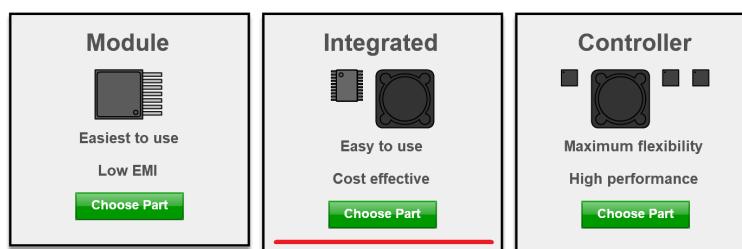


14. ábra: Tervezési paraméterek megadása 3,3V-os kimentre



15. ábra: Tervezési paraméterek megadása 5V-os kimentre

Ezek után az integrált, könnyen használható és költséghatékony módszert választva (16. Ábra) elkezdtem keresgálni a legenerált esetek között, minél olcsóbb és hatékonyabb megoldást keresve.

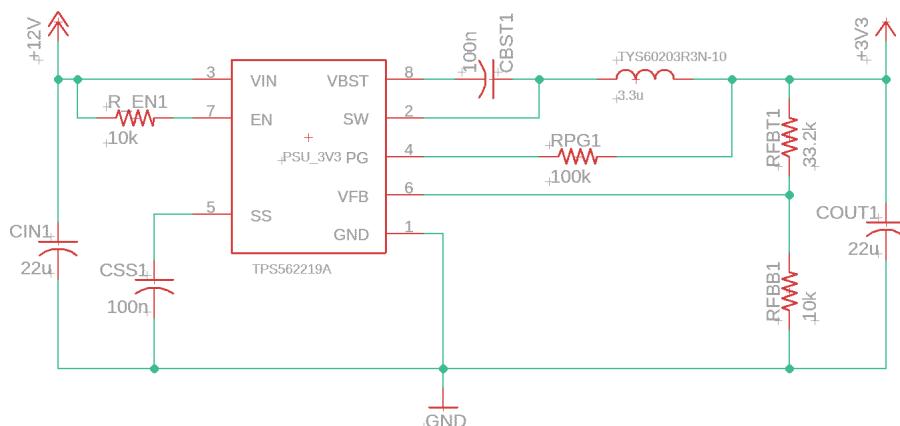


16. ábra: Tervezési séma kiválasztása

A TPS562219A típusú IC minden konfigurációban (3,3V - 5V) előfordult. A két verzió között (3,3V - 5V) csak egy tekercs és egy ellenállás volt a különbség.

A TI Webench Designer által kínált kapcsolási rajzok komponensei nem minden megfelelők, illetve beszerezhetők. (Tovább bonyolította helyzetet, hogy SMD

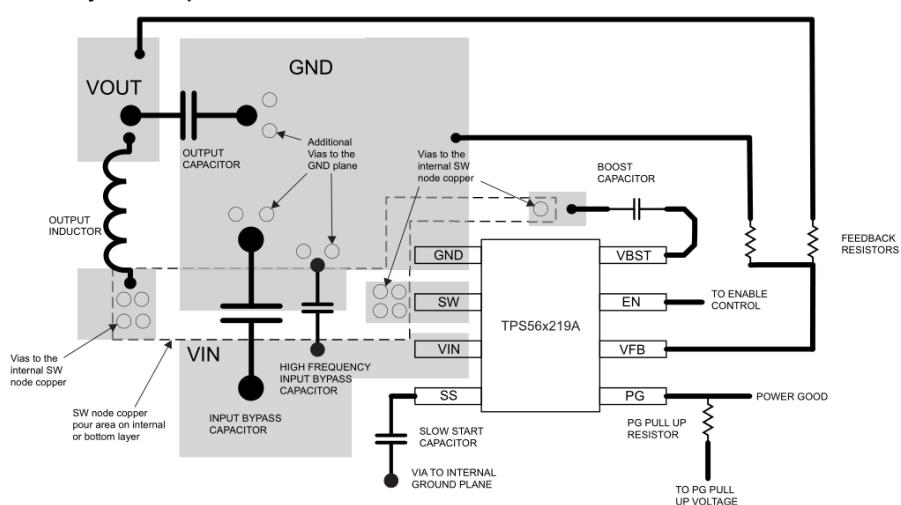
komponenseket sohasem forrasztottam, tehát az alkatrészek mérete sem volt minden egy számomra.) A korábbi tapasztalataim alapján úgy döntöttem hogy 1206-os (metrikus: 3216) SMD méretet fogok használni. Az egyik legnagyobb elektronikai kereskedőnél, a Mouser Electronics-nál, a megfelelő paraméterek figyelembevételével újratámasztottam az alkatrészeket. Miután néhány komponensnek megcsináltam az Eagle könyvtárát, elkészítettem a kapcsolási rajzokat a Webench Designer és a TPS562219A IC adatlapja alapján. Mivel a két konfiguráció (3,3V - 5V) minimálisan különbözik egymástól ezért ezért csak az egyiket ábrázoltam (17. ábra).



17. ábra: 3,3V-os DC/DC kapcsolási rajza

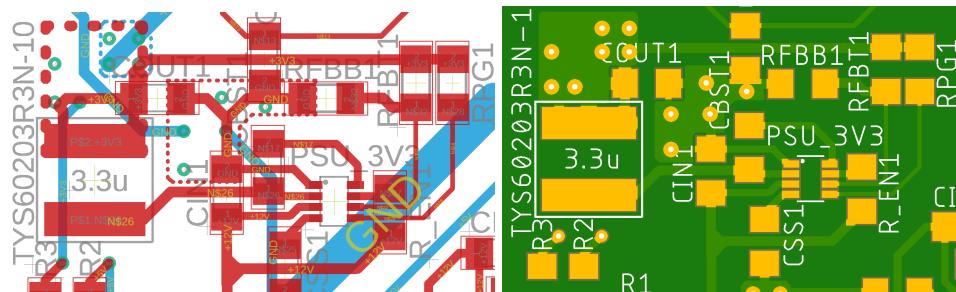
Általában nem mindegy, hogy az alkatrészeinket az adott IC körül milyen kiosztásban helyezzük el. A TPS562219A típusú IC adatlapjában pontokba van szedve mire kell odafigyelni, illetve egy elhelyezési mintát (18. ábra) is megtalálható mellette.

10.2 Layout Example



18. ábra: DC/DC elhelyezési mintája

Az irányelveket követve az elkészült NYÁK-tervet a 19 Ábra szemlélteti.



19. ábra: 3,3V-os DC/DC nyákterve

Hasonló módon készíttettem el az 5V-os átalakítót is, csak az a rész NYÁK-on az óra mutató járásával megegyezően 90° -al el lett forgatva.

4.1.2. Logikai jelszint átalakító tervezése

A WS2811-es IC adatlapjában (//TODO - forrasmegjelölés) le van írva, hogy a tápfeszültség ($V_{DD} = 4,5..5,5V$) 70%-nak kell lennie a vezérlő jelnek, hogy az IC logikai 1-es szintnek értelmezze. Tehát minimum 3,15V-os ($0,7 \cdot 4,5V = 3,15V$) jel kell az IC vezérléséhez. Így a 3,3V-os mikrovezérlővel a határon mozgok és feszültségingadozás esetén zavarok léphetnek fel. A megbízható, stabil működéshez egy logikai jelszint átalakítót kell beépítenem az áramkörbe.

Törekedtem minél több alkatrészt a TI-től (Texas Instruments) kiválasztani, mert a diákok (érvényes egyetemi e-mail-címmel rendelkezők) számára egy pár ingyenes mintadarabot kínál, amikkel jobb esetben elvégezhető a prototípus fejlesztése. Így esett a választásom a SN74LV1T34 típusú logikai jelszint átalakítóra.



20. ábra: SN74LV1T34 logikai jelszint átalakító IC lábkiosztása

21. ábra: SN74LV1T34 IC padjeinek elhelyezkedése

A kis SOT-23-as csomagolású IC (20. ábra) rendkívül egyszerűvé tette a feladatot. A 'GND' lábára a földet, az 'A' lábára a bemeneti jelet, az 'Y' lábára a kimeneti jelet, a 'V_{cc}' lábára pedig a kívánt kimeneti logikai jelszintnek megfelelő 5V tápfeszültséget kellett kötnöm. Az adatlapban leírt forrasztási maszk (21. ábra) alapján

elkészítettem az alkatrész Eagle könyvtárát. A 3. fázisú NYÁK-kal már három LED sort szerettem volna vezérelni, ezért a kapcsolási rajzon és a nyákon is három-három darab alkatrész került elhelyezésre.

