

Óbudai Egyetem

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

Műszertechnikai és Automatizálási Tanszék



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

ÉPÜLET HOMLOKZAT DÍSZVILÁGÍTÁSI RENDSZEREK VEZÉRLÉS TECHNIKÁJA ÉS KIVITELEZÉSE

Szerző(k): **Bethlen Máté**
villamosmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulens(ek): **Prof. Dr. Molnár György**
egyetemi tanár
Sándor Tamás
tanársegéd

Budapest, 2024.

Tartalom

1	A két rendszer.....	4
1.1	Pólus Center	4
1.2	Kör lámpa	4
2	Ügyfél és gyártástechnológiai igények a Pólus Center telepítéskor.....	5
2.1	Mechanikai igények	5
2.2	Vezérléstechnikai igények.....	5
3	A rendszer tervezése.....	7
3.1	LED vezérlő modul kialakítása	7
3.2	LED modul és vezérlés rögzítése	8
3.3	Adat MASTER kialakítása és illesztése a rendszerhez	9
3.4	Animáció készítés.....	11
3.5	Operátori panel kialakítása	12
3.6	Távoli vezérlés és hibajavítás.....	13
4	Kivitelezés	14
4.1	Panelek gyártása és beültetése.....	14
4.2	Helyszíni szerelés tervezése és előkészítése	15
4.3	LED panelek beépítése	16
4.4	Vezérlő modulok telepítése	17
4.5	Programozás és teszt időszak	18
5	Hosszútávú működés	20
6	A rendszer hibái és további fejlesztések.....	21
6.1	Kábelezés.....	21
6.2	Zavarjelek	22
6.3	Vezérlési lehetőség teszt időszakban	22
6.4	Panel hibák	23
7	Ügyfél és gyártástechnológiai igények a kör lámpa tervezésekor	25
7.1	Lámpák rögzítése és vízhatlansági problémák	25
7.2	Táp ellátás.....	26
7.3	Kommunikáció	27

Budapest, 2024.

8	Rendszer tervezése	29
8.1	Mechanikai tervezés	29
8.2	Elektronika tervezés	29
8.3	Program	31
8.4	Kivitelezés	33
9	Összefoglalás	36
10	Ábrajegyzék	37
11	Irodalomjegyzék	38

Budapest, 2024.

1 A két rendszer

Az elmúlt évben felkértek két épületnek a homlokzat díszvilágítására. A feladat magába foglalta az ehhez szükséges rendszerek megtervezését és egyik esetben még a telepítését is. A két feladat koncepcióban nem nagyon tér el egymástól, viszont a megrendelő igényei miatt teljesen más rendszeren alapulnak.

1.1 Pólus Center

Ebben a projectben 24db oszlopnak, szegmensekre bontott vezérlését kellett megoldanunk a homlokzat teljes hosszán. a vezérléshez tartozó felhasználói panelt, illetve egy kezdő animáció csomagot is nekünk kellett mellé nyújtanunk. A garanciális javításokért pedig szükséges távoli hozzáférésre használt rendszert is ki kellett alakítanunk. A rendszert a ritkábban használt pixel vezérlési protokoll segítségével hoztuk létre.

1.2 Kör lámpa

Ennél a projectnél egy, már létező lámpatestet kellett újra terveznünk és azt egy már meglévő vezérléshez illeszteniünk. A rendszer RS485-ön keresztül DMX (1) protokollal kommunikál, viszont a fixtúrák beállításához szükséges az RDM (2) protokoll támogatása is, amit külön bele kellett építenünk a lámpatestekbe.

Budapest, 2024.

2 Ügyfél és gyártástechnológiai igények a Pólus Center telepítéskor

2.1 Mechanikai igények

A megrendelő itt támasztotta a legfontosabb igényeket. Az épületen már előzőleg is telepített homlokzatvilágítás helyére kellett az új fixtúrákat telepítenünk. Ez az alumínium befogadó váz a teljes magasságban végig futott, kikerülve az üveg részeket. Alul és felül egy fém védőkupakkal volt lezárva. a felső oldalon, kupak alatt nem sokkal voltak elhelyezve a vezetékek átvezetésére hagyott lyukak. előről pedig tejfehér plexi lapok fedték el az előzőleg használt LED szalagokat. Az elfedésen kívül még a kijövő fény egységes eloszlásáért is ez a plexi lap felelt.

Az új fixtúráknak ebbe a burkolatba kellett beleférnie, így az alábbi kritériumokat állítottuk fel:

- a LED- vízálló burkolatban kell lennie
- egyenletes fényeloszlás miatt a teljes felületet be kell terítenie
- a kábelek nem lóghatnak bele a LED fényébe
- a komplett szegmensnek a lehető legvékonyabbnak kell lennie
- a szegmensek telepítésére gyors és egyszerű megoldás kell
- 2 fajta méretben kell gyártanunk a paneleket
- probléma esetén könnyen cserélhetőnek kell lennie

A vezérlés telepítésére sokkal rugalmasabb lehetőségeink voltak. Az előző vezérlést teljesen lebontották így meghagyva a teljes tető körvonalát egy új rendszernek. Minden oszlophoz már kivezetésre került ekkor a betáplálás. Így a kialakult igények:

- egyszerűen rögzíthető, beazonosítható hordozó panel
- a betáplálási oldalon és a DC-oldalon különálló kötődoboz
- külön doboz a vezérlésnek
- vízálló kültéri tápegység
- víz elvezető és jég védelem

2.2 Vezérléstechnikai igények

A megrendelő itt is egy egészen érdekes probléma elé állított minket. Az oszlopokat több szegmensre bontva animálhatóvá kellett tennünk. Külön kérés volt a magyar zászló megjelenítésének lehetősége, ezzel limitálva minket hárommal osztható szegmens számokra oszloponként. A másik komoly kérés az RGBW (3 szín + 6000K es fehér fény) LED világítás. Így a vezérlést egyből 4 csatornásra kellett tervezni és a kábelezési igény is megnőtt.

A betáplálásnál is volt külön kérés. A fogyasztás csökkentése érdekében a homlokzat világítás körére kellett kötnünk a tápegységeket, hogy nappal, amikor nem látszik az oszlopokból szinte semmi, a tápegységeket lekapcsoljanak. Erre a tetőn már elhelyezett 4db alacsony kapcsoló nyújtotta a szabályzó jelet. A 4db kapcsoló 4 külön részét szabályozta a tetőnek, így nem egyszerre kapcsoltak.

Ezek a feltételek tervezés oldalán a következő igényeket alkották:

Budapest, 2024.

- 3/6/9 pixel kimenetű vezérlés
- oszlopomként modulok egymáshoz szinkronizálása
- 4 csatornányi kimenet pixelenként
- Adatvesztés esetén az előző információ megtartása
- induláskor a kimeneteket ismert állapotban induljanak
- hosszú vezeték távok használata

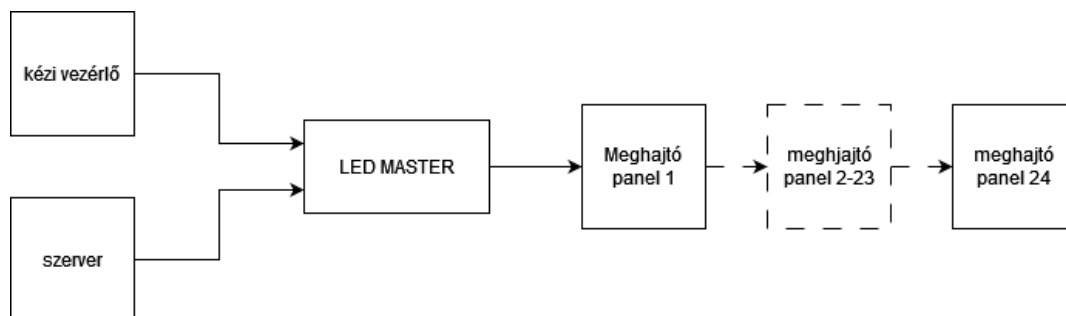
a Vezérlés második felével is kellet foglalkoznom, a helyszínen dolgozóknak egy felhasználói felületről kellet tudni irányítani a teljes rendszert három külön felhasználói szint szerint.

1. operátor:
az operátor bárki lehet, akár diszpécser, akár karbantartó. a feladatuk az animációk váltása, fényerő állítása, illetve szükség esetén a rendszer ki és be kapcsolása.
2. tervező:
A tervező az 2-3 oktatott személy, akiknek van lehetőségük új animációkat a rendszerhez adni, illetve a színeket cserélni.
3. telepítő:
Ez a szint nekünk szol, ennek a szintnek távoli elérést kell biztosítani, hozzáférést a rendszer beállításai fölött, illetve az Over The Air frissítési felülethez.

Ehhez két külön egység kellet:

Egy kézi nyomógombos panel az operátoroknak, amely Ethernet hálózatra csatlakozva bárhol elhelyezhető

Egy „szerver” a távoli hozzáféréshez és tervezők hozzáférésének.



2.1 az ügyfél által kért rendszer terv

Budapest, 2024.

3 A rendszer tervezése

3.1 LED vezérlő modul kialakítása

mielőtt el tudtuk kezdeni kidolgozni a tényleges vezérlőket, protokollt kellett választanunk a rendszerhez. Itt két fő protokoll jött szóba:

- Az RS485-re épülő DMX protokoll, amelyre a panelek leágazva tudnak csatlakozni
- PWM re épülő Pixel protokoll, amely a vezérlésnek sorban kell csatlakoznia

A DMX protokoll elég gyakran előfordul ilyen világítási rendszerekben. A hátránya az adat mennyiség limitációja. Egy pixel 4 csatornát használ el, így 24 oszlopon már 6 pixel túl lépne a maximum pixel mennyiséget, amit 1 rs485 buszra köthetünk fel. Emiatt 2 buszt kellett volna kiépítenünk, ami kábelezésben és hiba lehetőségekben is sokkal nagyobb.

Sőt, mivel ez a rendszer lokálisan címzi a fogadókat így egy meghibásodás esetén nem lehet könnyedén cserélni a vezérlőket, muszáj újra címezni a javított paneleket. Meghibásodás esetén még az RS485 buszon keresztüli visszatáplálás veszélye is fent áll. Egy modul meg sérülése esetén a vele egy körön lévő vezérlőket is tönkre teheti.

A vezérlés oldalon is több problémába ütközünk: a létező programok, amik képesek ilyen jellegű animációk futtatására nem pont kezdő felhasználó barátok, illetve nem is feltétlen engednek külön kapcsolatot operátoroknak.

az árazásba is magasabb eredményeket hozna. Minden oszlophoz külön mikrovezérlő telepítése szükséges, azok programozása, illetve a különböző fény vezérlő programok licensztköltsége sem alacsony.

A Másik opciónk a fent említett PWM alapú pixel protokoll. Ennél a jelnél az adatott egy 800KHz es PWM jelbe ágyazták bele, ahol a kitöltési tényező határozza meg hogy a bit értéke magas vagy alacsony. Ez a jel alapvetően nem differenciális, zajra kifejezetten érzékeny, viszont egy RS485 illesztő IC segítségével könnyen alakítható differenciális jellé, és növelhető a távolsága az adatátvitelnek.

A buszon nincs címzés, az egységek egymás után vannak kötve és ez a sorolt kötés adja meg a kimenetek sorszámát. Illetve ezekhez a rendszerekhez már létezik olyan IC, amely képes ezt az adatot feldolgozni, és az RGBW-csatornákat vezérelni, majd az adatot továbbadni, ezzel csökkentve a komplexitást és a költséget. Egy modul meghibásodása pedig nem tudja a teljes rendszert tönkre tenni. Ilyen esetben a megadott modul és a szomszédjai az egyedüliek, amiket cserélni kell.

Vezérlése is egyszerűbb hiszen bármilyen mikrovezérlő képes irányítani, sőt, az ESP32 (3) es vezérlőkre készült Nyílt forráskódú projekt, WLED is pont erre a feladatra lett kifejlesztve.

A WLED interaktív web felülete, hálózati redundanciája és rest API ja miatt végül ezt választottuk a projecthez.

A protokollhoz illesztett vezérlés ennek megfelelően lett kidolgozva. A kimenetek vezérlésére nagy teljesítményű N-MOSFET-eket használtam melyek kicsi belső ellenállásuk miatt minimális hőt termelnek.

Budapest, 2024.

Ezeket sajnos nem lehet követlen meghajtani mivel a legtöbb pixel IC-nek ugyan ilyen N csatornás kimenete van, viszont sokkal kisebb maximális árammal, így a kimenet egy inverteres meghajtást kapott.

Pixel IC-ből is több fajtát néztük meg, viszont csak 2db felet meg a feladatnak.

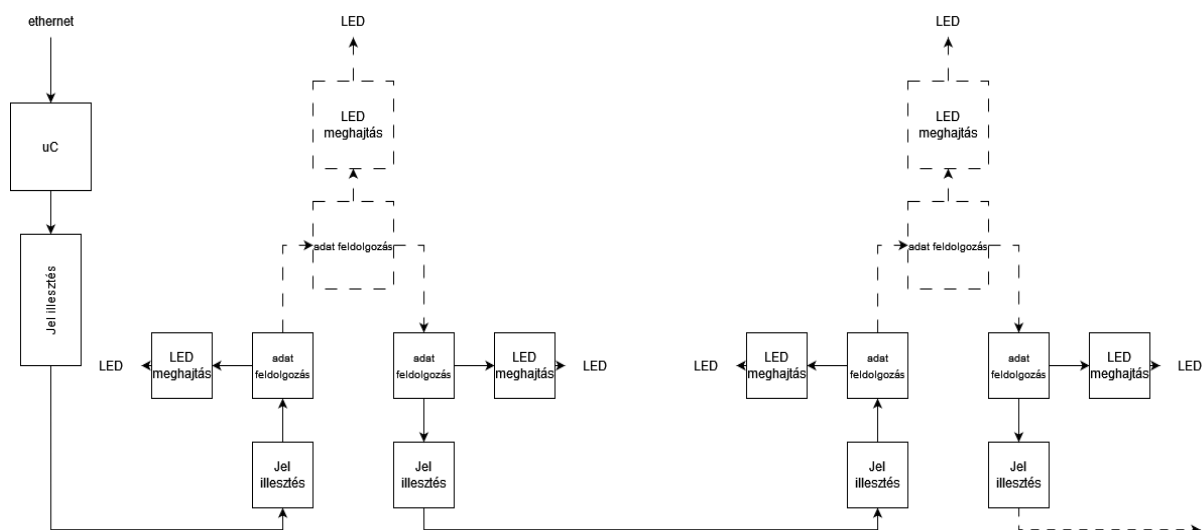
- TM1814 (3) egy RGBW LED meghajtó programozható áramgenerátorral, IO lábakon 24V-ot elbír. Softweresen pedig beleterveztek egy teszt jel generátort is így jel hiányában képes önmagát is az utána következő pixeleket tesztelni.
- WS2814 (4) ugyan csak egy RGBW LED meghajtó, viszont az áramgenerátor fix 20mA elhajtja a kimenetet, illetve maximum 12V-ot bír ki. Öntesztelés ez a verzió nem tartalmaz viszont van rajta egy másodlagos jelbemenet esetleges adatvezeték szakadás vagy vezérlési hibák kivédése érdekében.

Mind a két IC belül egy zéner dióda helyezkedik el így a tápláláshoz elég egy megfelelően méretezett ellenállás.

Az összehasonlításban végül a WS2814 es IC választottam, ennek a fő okai a másodlagos adatbemenet IC meghibásodás kivédésére, a teszt jel hiánya, hiszen így probléma esetén a legutolsó képkocka marad meg a kimeneten, illetve a gyártó, World Semi, akikkel már többször is dolgoztam.

A panelen minden 6 kimenete kapott 1 ilyen dekódoló és meghajtó IC-t, illetve a tényleges kimenetekre és bemenetekre 2-2 sn75176 rs485 illesztőt is.

A csatlakozók az adatra a könnyebb szerelés érdekében rj45-ös csatlakozók lettek választva, a nagyáramú csatlakozásokra pedig az AVX késes csatlakozóit használtam, ezek képesek akár 20A átvitelére is, így tökéletesek voltak egy ilyen projekthez.



3.1 LED meghajtó panel terve

3.2 LED modul és vezérlés rögzítése

A meghajtandó LED panelek a megfelelő fény sűrűség elérésének érdekében RGB + W LED modulokból épült fel

Budapest, 2024.

Minden pixel külön hordozót kapott, amelyen WAGO-s kivezetésekkel csatlakoznak a vezetékkeikhez. A teljesítmény elosztás miatt a pozitív szál és a fehér $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$ vezetékét kapott még az RGB színeknek elég volt $3 \times 1 \text{ mm}^2$. a modulok előnye, hogy tokozásuk Tűz esetén önkioltó, és IP67-es védettségű, illetve a hátulján ragasztásra és csavaros rögzítésre is van lehetőség. Magukat a kész hordozókat szegeccsel terveztük berögzíteni a megfelelő helyre.

Ezzel így oszloponként $6 \times 3 \times 1.5 \text{ mm}^2$ és ugyan ennyi 1 mm^2 es kábelt kellett bekötnünk a vezérléshez.

A vezérlést vízálló dobozba telepítettük és így, a komplett dobozt vittük ki a helyszíni szerelésre. Ezeket később egy a tetőn elhelyezett külön hordozóra lehet felcsavarozni. Ugyan ezen a hordozón kapott helyet a 2db 12V 20A es kültéri tápegység Jégvédővel és kötő dobozzal, illetve a LED panelekhez menő kábelekhez tartozó 2db kötő dobozzal.

3.3 Adat MASTER kialakítása és illesztése a rendszerhez

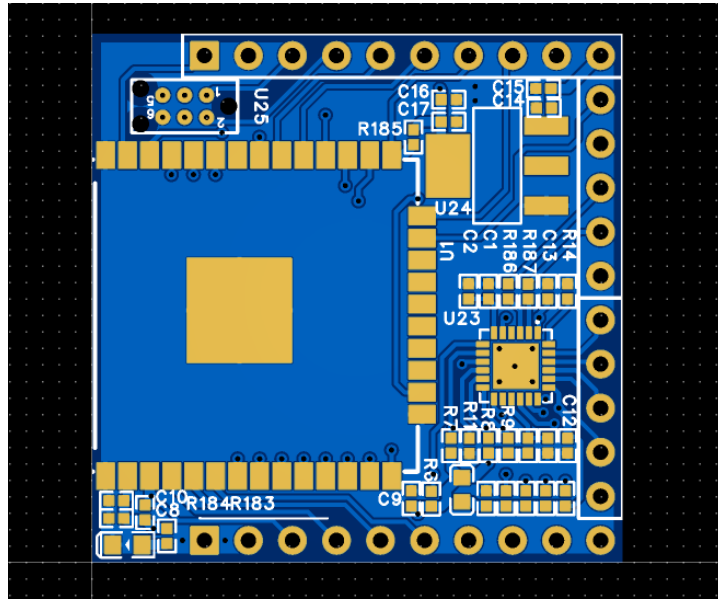
Maga a Pixel protokoll forrás volt talán az egyik legnehezebb áramkör, amit össze kellett raknom.

Az eredeti ötlet egy olyan panel volt, amely képes kihasználni a WLED összes tulajdonságát és ilyen rendszerekben megbízhatóan használható.

Több revízió után értünk el a jelenleg is használatban lévő megoldáshoz PIXELMATE-hez,

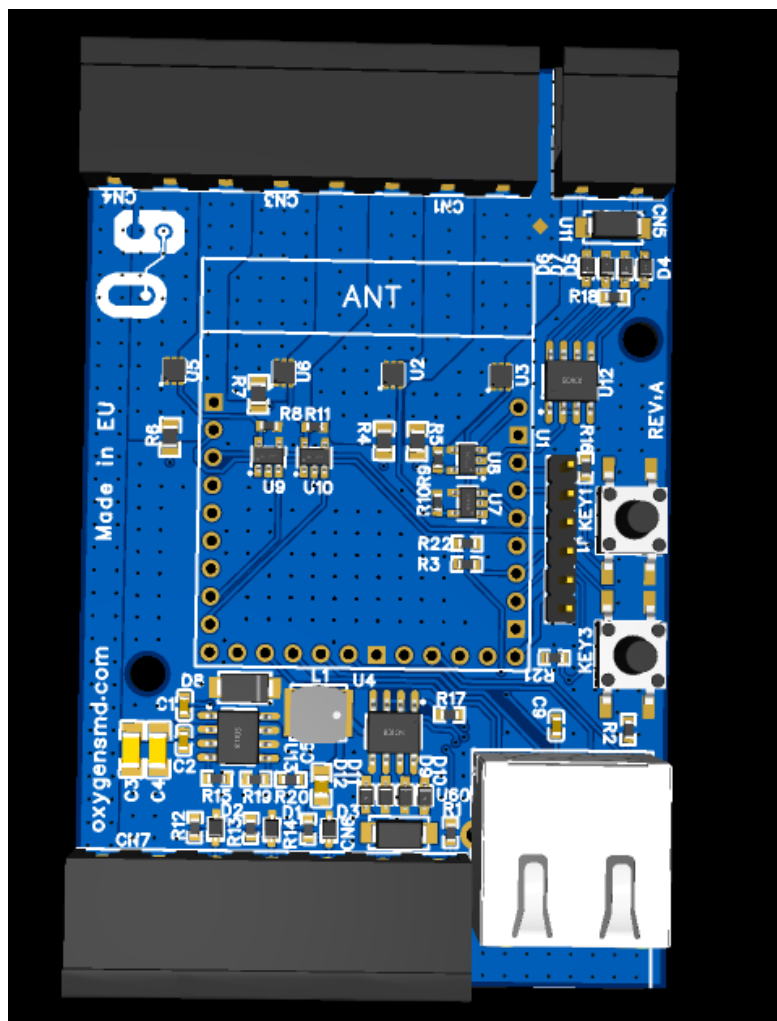
Ez a vezérlő 4 csatornányi „analóg” LED vezérléssel van ellátva, kimenetenként 10A es maximális árammal, illetve képes fogadni és küldeni az RS 485-ös kimenetein keresztül. Maximum bemeneti feszültsége 30V, és ezen felül 3db GPI áll rendelkezésre mindenféle kézi vezérlés lehetőségével. Az integrációt könnyebbé teszi a vezetékes Ethernet csatlakozás, amely akár 100Mb/s sebességre is képes.

Ez az egység 2db panelből épül fel, egy mikrovezérlőből, amin szerepel maga az esp32 es modul, Ethernet illesztőből (ebben az esetben egy LAN8720). Illetve a tápellátáshoz szükséges lineáris feszültség szabályzó, és a passzívjai. Ez a modul probléma esetén könnyen cserélhető, átalakítható vagy alkatrész hiány esetén helyettesíthető.



3.2 LAN-ESP modul

A másik panel az ehhez tartozó kivezetés. Ez tartalmazza a csatlakozáshoz szükséges sorkapcsokat és LAN csatlakozót, illetve a kimeneti meghajtásokat és az RS 485 illesztést. A panelen szerepel még két gomb is, amely a programozást segíti, illetve, később lehetőséget ad a panel újraindításához és recovery módba lépéséhez.



3.3 vezérlő modellje

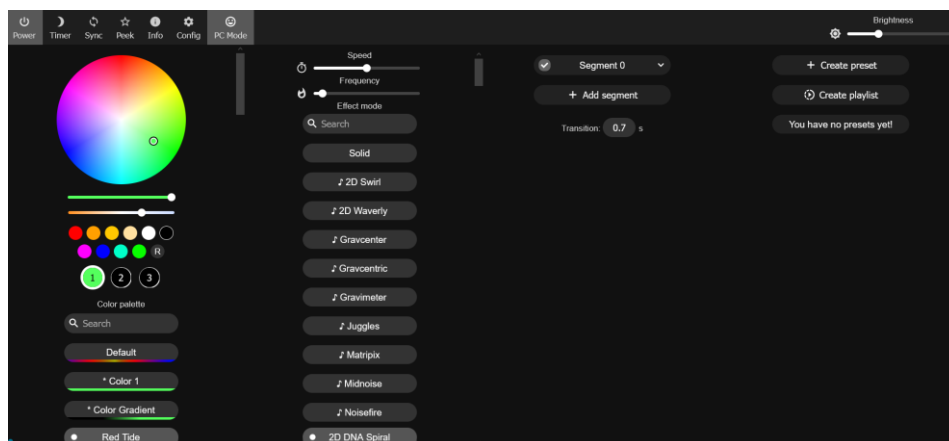
Ez a felszereltség azt jelentette, hogy elégvolt a kimenetet differenciális jellé alakítani a megfelelő csatlakozással, illetve a tetőn kiépített végponthoz csatlakozni és meg is volt a működő rendszer.