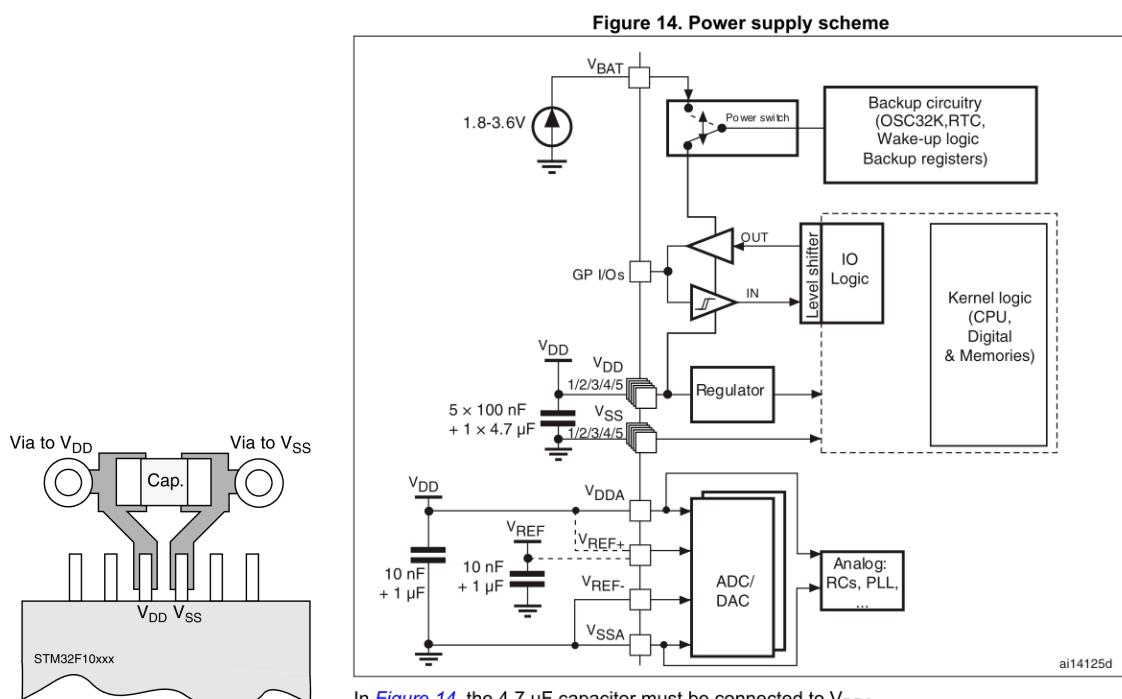
// képek?? kell/nem?

4.1.3. STMF103C8T6 mikrokontroller és perifériák

A mikrokontrollert külső komponensekkel is el kell látni ahhoz, hogy megfelelően működjön.

Az első és legfontosabbak a bufferkondenzátorok a mikrokontroller megfelelő lábain. Az alkalmazási útmutató (//TODO application note (an2586) - getting started with stm32f103) leírja, hogyan kell a kondenzátorokat megfelelően bekötni(22. Ábra): minél közelebb a megfelelő lábakhoz, és ha lehetséges akkor átvíázva //TODO - ezt hogy mondom magyarul?// a föld (V_{SS}) és a tápfeszültség (V_{DD}) rétegekre.

Az adatlapban (//TODO ref) pedig megtalálható, hogy melyik lábra mekkora és milyen kondenzátort kell bekötni.



22. ábra: Bufferkondenzátorok ajánlott áramköri elhelyezése balra, méreteik, bekötési helyei jobbra

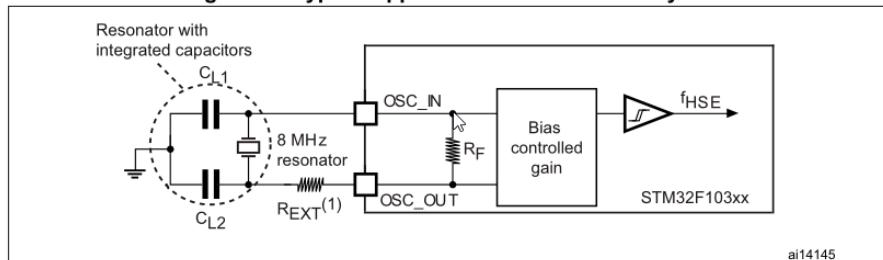
Többféle képpen is felprogramozható (UART-on keresztül bootloader segítségevel, JTAG-en vagy pedig SWD-n) a mikrokontroller, viszont DEBUG-olni csak JTAG-en és SWD-n (Serial Wire Debug) lehet. A kettő közül az utóbbit választottam, mert rendelkezésemre állt egy USB-s SWD programozó. Ahhoz, hogy a mik-

rokontrollert SWD-n keresztül programozhassuk, ki kell vezetni a SWCLK (Serial Wire Clock), illetve SWDIO lábakat egy csatlakozóra. A kétirányú kommunikáció miatt (programozás, debuggolás), az SWDIO vezetéket egy $100[\text{k}\Omega]$ -os ellenállással fel kell húzni a tápfeszültségre (//TODO ref - reference manual (RM0008) 31.8.1-es section).

//TODO boot pinek kamaradtak

A maximális, 72MHz-es, órajellel való működéshez külső oszcillátor áramkörre is szükség van, anélkül csak 64MHz lenne elérhető. A referencia terv(23. Ábra) alapján egy 8MHz-es kristály oszcillátort és két 20pF-os kerámiakondenzátort használtam a megvalósításhoz.

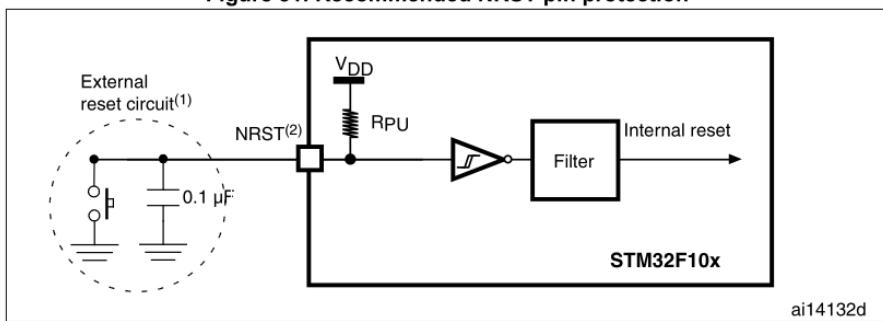
Figure 24. Typical application with an 8 MHz crystal



23. ábra: Nagy sebességű oszcillátor referencia terv

A reset gombot is bekötöttem, szintén csak az adatlap által javasolt referencia terv (24) alapján.

Figure 31. Recommended NRST pin protection

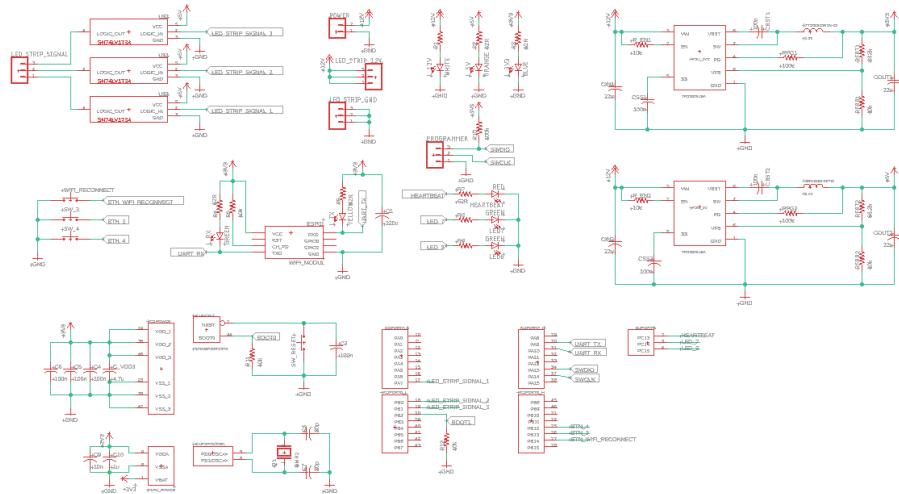


24. ábra: Reset gomb bekötésének referencia terv

A mikrokontrollert összekötöttem a Wifi modullal, illetve további 3 LED-es állapotjelző kimenettel és 3 földre húzott gombbal is elláttam a kapcsolást. Csak az egyik LED-nek szántam szerepet, a többi I/O továbbfejlesztési lehetőségnek lett megtervezve.