3.4 Animáció készítés

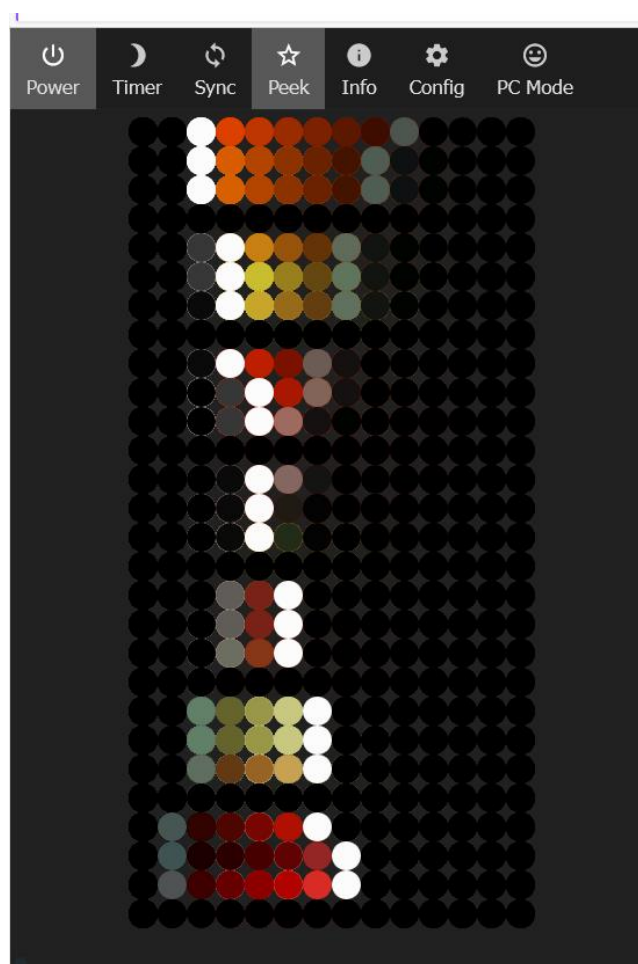
Az animációk készítéséhez hatalmas segítség volt a WLED (5) rendszere. Az egyszerű kezelő felület, az RGBW színpaletta és az előre definiált 1 vagy akár 2D-s animációkkal gyorsan lehet alkotni. Végül 15 különböző animáció készül a pólus tervező csapatával való együttműködésben, ezek az animációk pontosan színhez lettek igazítva, hogy az épület stílusához a legjobban hozzá igazodjanak.

A kiválasztott animációk bekerültek egy lejátszási listába, amit a rendszer indulásakor elsőként indít el és 5 percenként változtatja az éppen használt beállításokat. Ez a felület lokálisan, a tetőn elhelyezett ESP32 es vezérlőn fut, így hálózati hiba esetén sem áll meg az animáció.

Budapest, 2024.



3.4 WLED kezelő felülete



3.5 2D animáció ellenőrzés

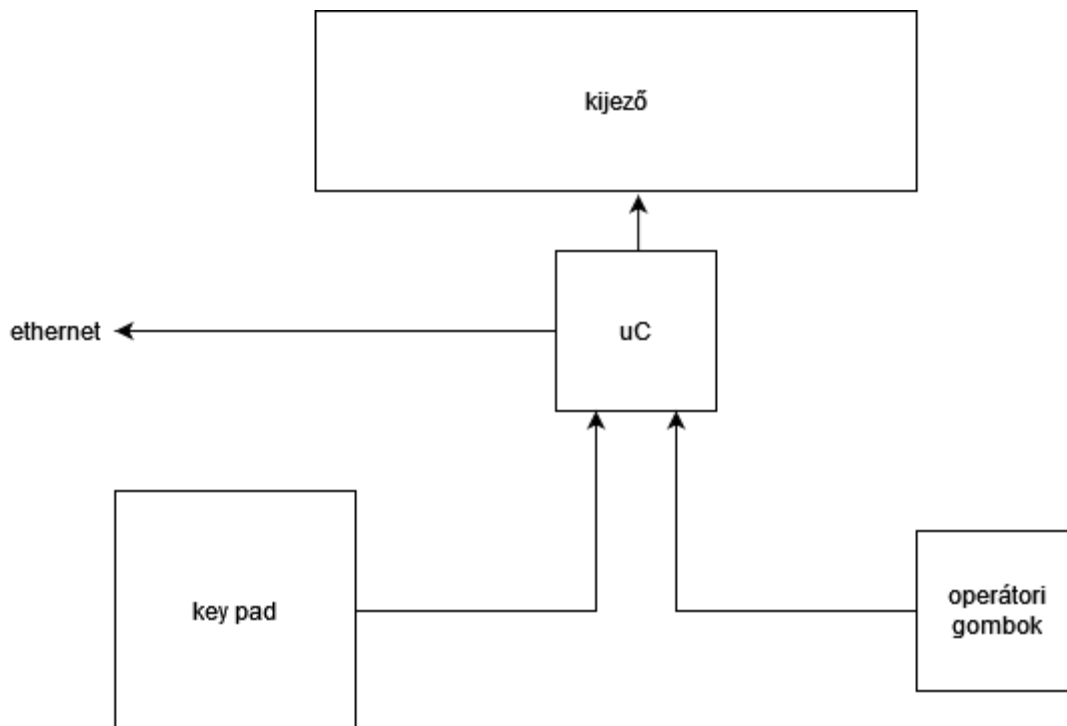
3.5 Operátori panel kialakítása

A rendszer könnyű kezeléséhez szükséges volt kialakítani egy kézi vezérlési felületet, ahol a LED-eket ki és be lehet kapcsolni, illetve a fényerőt és az előre állított animációkat lehet állítani. Erre a feladatra egy mátrix billentyűzet és egy 20*4 karakteres LCD-t használtam. Ez a panel is egy ESP32 mikrovezérlőről fut, amely Etherneten keresztül csatlakozik a többi elemhez a hálózaton.

Budapest, 2024.

A menü rendszer segítségével egy JSON API postot lehet alkotni, amelyet a tetőn elhelyezett Master tud fogadni és feldolgozni.

A rendszerben engedélyezett és jelszóval védett webes frissítési lehetőség van későbbi hibajavításokra, illetve a program kódjában szerepel több lehetőség is különböző értékek változtatáshoz a fent említetteken kívül, viszont ez a panel éppen adandó ügyfél kéréséhez lett szabva.



3.6 operátori panel rendszer terve

3.6 Távoli vezérlés és hibajavítás

az operátorokon kívül hozzáféréshez telepítettünk egy asztali PC-t szervernek. Ezen a gépen folyamatosan fut a WLED webes felülete, illetve a távoli hozzáféréshez szükséges program is. Ez az eszköz biztonsági okokból az épület többi rendszerétől külön hálózatra került. A távoli hozzáférés lehetővé teszi az egyes elemek hálózaton (OTA-n) keresztüli frissítését is, így egy meglevő probléma eseté azt távolról javítva is meg tudjuk oldani.

A távoli hozzáférés fontos volt egy másik indokból is. Mivel a rendszeres pozíció alapú címezés van, ezért a Master is a sor egyik végén helyezkedik el, így, hogy tudjuk állítani az animációkat tesztelés és javítás közben hasznos, hogy távolról is hozzáférjünk a vezérléshez. Ez a későbbi munkálatokat nagyban megkönnyítette.

4 Kivitelezés

4.1 Panelek gyártása és beültetése

A LED pixelek három fő részből álltak:

A hordozóból, amit CNC maróval vágunk a megfelelő méretre, ekkor kerültek fel rá a rögzítéséhez szükséges furatok, illetve az elő fűrt lyukak a LED modulok rögzítéséhez.

A kész hordozókra az összeszerelő csapat csavarozta fel a modulokat. a telepítéshez már az általunk ismert RGB modulokat szerettük volna használni így a fehér csatornát külön modulként arányosan elosztva raktuk fel a panelra, ez viszont megnövekedett áram igényel járt mivel az erre használt moduljaik erősebbek voltak, mint az RGB modulok.



4.1 beépítendő LED panelek

Budapest, 2024.

Az utolsó fontos elem a kábelezés volt. Mivel a leghosszabb távolság elérte a 15 métert így a kábel keresztmetszetet is úgy kellett megválasztanunk, hogy a feszültségesés ne befolyásolja a LED-ek fényét, és színkeverését. erre a maximálisan 1V feszültséget állítottuk be, mint limit.

mérésekkel sikerült meghatároznunk, hogy a létező kábelkeresztmetszetekből a 0.75mm^2 es vezeték elég arra, hogy a határértéket ne lépjük át, viszont, hogy ebben biztonsági tartalék is legyen ezért 1mm^2 -s vezetéket választottunk az RGB negatív szálának.

A fehér szín növelt teljesítménye miatt szükségünk volt egy magasabb keresztmetszetre. erre a célra 1.5mm^2 -t választottunk, amit a mérések is alátámasztottak, hogy megfelel a beállított határértéknek.

a maradék éreket párhuzamosítottuk így $2 \times 1.5\text{mm}^2$ jutott a pozitív szálnak.

a teszteléseken a határértéket sikeresen tartottuk.

A különböző vezérlő paneleket házon belül sikerült beültetni. a LED meghajtókhoz készült teszt fixtúra is, hogy összeszerelés előtt ellenőrizhető legyen az összes csatlakozás a panelen.

4.2 Helyszíni szerelés tervezése és előkészítése

Hogy a telepítés minél gyorsabban menjen próbáltunk minél több részét a rendszernek előkészíteni. A pixelek és vezérlés hordozókon az összes rögzítő furatot CNC maráskor megkapták. A hordozókra rákerültek a táegységek és jégvédők, illetve a könnyű beazonosításért mindegyik kapott egy azonosítószámot is. ezekről a panelekről már csak a vezérlés hiányzott, úgyhogy a külsős telepítőcsapatnak átadásra kerültek még a vezérlők elkészülnek.

A vezérlés is hasonló utat járt be. a neki szánt víz zárt kötődobozba bekerültek a vezérlők. a szükséges kábelek is kivezetésre kerültek így telepítéskor már csak annyi feladatunk maradt, hogy felcsavarozzuk a dobozt és WAGO-s csatlakozással összekössük a már meglévő vezetékezéssel.

Budapest, 2024.



4.2. előre kábelezett vezérlők

4.3 LED panelek beépítése

A LED paneleket a helyszínen már egy külsős cég helyezte el a fém vázban, illetve az ők is telepítették a vezérlők hordozópaneljeit is. Ekkor a tetőn fent volt a vezérlésen kívül minden elem, így a kötődobozokban egyszerű WAGO-s kötésekkel engedélyeztük a panelek bekötését.

Budapest, 2024.



4.3 felszerelt LED panel

4.4 Vezérlő modulok telepítése

ezt a részét a projektnek a kötések száma miatt már teljesen mértékben mi csináltuk. A telepítés 2 ütemben zajlott:

- az adat Master és az első 14 kontrol panel telepítésé egy wifi Access Ponttal sziget üzemmódban
- a maradék 10 panel telepítése, és a rendszer hálózatra illesztése.

A telepítés az adat Master-rel indult és annak külön tápellátási pontjával, majd sorban a 14 oszloppal, tesztelve a működést és pixelek bekötési sorrendjét. így az 1. ütem gyorsan haladt és 2 nap alatt készen voltunk a 14 panel telepítésével és tesztelésével.

Ekkor el tudtunk indítani egy tesztidőszakot a már létező működő oszlopokkal és az animációkat is át tudtuk ellenőrizni.

Budapest, 2024.



4.4 felszerelt vezérlő

A második ütemben a tető komplett ellenkező oldalán kellett dolgoznunk, így a tesztelés is nehezebb volt. ezen a részen több hibába is belefutottunk, amik nehezítették a telepítést. Erre példa az oszlopokból jövő 12 szál vezeték címkézésének hiánya, a szerelés közbeni figyelmetlenséggel okozott rövidzárlatok, és a WiFi teszt AP távolsága.

4.5 Programozás és teszt időszak

A megrendelő még telepítés előtt kérte az animációk listáját, illetve egy valamilyen bemutatót arról, hogy az hogyan is nézne ki az épületen. Erre a célra készült egy teszt fal, amely pontosan 24x6db pixelből épült fel, pont, mint az épület.

Budapest, 2024.

Ezen a falon volt lehetőség az animációk előkészítésére és prezentálására a marketinges csapat előtt, hogy tudjanak választani a különböző effektek listájából.



4.2 teszteléshez használt kijelző

Az első ütemben letelepített panelek után pedig megint találkoztunk velük, ekkor pontosították az animációk kinézetét, a színpalettákat, illetve vettünk, hogy fel még pár darab animációt is.

Ezzel egyidőben indítottunk el egy teszt időszakot 2 hétre, hogy a már letelepített rendszer mennyire stabil. Szerencsére semmilyen probléma nem jött elő, és az idő leteltével folytathattunk a telepítést.

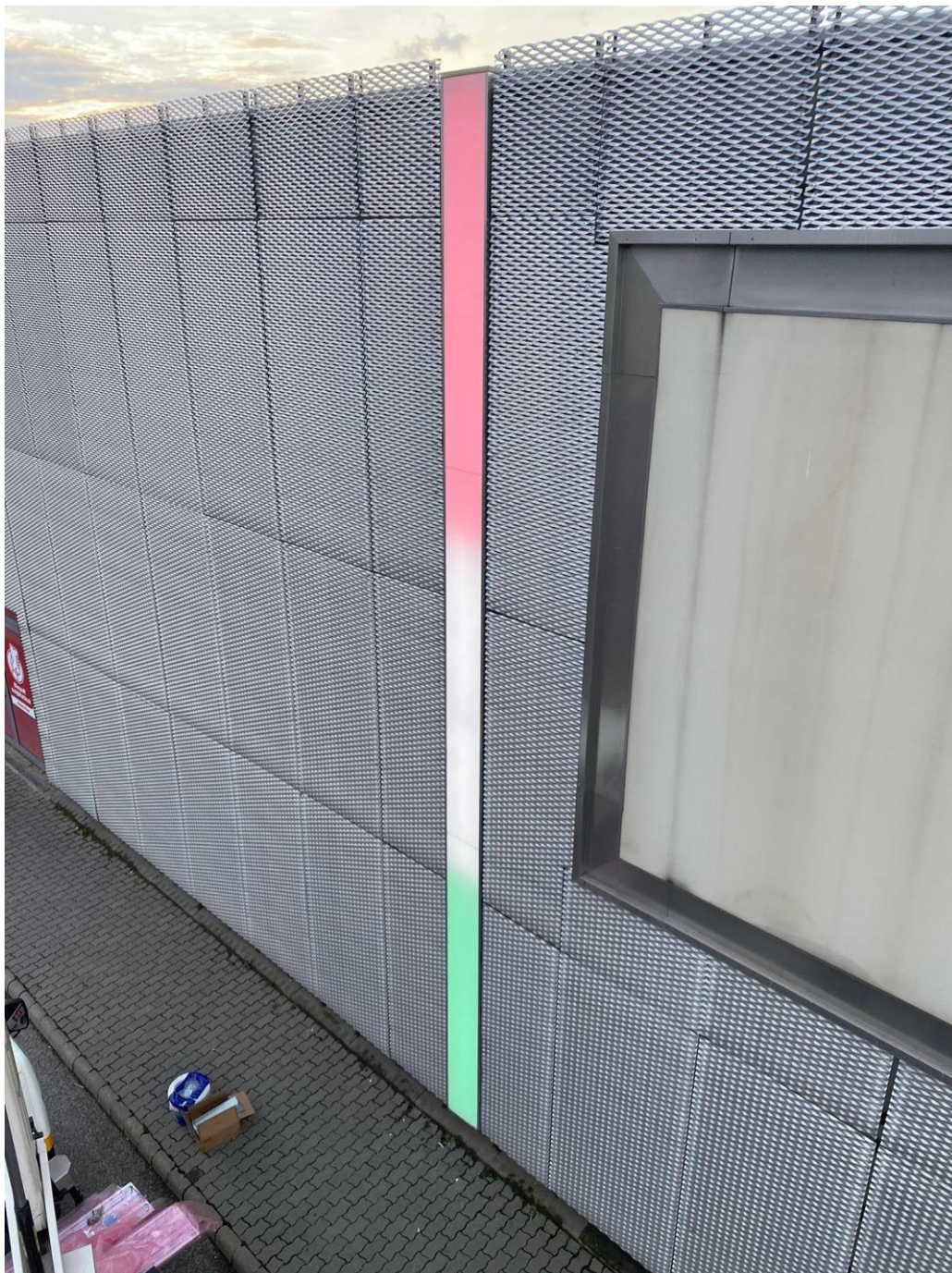
Budapest, 2024.

5 Hosszútávú működés

A telepítést követő 1. hónap után tettünk egy ellenőrzést, a rendszer hibátlanul működött.

Az első probléma 6 hónappal ez után jelentkezett, amikor is a szerverként működő PC-n frissítést követően nem indult el a kezelő felület. Ezt a frissítések letiltásával sikerült megoldani.

A decemberi bejárás során sem fedeztünk fel semmilyen komoly hibát, így a rendszert lezártunk és át adtuk a megrendelőnek.



5.1 összeszerelt oszlop magyar zászlóval

Budapest, 2024.

6 A rendszer hibái és további fejlesztések

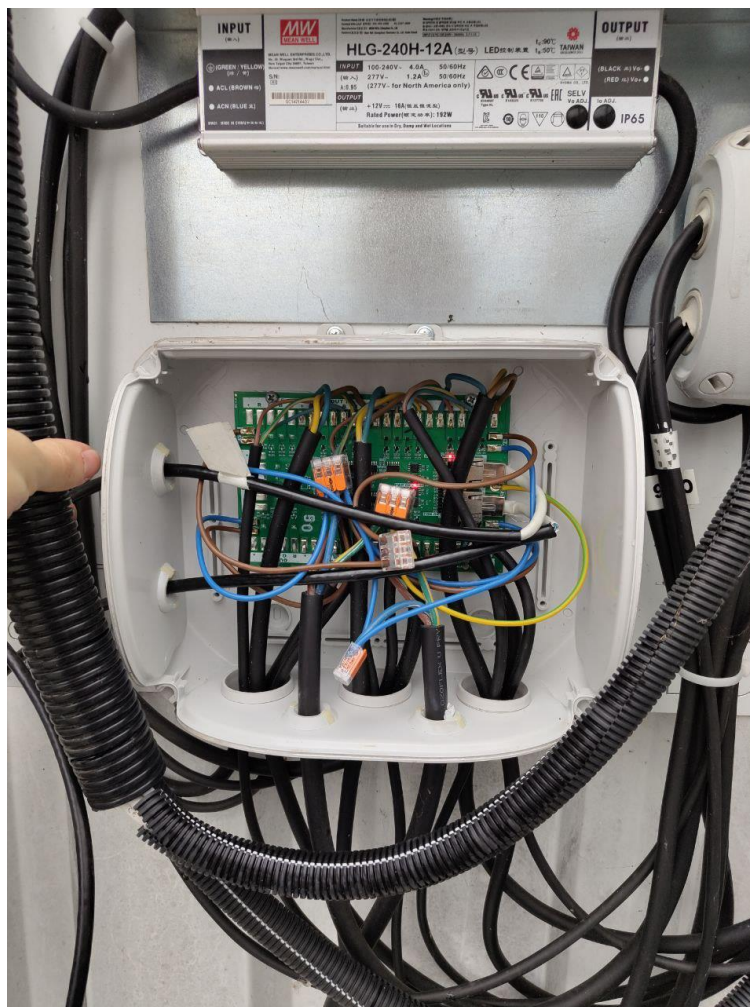
6.1 Kábelezés

A rendszer nem volt hibái nélkül és ennek az elsődleges pontja a kábelezés volt.

Az adatvezetékek kialakítása, hogy Ethernet kábelt használjanak kezdetben jó ötletnek tűnt, de nehéz volt UV álló, megbízható minőségű kábelt beszerezni előregyártott hosszokban így a feladat rám maradt, hogy legyártsam a szükséges kábeleket. Minden próbálkozás ellenére is nagyon sok kontakthiba keletkezett az adatbuszban.

ezt a későbbi tervekben inkább moduláris terminálblokkra vagy rugós leszorítóra cserélném a könnyebb szerelés miatt

A másik komoly problémát a késes AVX csatlakozók okozták. a vezetékek súlya alatt a befogókések széthajlottak így a bekötéshez szükséges kábelezés bonyolódott. a megoldást egy rövid vezeték darab jelentette, amelyet a késes terminálokba bele forrasztottunk és külön kötő dobozban kötöttünk össze az oszlopról érkező vezetékekkel. újra tervezéskor itt is inkább rugós terminálblokkot használnék a telepítés megkönnyítésére.



6.1 telepített vezérlő kábelezése

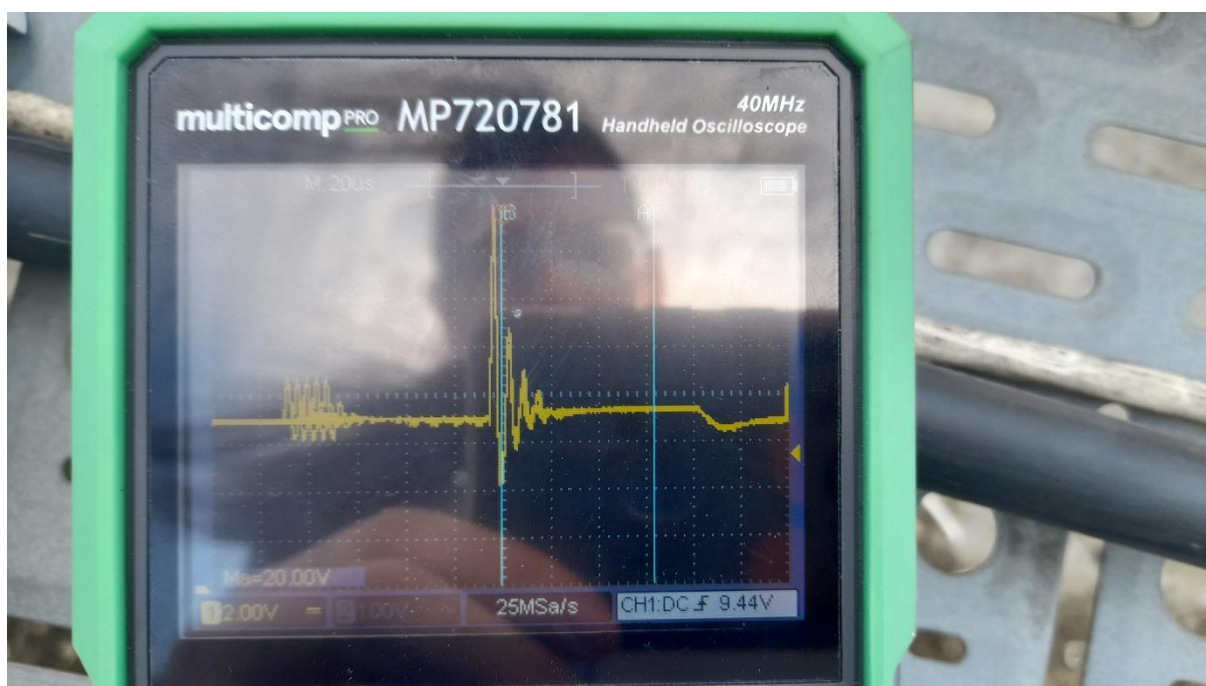
Budapest, 2024.

6.2 Zavarjelek

A rendszer érzékenysége zavarjelekre sajnos nem változott és a telepítéskor ez többször is problémát jelentett.

Az egyik panel sikerült fordítva bekötni, ami így a mellette lévő 10-10 panelt megbénította, és csak tiszta zaj látszódott a rendszer kimenetén. Mivel a hiba több vezérlőn keresztül terjedt ezért nehéz volt behatárolni, hogy pontosan melyik modul okozza a hibát.

A másik hasonló problémát a kimenetre kötött egyik LED modul okozta, ami a sajnos rövidzárlatos lett. ez a hiba a 24 oszlopból a 16. nála alakult ki és egészen a 7. oszlopiik visszahatott. a zavar jelet ebben az esetben a LED panelek bekötéséhez használt kábel hosszából adódó induktivitás és rövidzár kombinációja okozta. a tápoldalon a 12V-os rendszerben 20V-os tüskéket is mértünk, a kimenet pedig vibrált ahogy a tápegység védelemből be ki lépett.



6.2 adatbuszon mért feszültség

ez a zaj haladt végig a teljes adatvonalon, megbénítva az összes többi modult mögötte és előtte is párat, ezzel teljesen elfedve a hibát.