Az ST Microelectronics gyártó STM32CubeMX nevű programjával ellenőriztem a megfelelő lábkosztást, hogy a megfelelő lábakra kivezethetők-e az adott belső perifériák (TIMER-ek, UART) jelei.

A mikrokontrollerem EAGLE könyvtárát az internetről letöltöttem és beimportáltam a programba. A tervek alapján elkészítettem a kapcsolási rajzot (//TODO ref függelékbe Ábra) egy pár extra visszajelző komponensel ellátva. Az UART RX, TX jelvezetékeire, a 12V-os és a DC/DC áramkörök kimenteti tápfeszültségeire kötöttem visszajelző LED-ek.

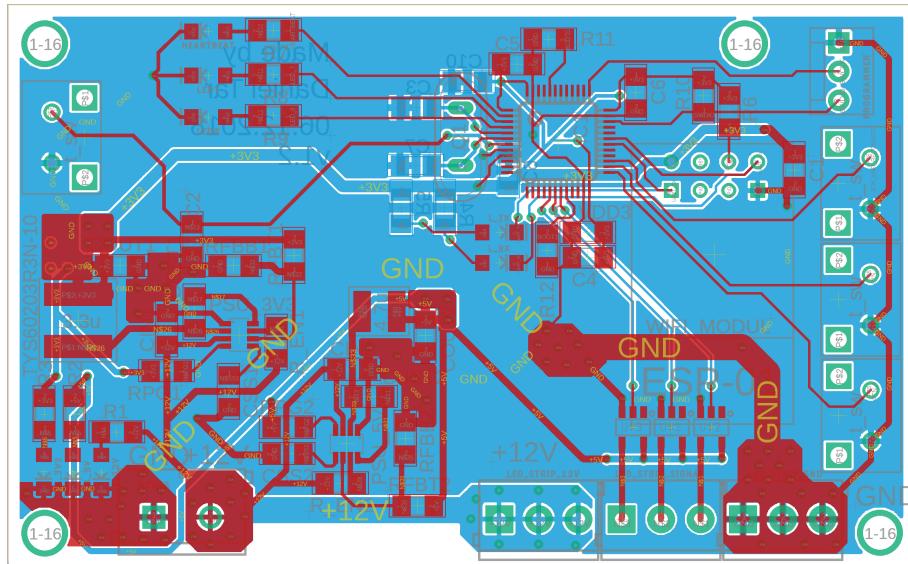


25. ábra: Lekicsinyített kapcsolási rajz (felnagyított verzió a függelékben található)

A kapcsolási rajz után az alkatrészek elhelyezése és huzalozása következett. Az EAGLE fejlesztői itt is nagy segítségemre voltak, és 10 leghasznosabb tippet(//TODO ref) összegyűjtötték a témaban nem annyira jártasak számára. A NYÁK-on logikai szempontok alapján elhelyeztem az alkatrészeket. A tápfeszültség és egyéb visszajelző LED-eket, gombokat csoportonként egymás mellé, a reset gombot a többi gombtól elkülönített helyre raktam. A LED sor és a Wifi modul kommunikációs jelvezetékeit minél távolabbrá helyeztem a zajforrásoktól, mint például a DC/DC áramkörfől és az oszcillátor áramkörfől. Az elrendezett komponenseket összehuzaloztam a tervezési irányelvek és a fejlesztői tippek alapján.

4.1.4. Alkatrészek megrendelése és a NYÁK legyártatása

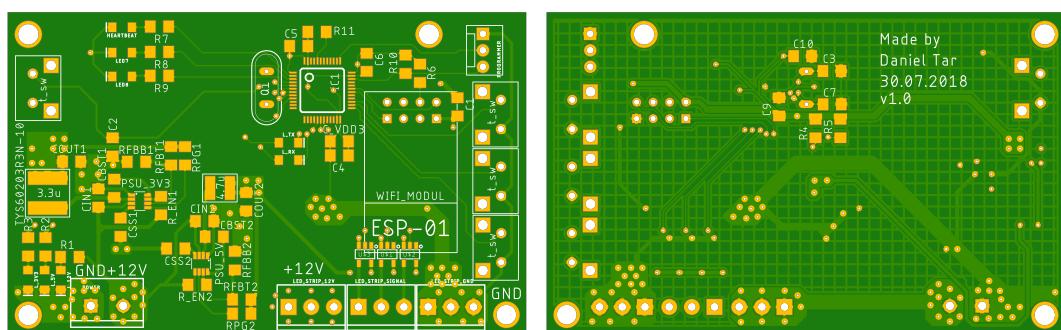
Az alkatrészeimet az egyik legnagyobb internethetes elektronikai viszonteladónál, a Mouser Electronics-nál, választatottam ki. A terveket úgy hoztam létre, hogy 1206-os méretű alkatrészeket használtam, mert ezt a méretet nagy biztonsággal képes leszek beforrasztanni. A projekt nagy tanulsága viszont, hogy ebben a méretben egyáltalán nem biztos, hogy minden értékben megtalálhatóak az alkatrészek, és ha igen, akkor is jellemzően jóval drágábban mint más méretekben. További probléma volt, hogy a TI Workbench által javasolt alkatrészek a DC/DC átalakítóhoz, kifutott termék révén, már elfogytak vagy nem is forgalmazták őket. A megfelelő szempon-



26. ábra: Összehuzalozott NYÁK terv

tokra figyelve kiválasztottam az új alkatrészeket, frissítettem a kapcsolási rajzot és a NYÁK tervet (a frissített verzió képei találhatók az előző alfejezetben).

A sok NYÁK gyártó közül én a JLCPCB-t, egy prototípusgyártásra specializálódott céget, választottam. Az EAGLE-ben kigenerált gerber fájljokat (27. Ábra) kellett feltöltenem valamilyen tömörített állományként vagy zip vagy rar formátumban. Az alap beállításokat használva minden összes komponens helyére került a megfelelő komponens. A költség 2\$-ért + szállítási költségért két héten belül megkaptam.



27. ábra: Gerber fájlok előnézetei

4.2. Az elkészült eszköz beforrasztása, tesztelése

Az eszközt fokozatosan készítettem el, rész egységenként haladva. Először beforrasztottam, ellenőriztem a csatlakozásokat, rövidrezárást multiméterrel (diódateszter funkció). Ha nem sikerült valamit rendesen beforrasztani, akkor megpróbáltam még egyszer, és utána újra ellenőriztem a dolgok helyességét. Amennyiben minden

rendben találtam, akkor rákötöttem az eszközöm a labortápra (megfelelő feszültséget, és áramkorlátozást beállítva) és oszcilloszkóppal mértem a megfelelő működést. Szépen haladtam sorban a 3,3V-os, az 5V-os DC/DC, a mikrokontroller és a többi részen. Többnyire első, STM32F103-as IC-nél második próbálkozásra elkészült az első prototípus.

Jöhettet a szoftveres tesztelés. Az első és legfontossabb az volt, hogy programozható-e a mikrokontroller, vagy sem. 10 alkalomból 7-szer sikerült is felprogramozni az IC-t, ami nem éppen az elvárt működés volt. További tesztek során a Wifi modul-all való kommunikációt is sikeresen leteszteltem. Az egyik bekapsolásnál viszont váratlanul kisült az egyik táp IC. Huzamosabb kísérletezés után, megismétlődött az előbbi eset és elkezdtem keresni a probléma okát. Időbe telt, mire kiderült, hogy a táp IC EAGLE könyvtárának készítése során felcseréltem két lábat. Viszont a hiba kijavítása után sem szűnt meg az eredeti probléma. A végső megoldást az úgynevezett *Soft Start* kondenzátor (C_{SS}) kicserélése jelentette. Ez a kondenzátor felelős azért, hogy milyen gyorsan kapcsoljon be, és állítsa be a kimeneti feszültséget a DC/DC áramkör. A TI Workbench által javasolt 8,2nF értéket 100nF-ra cseréltem, amivel a készülék azóta is jól működik. Ezzel az értékkel 20ms felfutási ideje lett a tápfeszültségeknek.