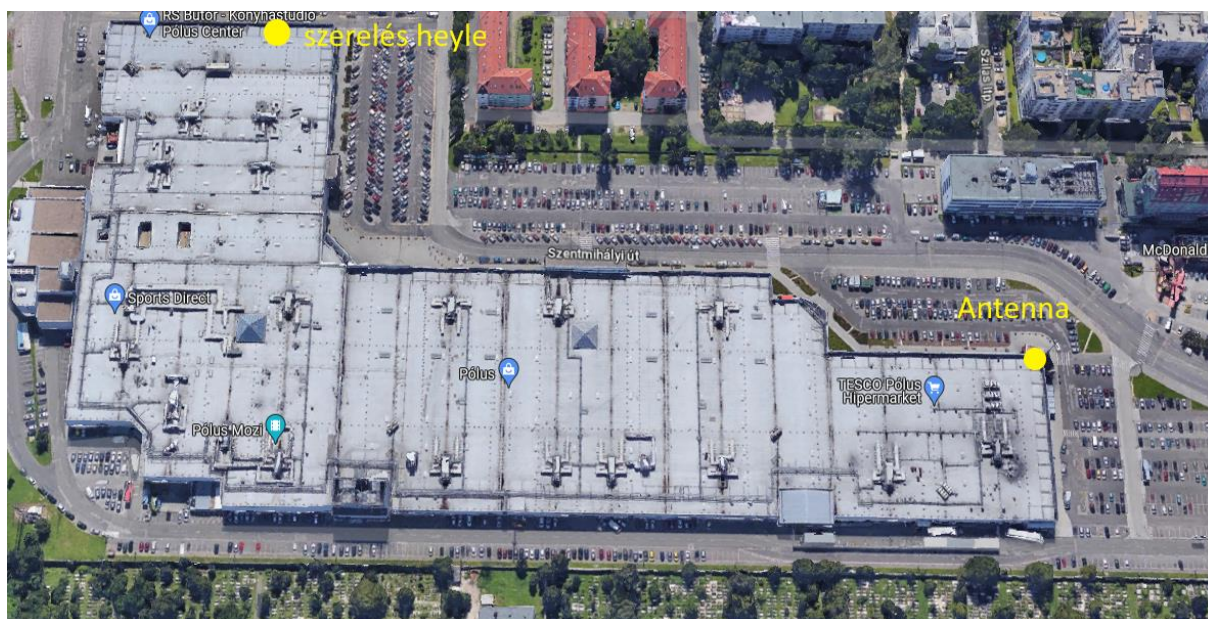
Az ilyen zavarok könnyebb felkutatása miatt több visszajelző LED-et tervezek rátenni a panelre, hogy a feszültség szinteket távolról észre lehessen venni.

6.3 Vezérlési lehetőség teszt időszakban

a telepítéskor az egyik leggyakoribb kellemetlenség az adat Master elhelyezése volt, még egy irányított Wifi antennával sem sikerült a legjobb vételt elérni. így a 6. oszloptól kezdve midig visszakerlet sétálni teszt jelet állítani és hiba estén teljesen újra is indítani a rendszert.

a későbbi időpontokban telepített távoli elérés ezen sokat segített.

Budapest, 2024.



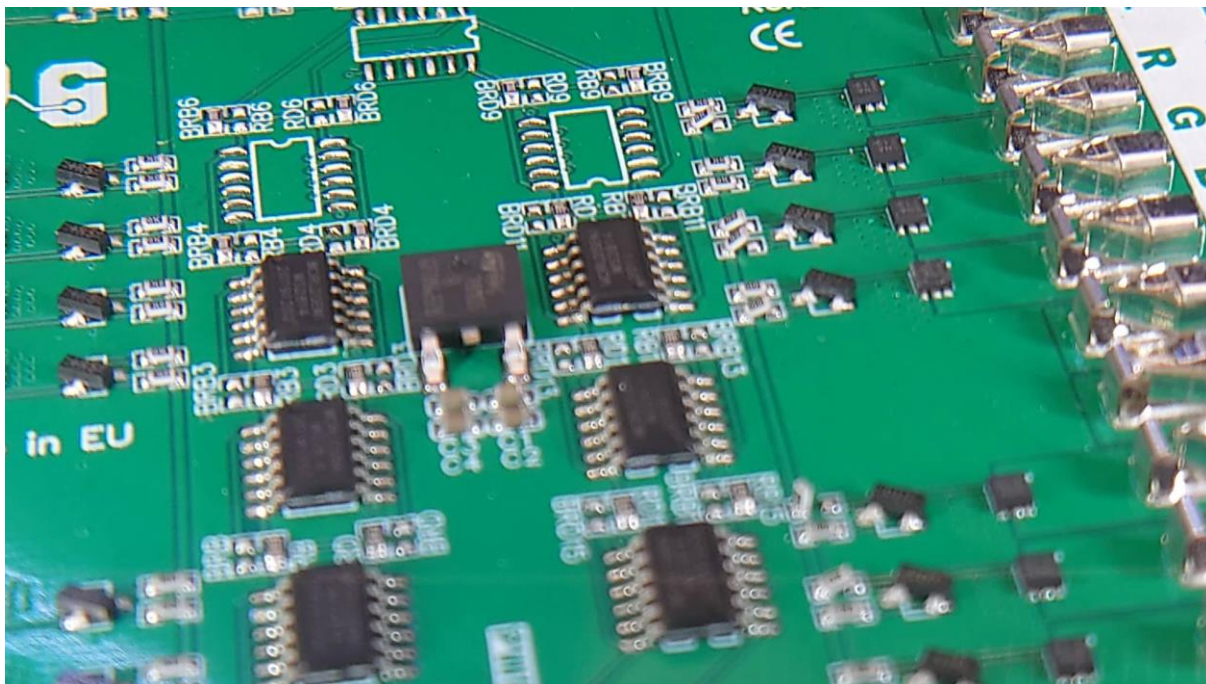
6.3 épület felső képe

6.4 Panel hibák

Idő hiánya miatt sajnos egyből jót kellett tervezni. bár a termék így is működött a benne lévő alapvető hibák mindenképpen javításra szorulnak.

az egyik legnagyobb hibát tervezéskor vétettem, ahol rossz alkatrészsel sikerült megterveznem a Gate meghajtását a kimeneti MOSFET-nek. Szerencsére a gyártásvezető segítségével sikerült megoldást találunk a problémára, amely nem szép, de működőképpé tette a panelt. a felcserélt lakatrészből rendeltünk egy tükrözött tokformát, amit elforgatva beültetve sikerült áthidalnia problémát.

Budapest, 2024.



6.4 hibásan tervezett panel korrigálása

A másik nagyon komoly hiba a kimeneti csatlakozásokon a biztosítékok hiánya. sajnos telepítéskor többször is előfordult feszültség alatti rövidzárlat, ami a kimentí meghajtást tönkretette. ekkor a MOSFET tokformája akkora hőtermelésen ment át, hogy a panelről csak hatalmas munkával lehetett leszedni és javítani. ezt orvosolni lehetett volna kimentí védő biztosítékokkal.

Az utolsó hibát pedig a vezérlő IC okozta. működésben semmi probléma nem volt a Worldsemmi IC-ével viszont az öntesztelés hiánya és a biztonsági szál fals pozitív kapcsolása többször is félrevezette minket hibakeresés közben. ezért az új verziót már a TM1814 es IC-vel szeretném tervezni.

Budapest, 2024.

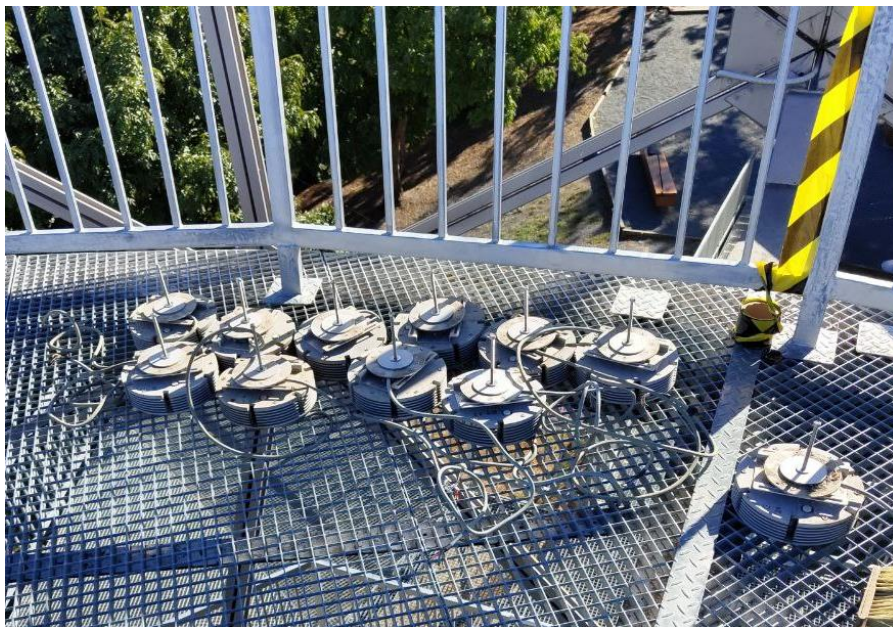
7 Ügyfél és gyártástechnológiai igények a kör lámpa tervezésekor

7.1 Lámpák rögzítése és vízhatlansági problémák

A megrendelő ennél a projektnél egy különleges problémára keresett megoldást. Az egyik általuk tervezett fixtúrát kellett újra tervezni, amelyből több is elkezdett meghibásodni egy kültéri helyszínen.

A helyszínt megismerve, eléggé különleges kültéri körülmények jöttek elő, ugyanis ezek a lámpák egy kilátó vas szerkezetére kerültek felszerelésre. Ez a kilátó a Balaton körüli egyik magasponton helyezkedik el, egy fém váz szerkezetes épület. Minden pontot, ahol a gömböt alkotó vasak találkoznak, telepítéskor elhelyeztek egyet a kör lámpákból.

A lámpákat 1db 8mm es menetes szár tartja a fémszerkezeten. A fixtúra közepéből pedig kiálló multi eres kábel látja el az eszközt árammal és vezérlő jellel. Ezeket a kábeleket WAGO-s karos bekötéssel egy vízzárt kötő dobozba kell bekötniük a szerelőknek, így csatlakoztatva a fixtúrákat a vázon futó vezérléshez.



7.1 leszerelt világító testek

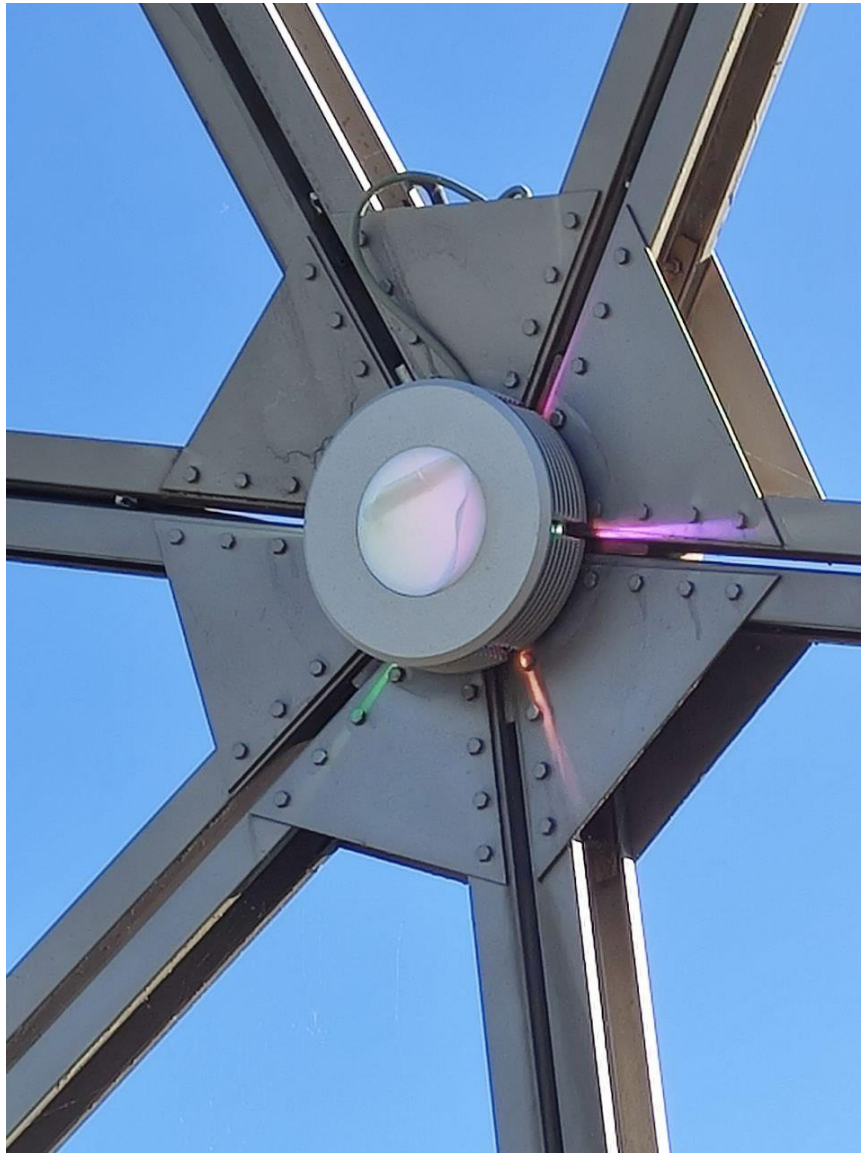
A feladathoz bekértünk több darabot is hibás, illetve még működő lámpákból. Szétszereléskor több probléma is egyértelművé vált:

- a szigetelés, amely a plexi gyűrűt a helyén tartotta kiszáradt, ezzel réseket hagyva a víz befolyásának.
- A kábel átvezetésnél a szigetelésbe szögből érkező vezeték a tömítést minőségét rontja.
- Az adat bemeneteken tranziens védelem hiányából eredő problémák jelentek meg.
- Több különösen érzékeny szabályzóköör használata mely különböző sugárzott tranziensek hatására lassan tönkrementek.