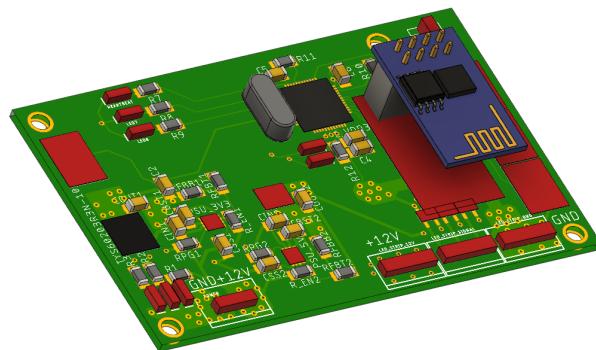
Az eszköznek jelenleg hálós föld rétege van, mert az első verzió tervezésénél úgy emlékeztem, hogy ennek előnyösebb tulajdonságai vannak mint az egybefüggő földrétegnek. Azóta utána jártam (TODO ??), és kiderült, hogy az egybefüggő sokszor jobb. A NYÁK terven ez kijavításra került, de azóta még nem került legyártásra.

4.3. Védődoboz tervezése, 3D-nyomtatással prototípus gyártása

4.3.1. Védődoboz 3D modellezése

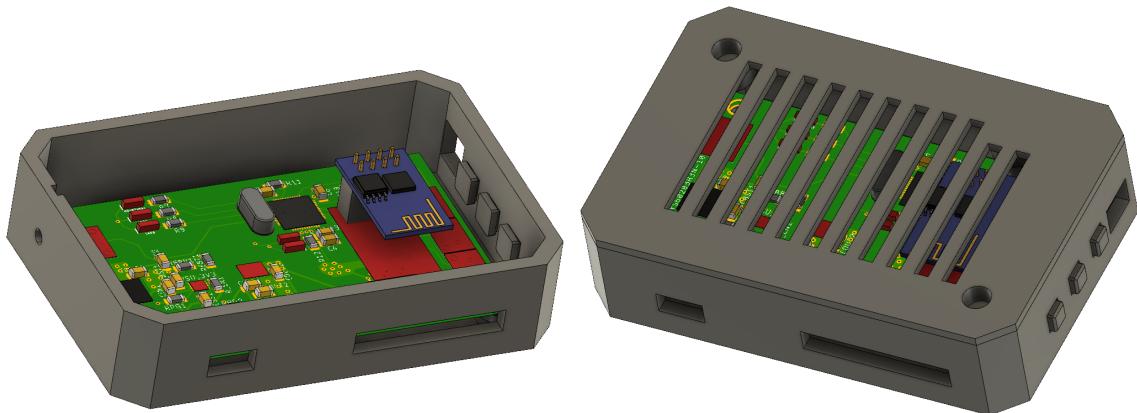
Az utóbbi időben egyre gyorsabban fejlődik az EAGLE. Megjelentek a 3D-s alkatrészkönyvtárak, és az Autodesk Fusion 360 (továbbiakban Fusion) nevű programba való exportálás, feltöltés. A Fusion egy felhő alapú program CAD, CAM és CAE eszközökkel. A felhő alapú szolgáltatás lényege, hogyha a NYÁK tervet az EAGLE-ben frissítem, akkor az Autodesk szerverein is frissül, ezáltal a Fusion-be érzékelve a változtatásokat. A NYÁK-ot és a grabcad.com oldalról letöltött Wifi modult beimportáltam és összeillesztettem (28. Ábra).

Az elektronikai részek 3D-s környezetbe illesztése után elkezdtem a védődoboz modellezését. Parametrikus modellezést és a NYÁK referenciaméréteit használtam a gyors testreszabhatóság és az automatikus méretváltozás miatt. A dozon nyílást hagytam a tápvezetékek, LED sorok bekötésére, a programozó csatlakozónak. Fu-

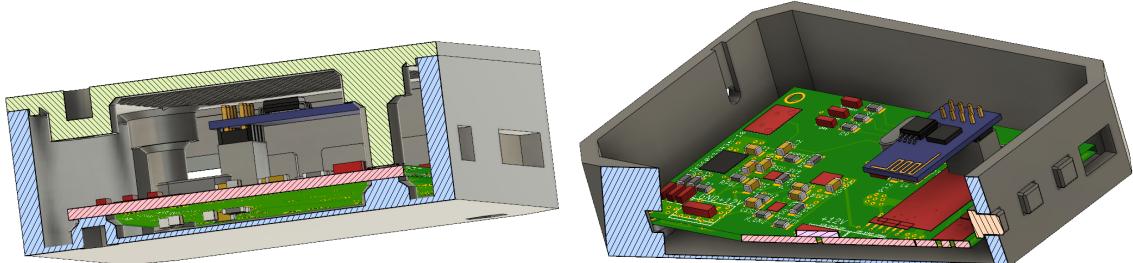


28. ábra: Fusion-be importált NYÁK és ESP8266-os Wifi modul

ratot készítettem a reset gomb számára, hogy szükség esetén benyomható legyen, illetve a 3 nyomógombot kapott a 3 extra kapcsoló.



29. ábra: Védődoboz 3D-s tervei

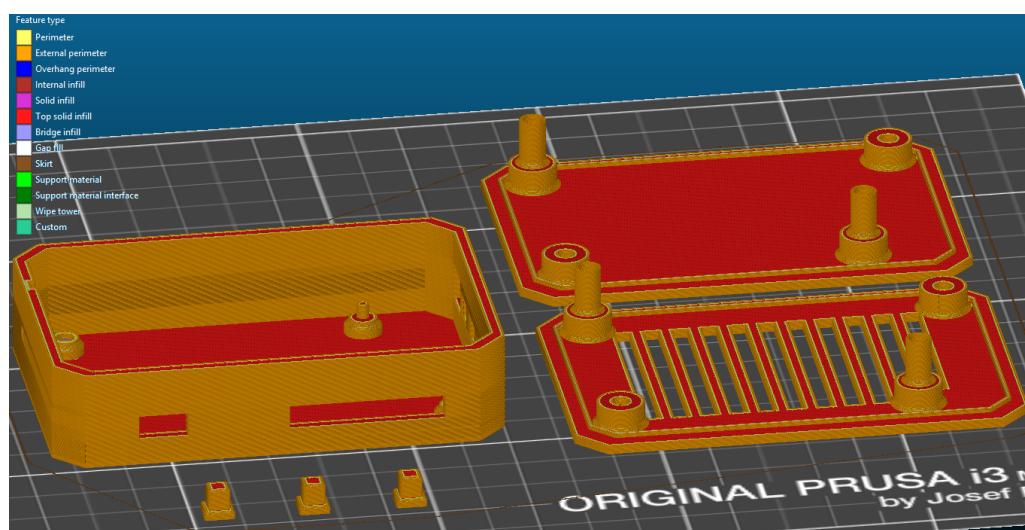


30. ábra: 3D-s tervek metszetben

A NYÁK-on 4 furat található, ebből kettőt a dobozban való pozícionálásra használtam, kettőt pedig a doboz házának és fedelének a rögzítésére. A fedélből több verziót is készítettem. Az egyiken hálós hűtő felület került elhelyezésre és főleg beneti használatra lett tervezve, míg a másik teljesen zárt testtel rendelkezik. Az otthoni terasz megvilágításra például a zárt verziójút szereltem fel az eresz alá.

4.3.2. 3D nyomtatás és az elkészült hardver

Manapság a 3D nyomtatás a prototípusgyártás megkerülhetetlen része lett. Olcsón, gyorsan, valós mértetű, mérethelyes alkatrészeket készíthetünk. A meglévő technológiák közül a számomra elérhető FDM-et (Fused Deposition Modelling) használtam. A módszer lényege, hogy egy megfelelő polimertekercsből, rétegenként állítjuk elő a kivánt modellünket. Slic3r PE egy olyan program, ami elvégzi a modellünk slice-olását (31. Ábra) (rétegekre bontását), és a 3D nyomtató számára legenerálja a megfelelő G-Code-ot. Ez a kód tartalmazza azokat az információkat, hogy milyen hőmérsékletre kell fútni az adott anyagot, mikor, milyen sebességgel és hova kell mozogni az extruder (nyomtató fej).



31. ábra: Védődoboz slice-olás után

A nyomtatás után összeszerelt és beforrasztott ledsorvezérlőket a 32. és a 33. Ábrák szemléltetik.

//TODO képek

//TODO képek

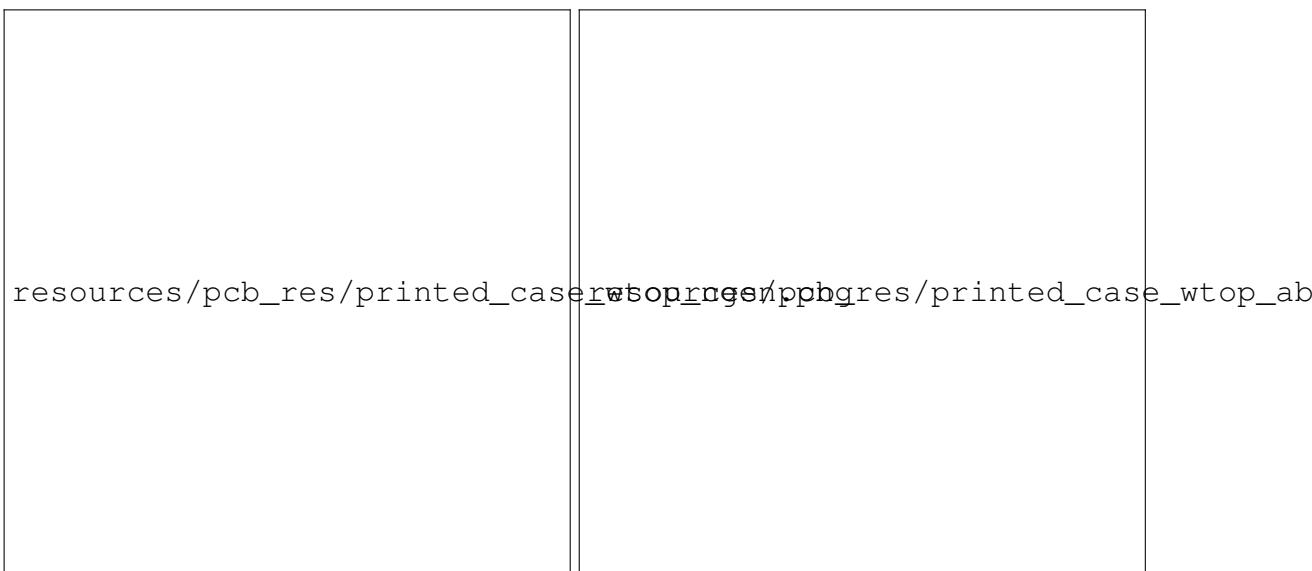
otthoni megvalositas, aramforraskereses, bekotes, zavarszüres ferritgyuruvel, teraszrol kepek

4.4. Beágyazott szoftver

Standard Peripheral Library (spl/stl ?) - a hatterben folyo folyamatok megertese miatt interrupt, timer, uart, dma kezeles - mit miert adatszerkezet kommunikalas az espvel - bekonfiguralasa ledsorral valo kommunikacio effektek arduino neopixel librarybol



32. ábra: 1. és 2. verziójú NYÁK-ok a 3D nyomtatott védő dobozukban



33. ábra: A 3D nyomtatott védő dobozok tetővel

5. ANDROIDOS ALKALMAZÁS ELKÉSZÍTÉSE

5.1. Androidról általában

Az Android a világ legnépszerűbb mobil operációs rendszere. Több milliárd eszközön fut, mint például a telefonokon, órákon, táblagépeken, TV-ken, és még sok máson. Különböző alakú és méretű eszközökön egyaránt elfut, ezzel óriási flexibilitást biztosítva az alkalmazás fejlesztők számára. A nemrégiben megjelent *Android Things* lehetővé teszi az okos, internetre csatlakoztatott eszközök építését, nem csak általános, hanem kereskedelmi és ipari felhasználásra is. Egy ilyen fejlesztői készle-

tet mutat be az 34. ábra. A meglévő Androidos fejlesztői eszközökön kívül elérhetővé válik az alacsony szintű I/O könyvtárak kezelése is.

Azért döntöttem az Android alapú vezérlés mellett, mert megbízható, biztonságos és olcsó eszközökön is tökéletesen működik.



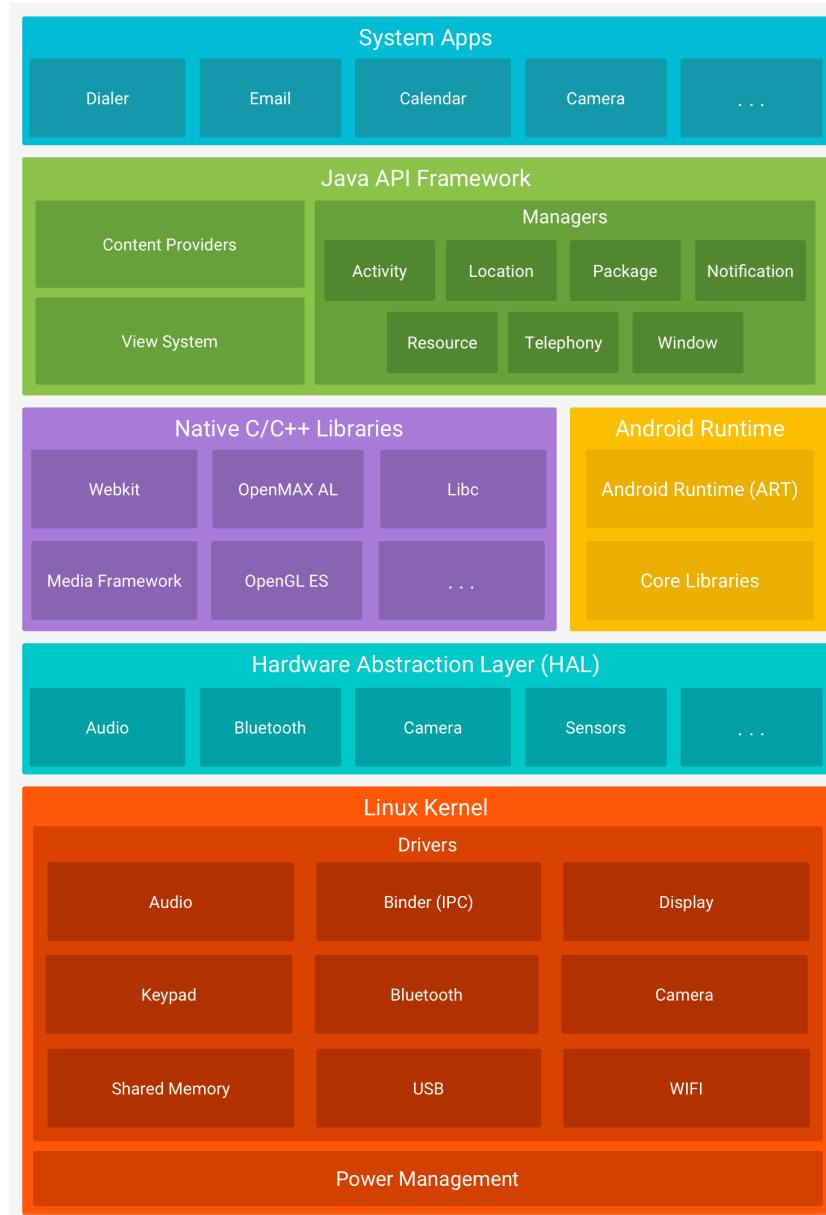
34. ábra: PICO-PI-IMX7 Startkit

5.2. Android Platform felépítése

Az Android egy nyílt forráskódú, Linux alapú szoftvercsomag, amely számos eszköz és formai tényező számára készült. A 35. ábra mutatja a platform legfontosabb összetevőit.

5.2.1. A Linux kernel

Az Android platform alapja a Linux kernel. Többek között az Android Runtime (ART) is Linux kernelen alapszik, ami magában rejt az olyan funkciókat, mint a szálkezelés és az alacsonyszintű memória kezelés. A Linux kernel segítségével az Android kihasználhatja a kulcsfontosságú biztonsági funkciókat, és lehetővé teszi az eszközgyártók számára, hogy egy jól ismert rendszermaghoz hardver-illesztőprogramokat fejlesszenek ki.



35. ábra: Android szoftvercsomag

5.2.2. Hardware Abstacion Layer (HAL)

A hardver absztrakciós réteg (HAL) egy olyan szabványos felület, amely a hardver képességeit a magasabb szintű Java API keretrendszer számára biztosítja. A HAL több könyvtármódulból áll, amelyek mindegyike egy adott típusú hardverösszetevőhöz, például a kamerához vagy a bluetooth modulhoz, ad hozzáférést. Amikor egy API hívás érkezik egy adott hardverhez, akkor az Android rendszer betölti a megfelelő komponenshez tartozó könyvtár-modulokat.

5.2.3. Android Runtime (ART)

Az Android 5.0-s verzióját (API-szint 21) vagy újabb verziót használó eszközök esetében minden alkalmazás saját folyamatában és a saját példányán fut. Az ART olyan virtuális gépek futtatására íródott, amelyek alacsony memóriájú eszközökön futtanak DEX-fájlok, speciálisan az Androidra tervezett bytecode formátumot, amely a minimális memóriahasználatra lett optimalizálva. A toolchainek lefordítják a Java forrásokat DEX bytecode-ba, amelyek már futathatók az Android platformon.