Utóbbi kettő okozta a legnagyobb problémát. A lámpák működését lehetetlenné téve, ahol ezezek a hibák megjelentek.

Budapest, 2024.

Bár a project alatt szabadkezet kaptunk, a megrendelő számára fontos volt, hogy az optikai karakterisztikáját a lámpának, illetve a rögzítése ne módosuljon. Így úgy döntöttünk, hogy a lámpa házát újra használva próbáljuk a problémákat megoldani.



7.2 hibásan világító lámpa

7.2 Táp ellátás

Az eredeti fixtúrák 48V-os táp feszültségről működtek, ezt a kilátó aljában elhelyezett elosztódoboz szolgáltatja több különböző tápegységgel. A szerkezetre speciális hibrid kábellel vezeték fel ezt a feszültséget és az adatot. A rendszernek 3 főbb üzemmódja van, alkony kapcsolt, időzített, és folyamatos bekapcsolt. Minden tápvonalhoz tartozik egy túlfeszültség levezető is, így védve a tápkört.

Budapest, 2024.



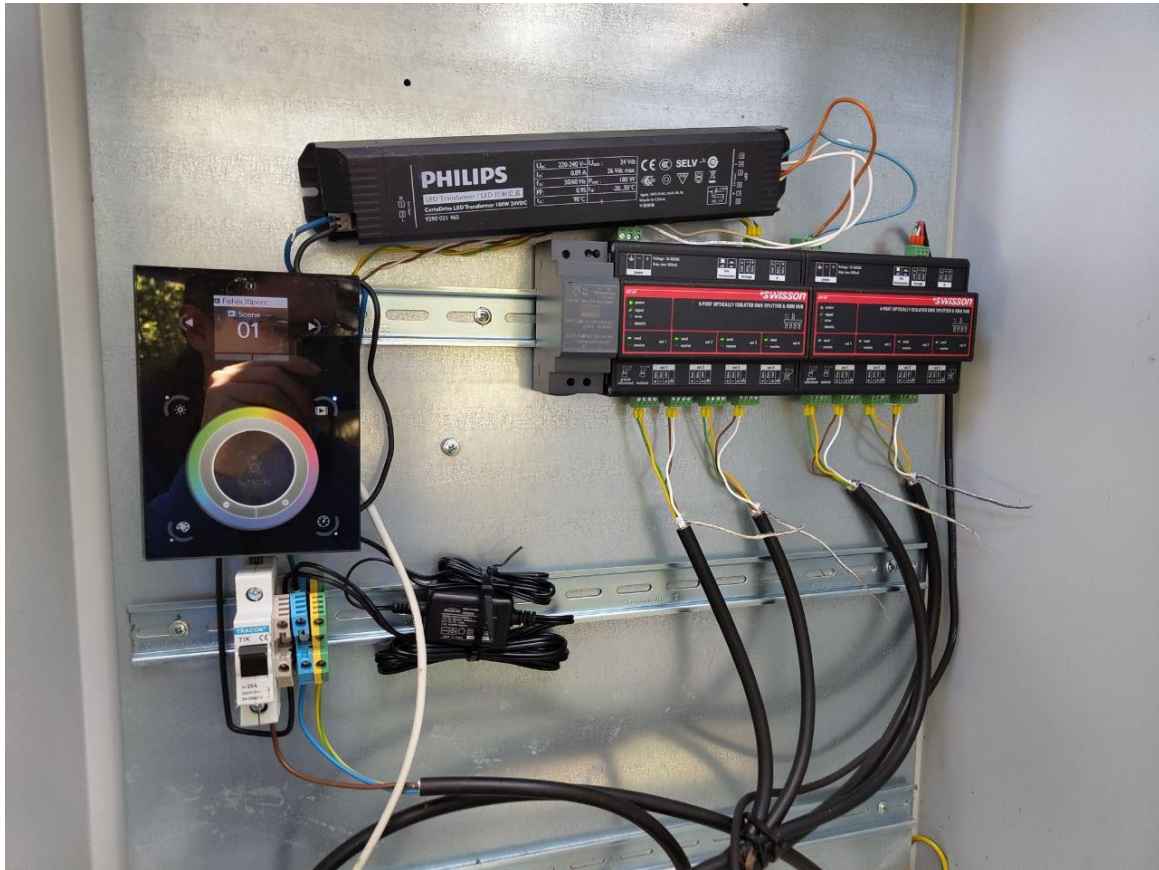
7.3 48V-os elosztó szekrény

7.3 Kommunikáció

A rendszer vezérléséhez rs485-ös buszon történik a kommunikáció. Protokollnak a DMX és RDM protokollt választották az eredeti lámpákhoz. Ennek megfelelően a hibrid kábel egy tartalmazott egy csavart érpárt is, a DC tápellátás mellett.

A DMX jel forrást egy a tápegységeket tartalmazó szekrény mellett elhelyezett vezérlő szekrénybe helyezték el. Itt egy több kimenettel rendelkező egyszerű DMX vezérlő adja a jelet 2db RS485 buszon keresztül. Ezeket a jeleket 2db 4 csatornás izolátor (6) szedi külön így minden tápegységhez saját kommunikáció kerül, ami a fő adat forrástól izolált meghibásodás esetén.

Budapest, 2024.



7.4 adat elosztó szekrény

A project indulásakor nagyon szívesen lecseréltük volna ezt a rendszert egy pixel vezérelt megoldásra, viszont az ahhoz tartozó át kábelezéssel járó költségek mérete miatt muszáj volt maradnunk az eredeti megoldásnál. Az új lámpákat így ezekkel a protokollok támogatásával kellett megterveznünk.

Budapest, 2024.

8 Rendszer tervezése

8.1 Mechanikai tervezés

Mivel a régi házat kellett újra használnunk ezért első lépésként megkellert találnunk az összes hibáját ennek az elemnek. A főbb problémák mind lyukakhoz vezettek, ahol a víz be tudott jutni.

Az első ilyen probléma a kábel átvezető volt. A lámpa közepén lévő tömítőgyűrűbe ferdén beérkező kábel lyukat hagyott, ahol a víz befolyt. Legegyszerűbb megoldásként azt találtuk, ha a kábelátvezetést kültéri tömbszelencén keresztül vezetjük be a fixtúrába. Az ehhez szükséges lyukat pedig a középponttól elcsúsztatva fúrtuk, így a kábelnek nem kellett elhajolnia. A régi kábelátvezetést betömtük és a biztos szigetelésért gyantával kiöntöttük.

A következő nagy problémát a plexi fénygátló gyűrű okozta. Ez a gyűrű felelt azért, hogy a lámpa oldalaiból ki tudjon jönni a fény, mégis víz zárt maradjon. Méréseink szerint ez a gyűrű túlságosan alacsony volt, így nem volt tökéletes a szigetelés. A gyűrűt újra legyártottuk úgy, hogy jóval magasabb legyen a szükséges méretnél, majd hosszabb csavarokkal rögzítve a lámpa tetejét biztosítottuk, hogy folyamatos nyomás miatt ne alakul ki később sem rés.

Utolsó átalakítás pedig a lámpa elején található fényáteresztő plexi panel cseréje volt. Azért, hogy a tömítés biztos legyen, illetve, hogy a teljesítményt és hőtermelést is tudjuk csökkenteni, ezt a panelt is kicseréltük speciális nagy fény átengedésű LED plexire, és újra tömítettük.

Az átalakítások elvégzése után arra a következtetésre jutottunk, hogy az így kialakított ház teljesen vízzárt, ezt több teszt is igazolta.

8.2 Elektronika tervezés

A lámpa eredeti felépítése 2db fő részre bontható. Az oldalra világító, nagy teljesítményű LED panelekből, és az ezekhez csatlakozó vezérlő és központi LED panelből.

Az oldalpanelek nem tartalmaztak mást, mint 3db nagy teljesítményű LED-et és a hozzájuk tartozó csatlakozókat. Ezek a panel hővezető ragasztóval voltak felragasztva a lámpa házára, és 1db csavarral azt oda szorítva. A panelek egyszerűségé miatt ezzel nem kellett foglalkoznunk, viszont mivel a vezérlés tönkrement, az ez által okozott tranziensek tönkretették az ezen a nyákon elhelyezett LED-eket is. Viszont elég volt a paneleket az eredeti Gerber fájl szerint berendelnünk, majd újra ültetnünk a megrendelőtől kapott LED-ekből, hogy. Megoldódjon ez a probléma.

A fő kontrol panel jelentette a nagyobb problémát. Ez a panel több helyen is meghibásodott, illetve a működéséhez használt alkatrészek egy része már nem volt elérhető.

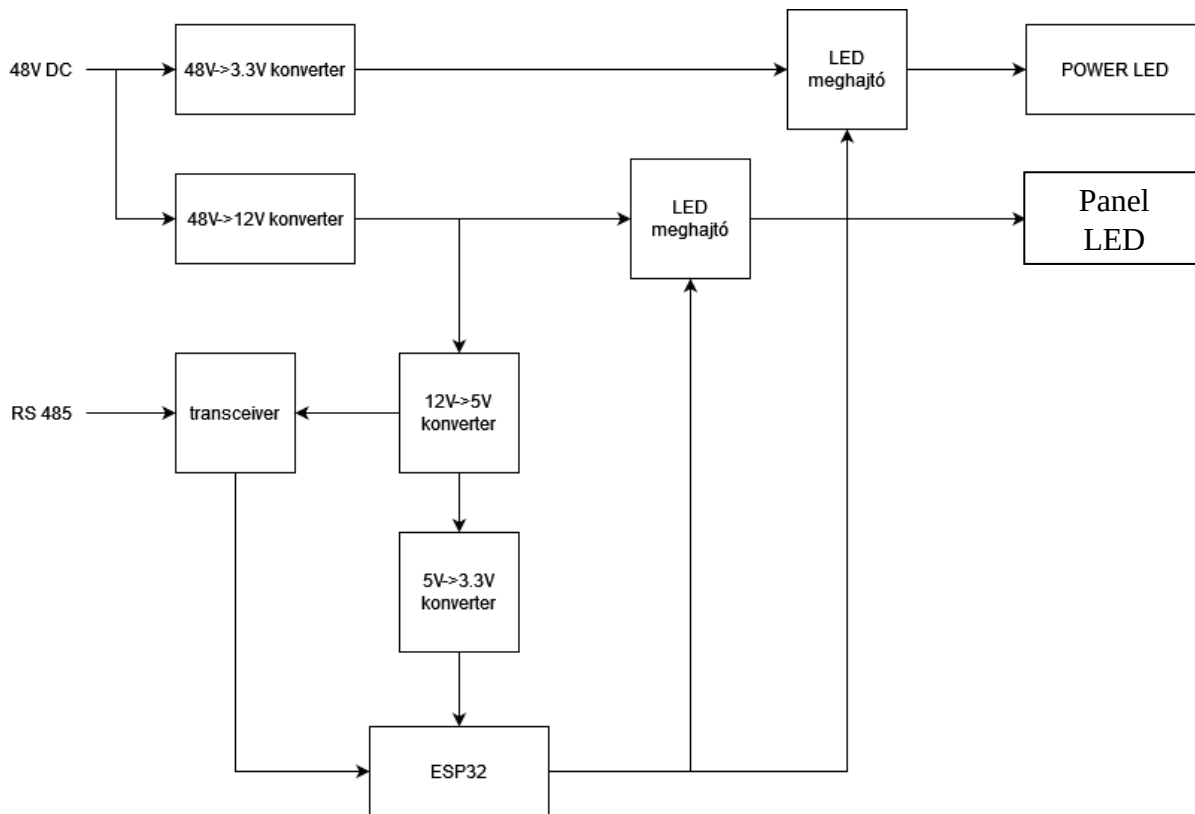
A tervezés első lépéseként az eredeti panel segítségével meghatároztam a furatok, csatlakozók, illetve belső LED-ek helyét a panelen. Erről készült egy sablon is, hogy biztosan minden a megfelelő helyen legyen. A másik fontos dolog, amit felrajzoltam az a maximális panel mérete, illetve az alkatrész mentes részek helye, mérete. Itt találkozott a panel a házával a lámpának így bármilyen alkatrész problémát jelentett volna össze szereléskor. Ismerve a LED-ek számát, és a szükséges áramokat elkezdtem a rendszer logikai felépítését.

Az eredeti lámpát 8db RGB zónára lehetett osztani. ez így összesen 24db külön vezérelhető PWM-csatornát igényelt. Hely hiánya miatt panelra integrálva minden zóna kapott egy saját pixel vezérlő IC-t, ebben az esetben a WS2814-et. Ezzel a vezérlési követelményeket 24db

Budapest, 2024.