5.2.4. Natív C/C++ könyvtárak

Számos fő Android rendszer komponens és szolgáltatás, mint például az ART és a HAL is natív kódokon alapuló könyvtárok alapszanak. Az Android platform a Java keretrendszernek megadja a hozzáférést ezekhez a könyvtárakhoz. Például hozzáférhetünk az OpenGL ES-hez az Android keretrendszer Java OpenGL API-val és így 2D-s és 3D-s grafikákat készíthetünk az alkalmazásainkban.

Ha olyan alkalmazást fejlesztünk, amiben C/C++ kód van, akkor használhatjuk az Android NDK-t hogy a natív kódból közvetlenül hozzáférhessünk ezekhez a könyvtárakhoz.

5.2.5. Java API keretrendszer //TODO

5.2.6. Rendszer alkalmazások //TODO

5.3. Android alkalmazások felépítése //TODO

There are four different types of app components:

Activities

Services

Broadcast receivers

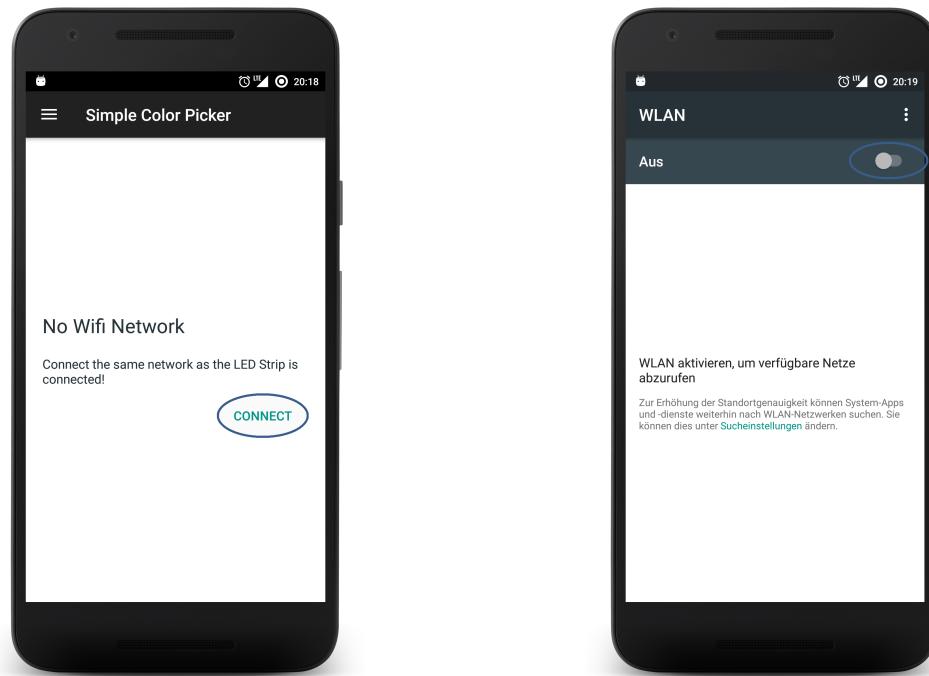
Content providers

Felhasználói felület A felhasználói felületet a manapság gyakori 5.5-inch-es, 16:9-es képarányú, FullHD (1920x1080) felbontású mobiltelefonokra terveztem és valósítottam meg, de ennél nagyobb kijelzőjű tabletéken is elfut az alkalmazás.

5.4. Az elkészült alkalmazás funkciói és felhasználói kézikönyv

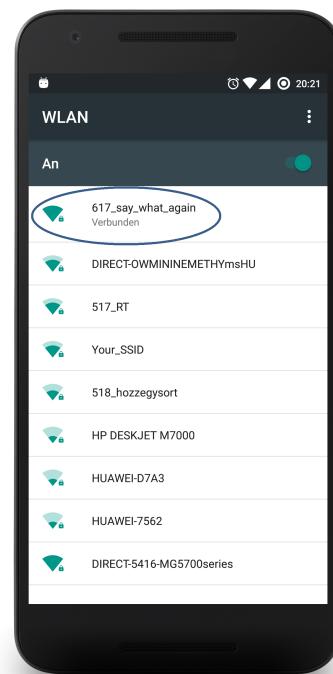
Az alkalmazás indításakor szükséges, hogy valamilyen WiFi hálózathoz legyen csatlakoztatva az eszköz. Ekkor az alapértelmezett Simple Color Picker képernyő töltődik be, amit később a beállításokban módosíthatunk kedvünk szerint. Ha nincs WiFi hálózatra csatlakoztatva az eszköz, akkor egy hibát jelző oldal jelenik meg, amin a

csatlakozás gombra kattintva eljuthatunk a készülék WiFi beállítás menüjébe, és ott csatlakozhatunk a hálózatra (36., 37. és 38. ábrák).



36. ábra: Koppintson a csatlakozás gombra!

37. ábra: Majd a bekapcsolásra!

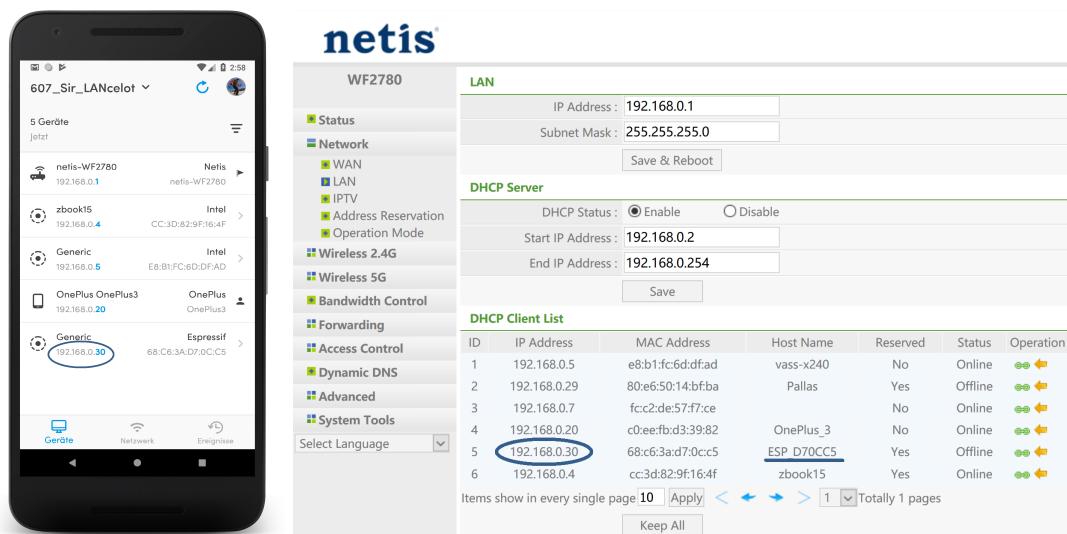


38. ábra: Végül válassza ki azt a hálózatot amire csatlakoztatva van a LED sor!

5.4.1. Led sor IP-címének a beállítása

A LED sor eredeti IP címe két módon szerezhető meg:

1. Mobiltelefonunkon a Fing nevű alkalmazással könnyedén felderíthetjük a lokális Wifi hálózaton található eszközöket IP címükkel együtt, ami innen egyszerűen kimásolható.
2. A helyi hálózati routerre csatlakozott eszközök listájából.