PWM időzítő (vagy ennyi software-es PWM-csatorna) használat helyett elég volt 1db PWM-csatorna is a pixel protokollnak.

A LED-ek vezérlése két részre osztható. A vezérlő panelen található 2 zónányi RGB LED-eket 3-asával csoportosítva 12V-os táp feszültségről lehetett irányítani. Ez a feszültség még pont elfogadható a ws2814-nek ezért a vezérléshez elég volt 1db P típusú MOSFET-csatornánkként.



8.1 Kör lámpa rendszer terve

Az eredeti paneltervezéssel szemben, a nagy teljesítményű LED-ek-csatornánkként dc-dc konverteres szabályzása helyett egy hatásfokban rosszabb megoldást használtam. A LED-ek ajánlott hajtófeszültségét megközelítve, amely ebben az esetben 3V-volt a kék LED-en, 1db dc-dc konvertert felhasználva. Ennek a konverternek a kimeneti feszültsége 3.3V volt, így az utolsó lépést már előtét ellenállással alítottam be. Bár ez a megoldás rontja a hatásfokot, de a helykihasználtsága sokkal jobb, illetve a szabályzókörok számának csökkentésével csökken a meghibásodások esélye is.

Igy a bejövő 48V-os tápfeszültséget 2db DC-DC konverter alakítja át. Az egyik kimenete 12V-on 2-Amper, míg a másiké 3.3V-on 7 Amper.

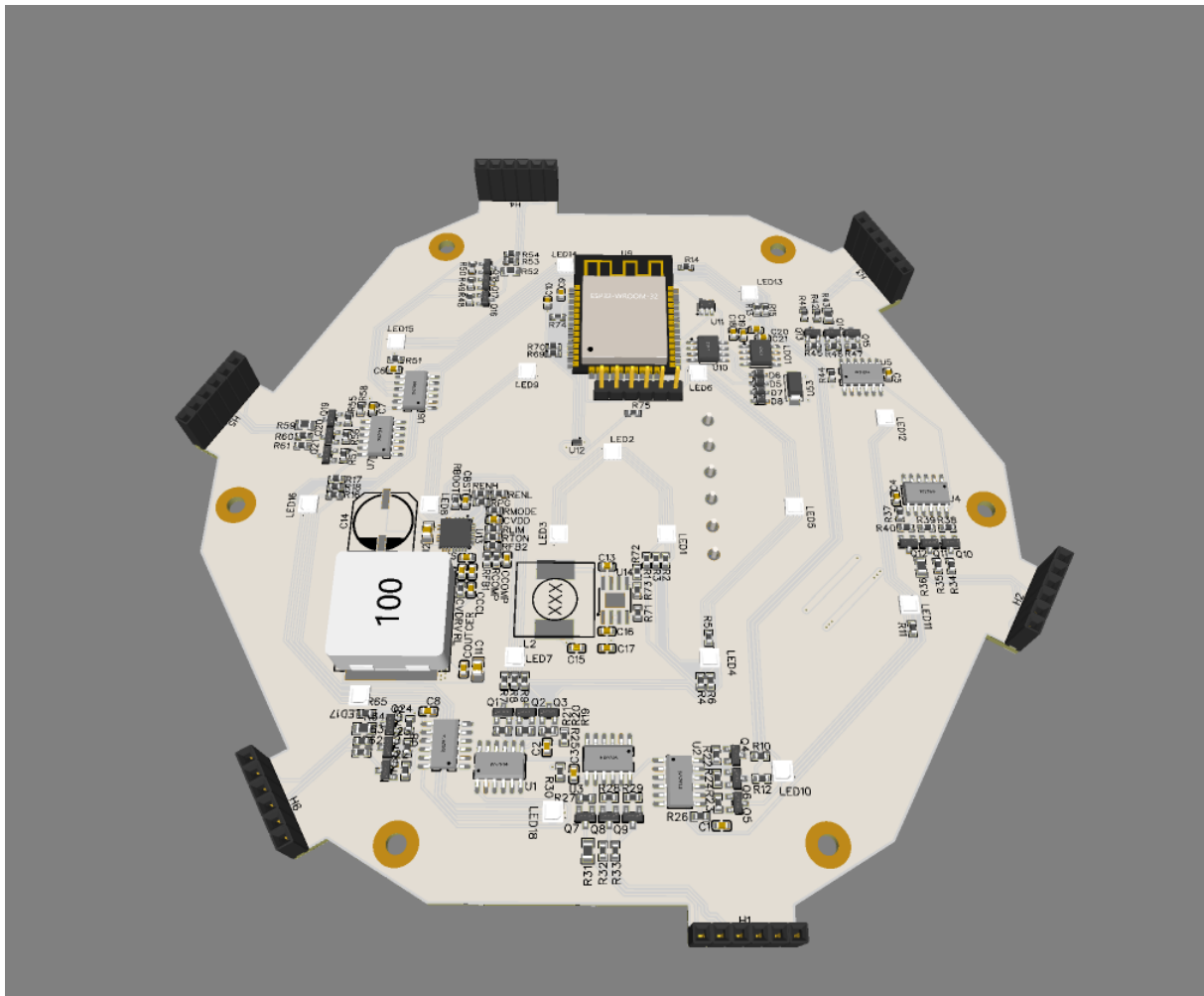
A maradék 2db feszültség előállítására már a 12V-os feszültség buszból történik. Ez az 5V-os feszültség az RS485-ös busz tápfeszültségének, illetve a mikrovezérlőnek szükséges 3.3V-os tápfeszültség.

Ennek a 2 busznak az áramigénye sokkal kisebb ezért, itt már lineáris szabályzókkal történik a konvertálás.

Az RS485 busz egy erre való illesztő IC re van kötve, még az IC előtt található egy minimális tranziens védelem is, hogy a kommunikációs buszon megjelenő zavarok nem okozzanak később problémát.

Utolsó lépésként egy hőmérő is került bele, hogy túlmelegedés esetén a lámpa fényerejéből visszavegyen, esetlegesen teljesen ki is kapcsolja.

A panelt Easy-EDA tervezővel terveztem meg, fontos volt a pontosság, illetve a föld rétegek elhelyezése, hogy árnyékoljon esetleges külső tranziensek ellen. A panelizációt már a gyártócégre bízam, így a kész nyákok egyből gépi ültetésre készen érkeztek meg.



8.2 kész panel 3D modellje

8.3 Program

A mikrovezérlőnek csak 3 feladatot kell ellátnia:

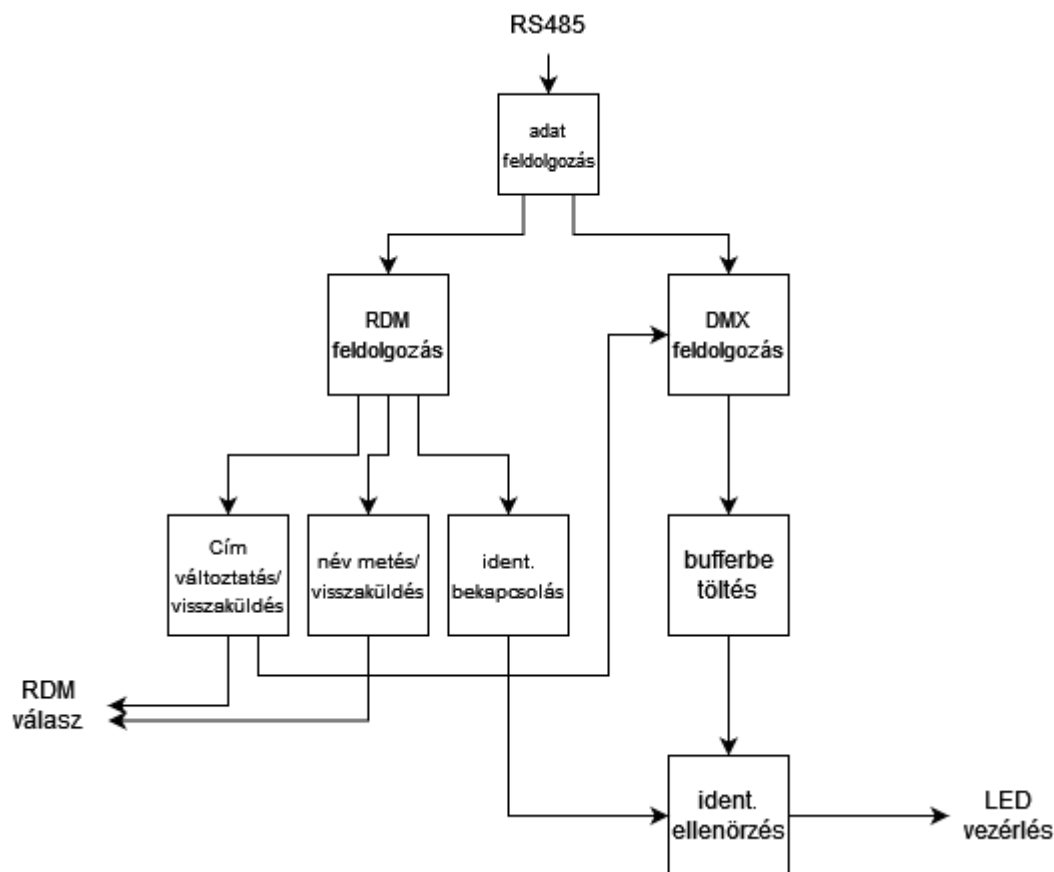
- a LED-ek kimenetének meghajtásához szükséges adat előállítás
- az RS485 kommunikáció lefolytatása, DMX, illetve RDM protokollon keresztül
- a panelen elhelyezett hőmérő figyelése és annak megfélően a fényerő állítása

a digitális LED meghajtók irányításá nagyon egyszerű, a protokollt már sokan leimplementálták, és tökéletes könyvtárak születtek hozzá. Én a NEOPIXELBUS nevű

Budapest, 2024.

könyvtárat választottam, ez megoldja az összes időzítést, nekem csak egy kimentí buffert kell megtölteni a szükséges RGB pixel adatokkal.

Az RS485-ös kommunikáció volt a bonyolultabb része. A DMX protokoll önmagában nagyon egyszerű, 512 tulajdonságot lehet egy buszon beállítani. Minden lámpa a saját címe alapján tudja, hogy a honnan kezdje az adatok beolvasását, így több lámpa külön is szabályozható egy buszon át.



Az RDM protokoll kezeli le azokat a helyzeteket, ahol a DMX egyirányúsága problémát okozna. Ilyen például egy kezdő cím beállítás. A mi fixtúránkban például erre nincs lehetőség, így csak az RS485 buszon keresztül lehetséges ez.

Ebben az esetben is minden eszköznek van egy saját címe, amely a gyártói kódból és az eszköz egyedi címéből áll. Ebben a rendszerben az egyedi cím az eszköz MAC címéből van generálva, a gyártói cím pedig „0x0700”. Ezt a címet az ESTA csoporttól lehet rendelni, minden gyártónak egyedi és lekérdezhető.

Az RDM kommunikáció lehetőséget ad több érték módosítására is, de nekünk a legfontosabbak a:

- azonosítás:
ebben a módban a lámpa egy előre beállított módon villog, figyelmen kívül hagyva a DMX-csatornákon érkező információt, ezzel segítve a lámpa beazonosítását.

Budapest, 2024.