39. ábra: LED sor IP címének felderítése Fing nevű alkalmazással és routerünk menüjéből

Ezek után visszalépve az alkalmazásba, átnavigálva a beállítások menüre beállítható a LED sor IP címe:

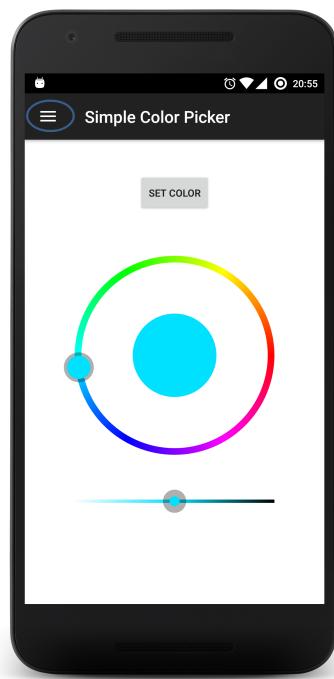
1. Navigációs menü előhozása

Az alkalmazáson belül bármelyik képernyőről ezzel (40. és 41. ábrák) a két módszerrel lehet előhozni a navigációs menüt:

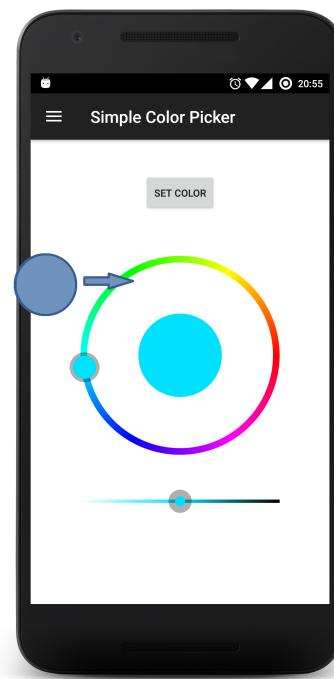
2. Beállítások fül kiválasztása
3. Helyi hálózati IP cím beállítása (43. és 44. ábrák)

5.4.2. Simple Color Picker mód

Ezen a képernyőn egy külső forrásból származó Color Picker található. A csúszkák mozgatásával tudjuk kiválasztani az adott színt, majd a *Szín beállítása* gomb megnyomásával állíthatjuk be a LED sor színét (45. és 46. ábrák).

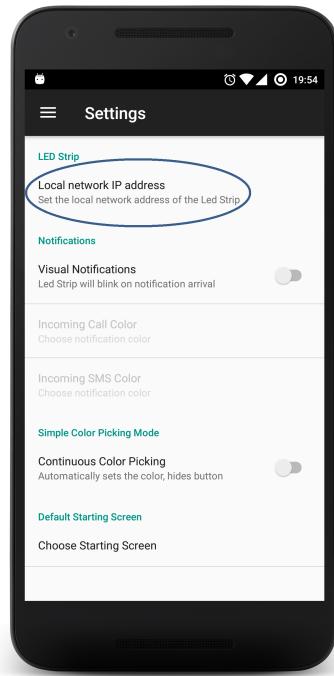


40. ábra: A menü gombra való kattintás-

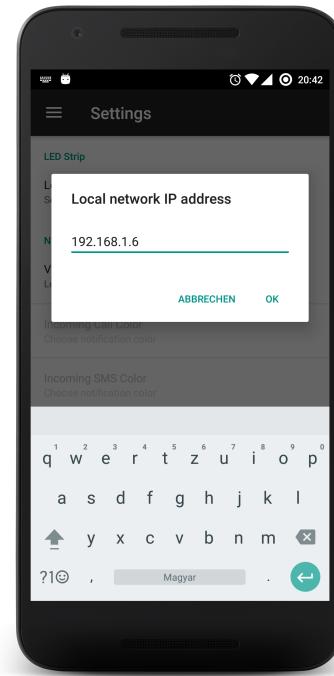


41. ábra: „Swipe gesture segítségével”

42. ábra: Koppintson a Beállítások fülre! //TODO

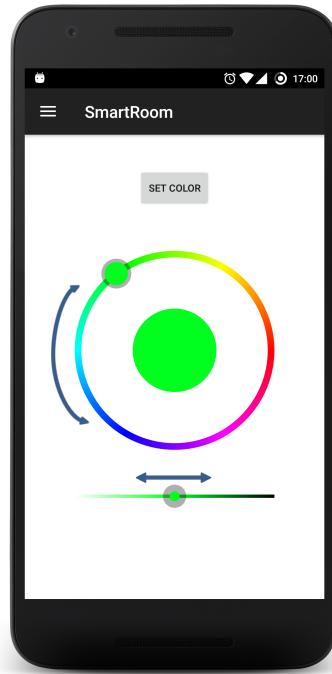


43. ábra: Koppintson a helyi hálózati IP cím beállításra!

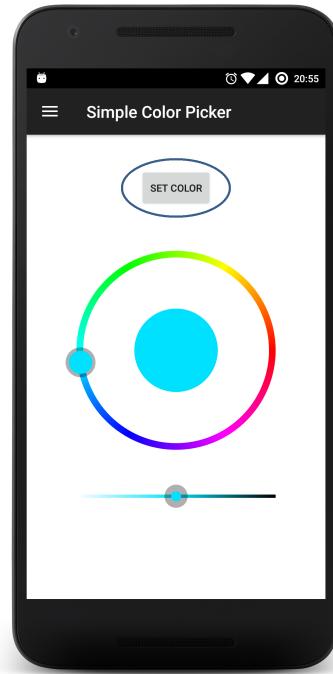


44. ábra: Állítsa be az IP címet, majd koppintson az Ok gombra!

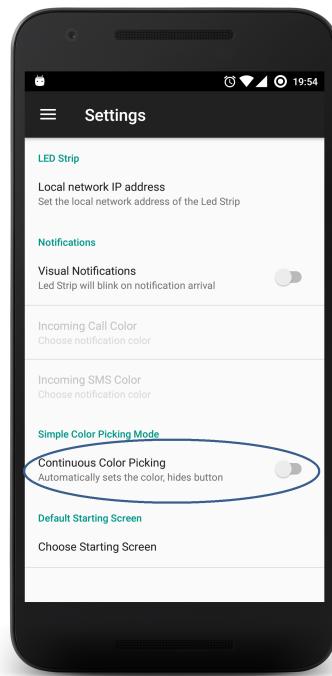
A képernyőt személyre szabhatjuk a beállítások fülön lévő automata színválasztó funkció bekapcsolásával (47. és 48. ábrák).



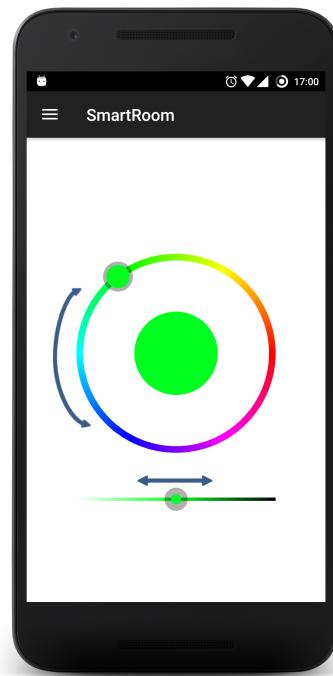
45. ábra: A csúszkák mozgatásával változtathatjuk a megjelenítendő színt



46. ábra: Szín beállítását a gombra koppintással végezhetjük el



47. ábra: Automatikus színválasztás funkció bekapcsolása



48. ábra: Ezek után a csúszkákat mozgatva automatikusan változtatja a színt

5.5. Party mód //TODO

Ebben a módban a telefon mozgatásával állítható be a LED sor színe, vagyis ha táncolunk vagy ugrálunk akkor változik a szín.

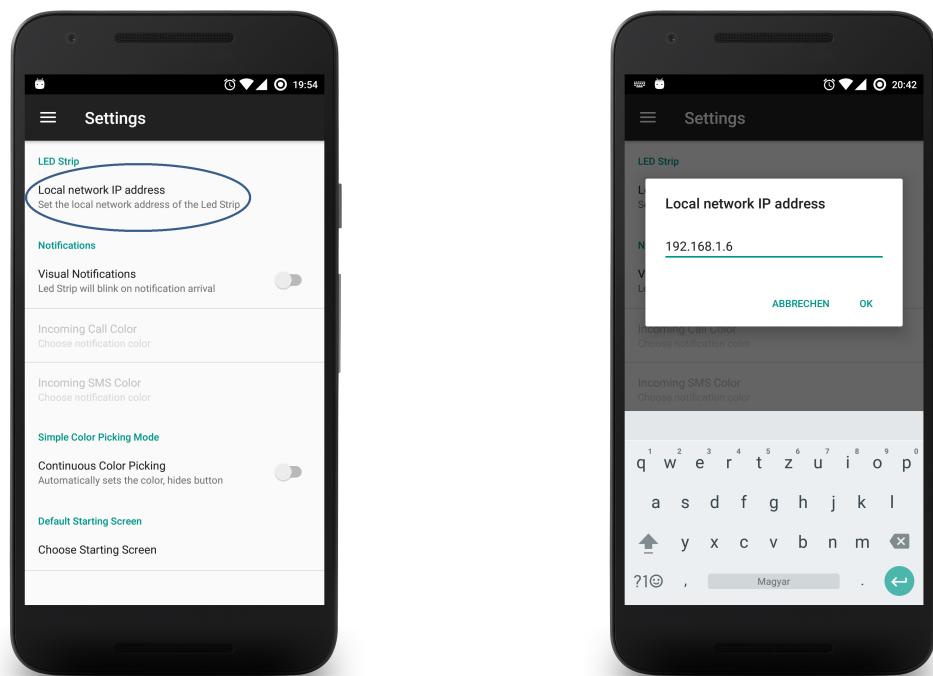
5.6. Audio Visualizer //TODO

//fft elméleti hátér //api //hogyan állítja be a színt

5.7. Beállítások menü

Ezen a nézeten lehet testre szabni az alkalmazást.

5.7.1. Helyi hálózati IP cím beállítása



49. ábra: Koppintson a helyi hálózati IP cím beállításra!

50. ábra: Állítsa be az IP címet, majd koppintson az Ok gombra!

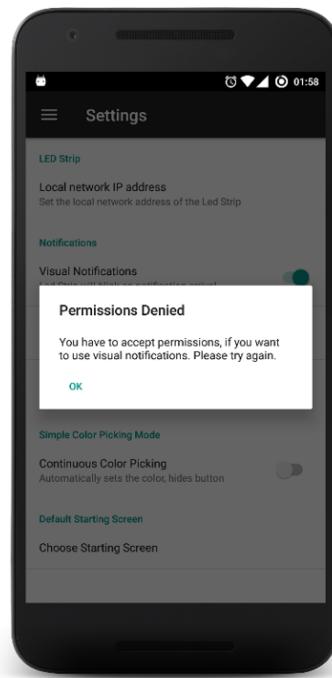
5.7.2. Vizuális értesítők bekapcsolása

Ennek funkcióinak a használatához el kell fogadni a megfelelő engedélyeket, különben nem fog működni.

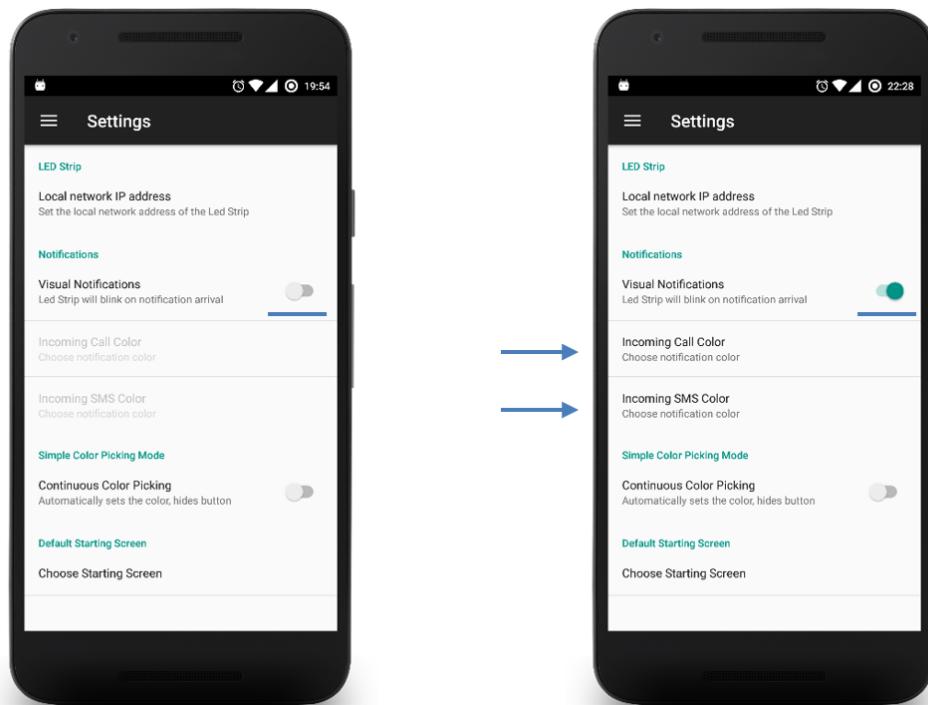
Amennyiben az engedélyeket nem adjuk meg, egy hiba üzenet ugrik fel (51. ábra). Ha mégis használni szeretnénk ezt a funkciót, akkor újra be kell állítani, majd ezt követően megadni meg az engedélyeket.

A vizuális értesítések bekapcsolása után további két beállítás válik elérhetővé, amikkel testre lehet szabni, hogy hívás, vagy sms érkezése esetén milyen színnel villogjon a LED sor (52. ábra).

A bejövő hívás vagy SMS szín opcióra koppintva előhozhatunk egy ablakot (53. ábra), ahol beállíthatjuk a kívánt értesítési színt.



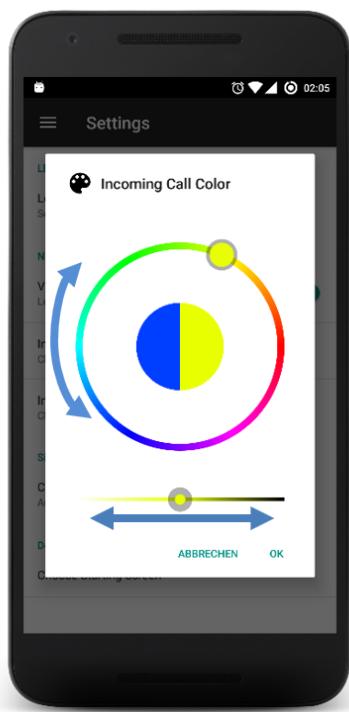
51. ábra: Felugró hibaüzenet



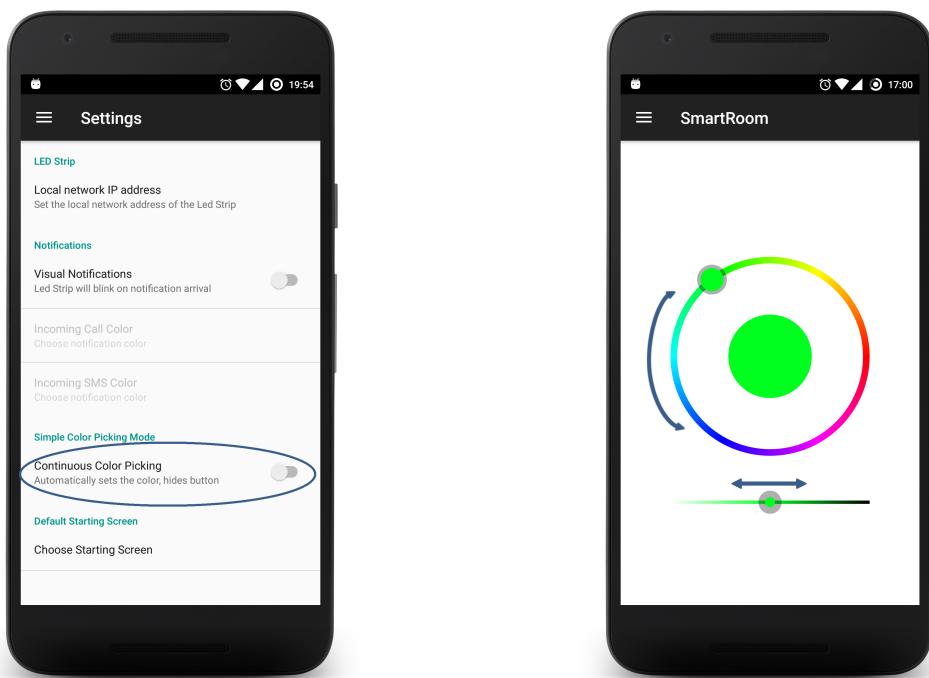
52. ábra: Az engedélyek elfogadása után elérhető új két beállítási lehetőség

5.7.3. Automata színbeállítás a Simple Color Picker módhoz

Az automata színválasztás bekapcsolása és a hatására változó Simple Color Picker mód ablak (54. és 55. ábrák).



53. ábra: Bal oldalt a jelenlegi, jobb oldalt a beállítani kívánt szín látható, amit az Ok gomb lenyomásával ment el az alkalmazás.



54. ábra: Automatikus színválasztás **55. ábra:** Ezek után a csúszkákat mozgatva automatikusan változtatja a színt

6. ELKÉSZÜLT ESZKÖZ ÉRTÉKELÉSE, KÖLTSÉGTERV SZÁMOLÁSA

mennyibe került most az 5 db prototípus nyak legyartása, illetve mennyibe kerülne ha a legolcsobb alkatreszekből összevalogatva, 10 000 darabot gyartanak le 32/33

HIVATKOZÁSOK

- [1] D. Adams. *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy*. San Val, 1995.