- névadás/változtatás:
ez a lámpához rendelhető, könnyen azonosítható érték. Hasznos lehet például egy telepítés lokációjának meghatározására.
- cím beállítás:
a kezdő cím megadásának lehetősége, mivel magán a lámpatesten erre nincs lehetőség
- „personality” állítás:
A különböző DMX-csatornák milyen tulajdonságokat állítanak egyes lámpán

8.4 Kivitelezés

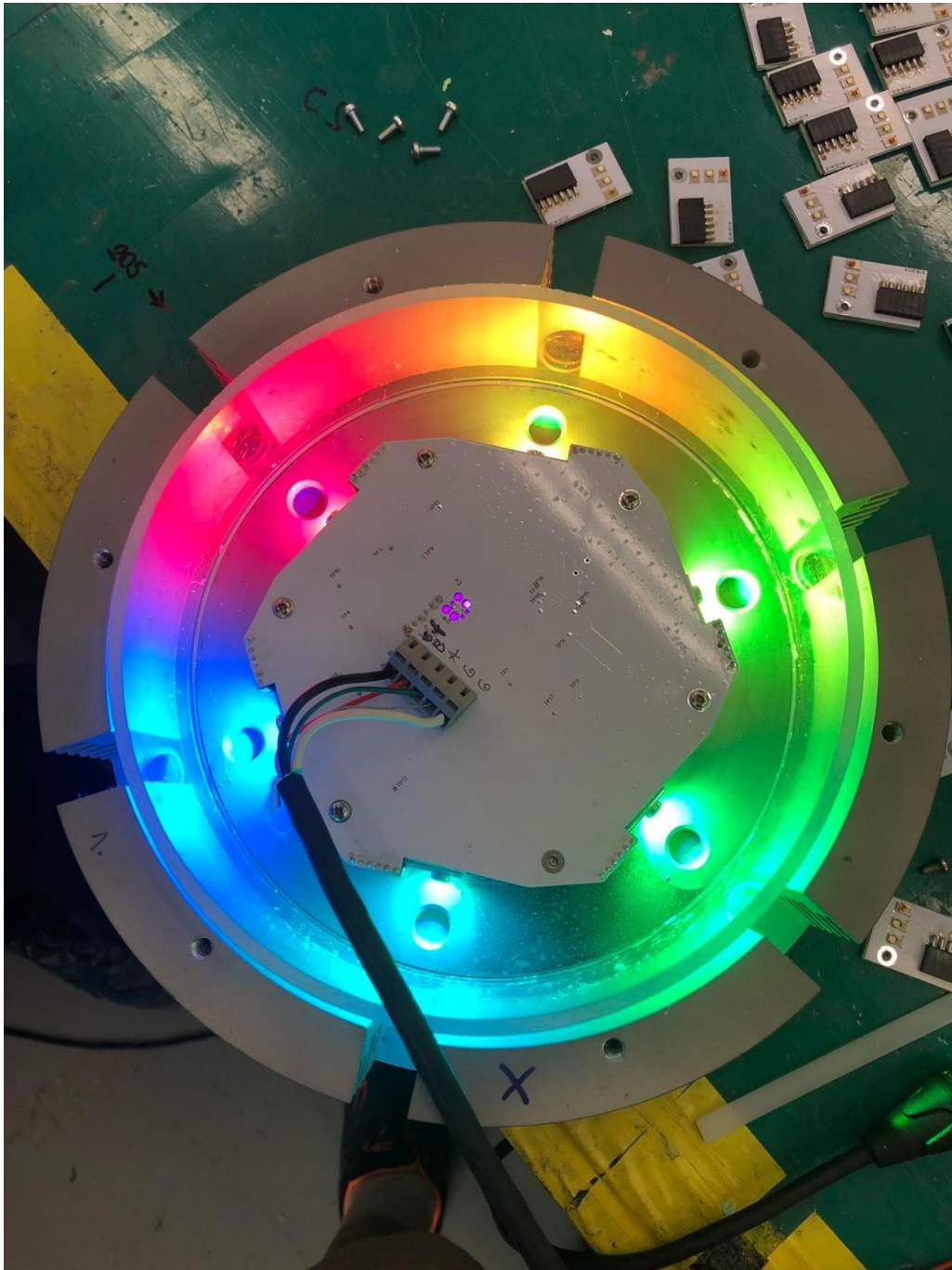
A DMX és RDM kommunikációhoz a fejlesztés alatt többször is belefutottam félig kész könyvtárakba, így a végleges kódban az egyik ilyen könyvtárat egy másik egyetemi társam segítségével módosítottuk, hogy a fent említett RDM értékeket le tudja kezelni. Felvettük bele a nekünk szükséges értékeket, Personality-kat, és azonosítókat.

A kód teszteléshez szükséges RDM/DMX adatforrásnak egy DMXCat (7) nevű teszt eszközt használtunk. Ez képes pontosan szimulálni egy rendes fényvezérlő pult működését, illetve az RDM címzésben is tud segíteni. A Tesztelés sikeressége után előkészültünk a sorozatgyártásra. A nyák gyártótól beérkező paneleket beültettük, és a folyamat végén kézzel programoztuk majd teszteltük.

Az össze szereléssel foglalkozó csapat szétszedte a régi lámpatesteket, kitakarította, majd behelyezte az új vezérlőket és lezárta a lámpákat.

Utolsó lépésként végig teszteltük mindegyik lámpa összes funkcióját, hogy hibátlanul működik-e, majd becsomagoltuk, és átadtuk a megrendelőnek telepítésre.

Budapest, 2024.



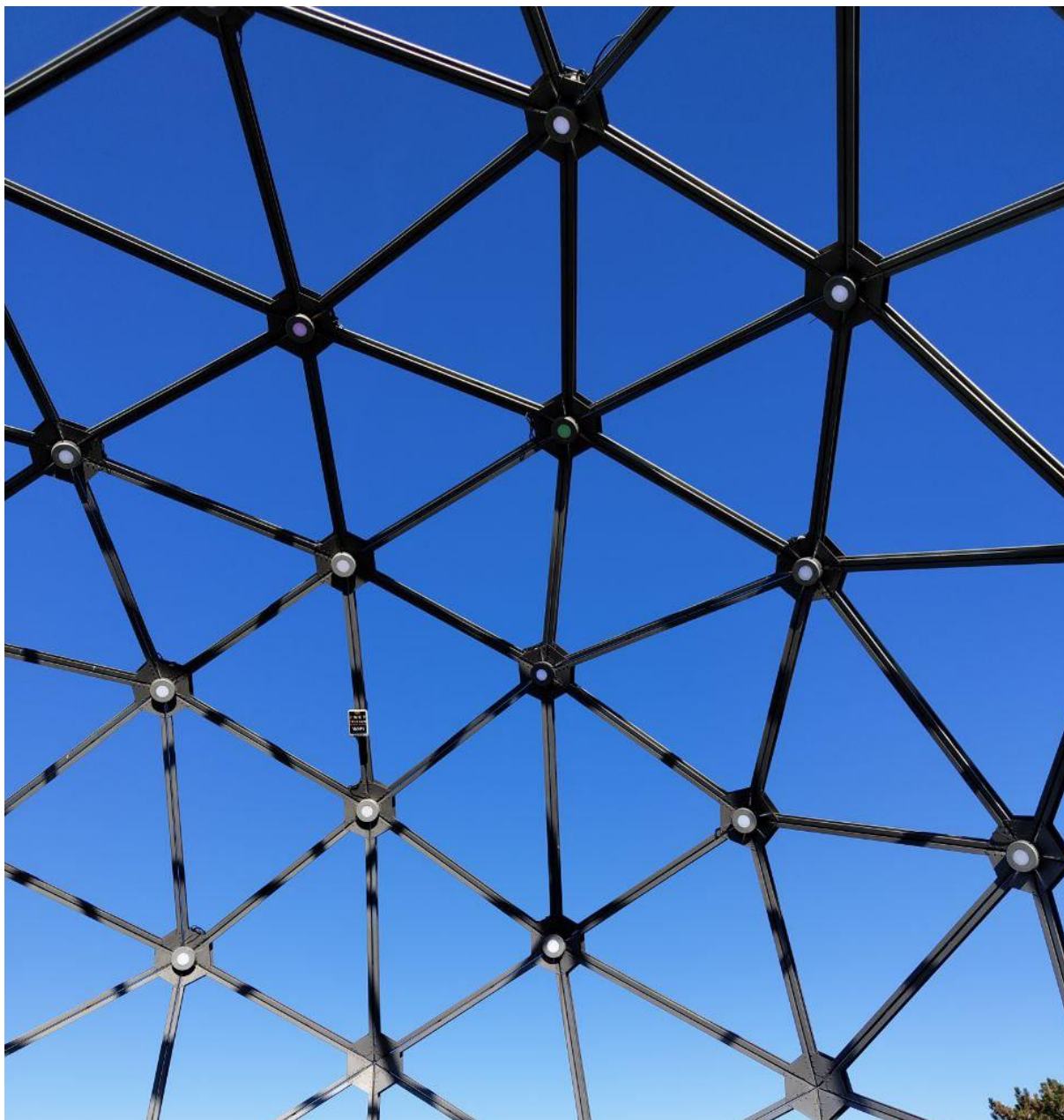
8.3 lámpa tesztelés alatt

Telepítéskor az alpinista csapat egyesével megcímezte mindegyik lámpát még talajon és úgy kerültek a helyükre. Bár az animációk nem túl komplexek még így is fontos volt, hogy minden címzett lámpa a megfelelő helyre kerüljön.

Felszerelést követően a vezérléssel ellenőrizték, hogy minden rendben ment-e, megjelenik-e az összes lámpa RDM címe, illetve reagálnak-e a DMX jelre.

Tesztelés sikeresen zárult, minden javított lámpa működött.

Budapest, 2024.



8.4 átszerelés közbeni teszt

Budapest, 2024.

9 Összefoglalás

A díszvilágítási rendszerekben gyakrabban használt DMX és RDM protokolloknak megvan a maga előnye. A párhuzamos felépítés miatt bármelyik lámpa tönkre mehet, és ettől függetlenül a maradék még mindig világítani fog. Adatlap szerint kötelező benne a csavart érpár, és differenciális jelvezetés miatt natívan használható hosszú távolságokra megbízhatóan, és minden egyes modullal lehet oda és vissza kommunikálni.

Viszont egy erősebb mikrovezérlő szükséges a működéshez, és a maximális 512 csatorna nagyon limitáló tud lenni egy komolyabb telepítésnél (kilátó esetén is 2db különálló adatbuszra volt szükség). Illetve 1 tönkrement fixtúra esetén akár a teljes lánc is tönkre mehet. Illetve a telepítése is lassabb mert mindent fixtúrát egyesével kell címezni.

A Pixel protokoll esetében egy könnyen kezelhető, implementálható protokollt kapunk, ami akár a legkisebb mikrovezérlőn is elfut, és ahol a címezéssel járó feladatok már a múlté. Itt a limit a buszonként az 1000 pixel (ami lehet 4 vagy 3 csatornás is), és hiba esetén az csak a szomszédos rendszerekre tud tovább terjedni.

Viszont a jel érzékeny a zajra, normális esetben nem differenciális a jelátvitel így ehhez is külön áramkörre van szükségünk, illetve az adatbusz megszakadása esetén onnantól az összes node leesik az adatbuszról. Ezen felül Kétirányú kommunikációról ne is álmodjunk.

Mint minden esetben itt is kijött, hogy nincsen egyértelmű döntés melyik megoldás a jobb vagy rosszabb. A feladatnak megfelelő megoldást kell mindig választanuk, bár én el tudnék képzelni egy rendszert, ahol a jel egy már meglévő DMX protokollon érkezik a meghajtókhoz, ahol pixel protokollal megy tovább az információ a közeli lámpáknak.

10 Ábrajegyzék

2.1 az ügyfél által kért rendszer terv	6
3.1 LED meghajtó panel terve.....	8
3.2 LAN-ESP modul	10
3.3 vezérlő modellje	11
3.4 WLED kezelő felülete	12
3.5 2D animáció ellenőrzés	12
3.6 operátori panel rendszer terve	13
4.1 beépítendő LED panelek	14
4.2 teszteléshez használt kijelző	19
5.1 összeszerelt oszlop magyar zászlóval.....	20
6.1 telepített vezérlő kábelezése	21
6.2 adatbuszon mért feszültség.....	22
6.3 épület felső képe	23
6.4 hibásan tervezett panel korrigálása.....	24
7.1 leszerelt világító testek	25
7.2 hibásan világító lámpa.....	26
7.3 48V-os elosztó szekrény.....	27
7.4 adat elosztó szekrény	28
8.1 Kör lámpa rendszer terve	30
8.2 kész panel 3D modellje	31
8.3 lámpa tesztelés alatt.....	34
8.4 átszerelés közbeni teszt	35

11 Irodalomjegyzék

1. [Online] [Cited: 03 12, 2023.] https://tsp.esta.org/tsp/documents/docs/ANSI-ESTA_E1-11_2008R2018.pdf. ANSI E1.11.
2. [Online] [Hivatkozva: 2023. 03 15.] https://getdlight.com/media/kunena/attachments/42/ANSI_E1-20_2010.pdf. ANSI E1.20.
3. [Online] [Hivatkozva: 2022. 06 08.] https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3-wroom-1_wroom-1u_datasheet_en.pdf.
4. [Online] [Hivatkozva: 2022. 12 10.] <https://www.superlightingled.com/PDF/TM1814-TitanMicro.pdf>.
5. [Online] [Hivatkozva: 2022. 11 20.] https://wmsc.lcsc.com/wmsc/upload/file/pdf/v2/lcsc/2012110135_Worldsemi-WS2814_C965562.pdf.
6. <https://kno.wled.ge/>. [Online] [Hivatkozva: 2022. 09 10.] <https://kno.wled.ge/>.
- 7.[Online] [Hivatkozva: 2023. 04 01.] <https://www.swisson.com/site/assets/files/1264/leaflet-isp-d0-len-v01-01.pdf>.
- 8.[Online] City Theatrical. [Hivatkozva: 2023. 04 01.] <https://www.citytheatrical.com/products/electronics/other-electronic/dmxcat-multi-function-test-tool>.

Budapest, 2024.