

LEGO vezérlők

Csányi Gábor, Gasparin Zsombor, Iványi Kristóf,
Kajtár Ákos András, Litkei Anita Georgina, Madura Máté,
Molnár Dániel, Muik Gergő Ferenc, Szécsi Nóra, Sike Anna, Vajda Marián

2023. december 4.

Tartalomjegyzék

1. Projekt bemutatása	3
1.1. Jelenlegi LEGO vezérlőegységek hátrányai	3
1.2. A vezérlőegységek tervezésénél figyelembe vett főbb követelmények	3
2. Követelmények azonosítója	3
2.1. Azonosítók felépítése	3
2.2. Azonosítók listája	3
3. A megvalósítás fázisai	4
3.1. Előkészítés	4
3.2. Első fázis	4
3.3. Második fázis	4
3.4. Harmadik fázis	4
3.5. Negyedik fázis	4
4. Külső jellemzők	5
4.1. Általános jellemzők	5
4.1.1. EXT-GEN-1 - Bekapcsolás	5
4.1.2. EXT-GEN-2 - Állapot jelzése	5
4.1.3. EXT-GEN-3 - USB-C portok és jelzéseik	5
4.1.4. EXT-GEN-4 - Szín	5
4.1.5. EXT-GEN-5 - Vízállóság	5
4.2. Mikro vezérlőegység	5
4.2.1. EXT-mCU-1 - Méret	5
4.2.2. EXT-mCU-2 - USB-C portok	5
4.2.3. EXT-mCU-3 - Illeszkedés	5
4.2.4. Szemléltető modell	6
4.3. Kicsi vezérlőegység	6
4.3.1. EXT-SCU-1 - Méret	6
4.3.2. EXT-SCU-2 - USB-C portok	6
4.3.3. EXT-SCU-3 - Illeszkedés	6
4.3.4. Szemléltető modell	6
4.4. Közepes vezérlőegység	7
4.4.1. EXT-MCU-1 - Méret	7
4.4.2. EXT-MCU-2 - USB-C portok	7
4.4.3. EXT-MCU-3 - Illeszkedés	7
4.4.4. Szemléltető modell	7
4.5. Nagy vezérlőegység	8
4.5.1. EXT-LCU-1 - Méret	8
4.5.2. EXT-LCU-2 - USB-C portok	8
4.5.3. EXT-LCU-3 - Illeszkedés	8
4.5.4. Szemléltető modell	8

5. Akkumulátor	10
5.1. Általános jellemzők	10
5.1.1. BAT-GEN-1 - Cserélhetőség	10
5.1.2. BAT-GEN-2 - Fix akkumulátor	10
5.1.3. BAT-GEN-3 - Biztonság	10
5.1.4. BAT-GEN-4 - Akkumulátorok típusa	10
5.2. Elektromos jellemzők	10
5.2.1. BAT-EEQ-1 - Áramerősség	10
5.2.2. BAT-EEQ-2 - Feszültség	10
5.2.3. BAT-EEQ-3 - Kapacitás	10
5.3. Üzemidő, töltési idő	10
5.3.1. BAT-TME-1 - Üzemidők	10
5.3.2. BAT-TME-2 - Gyors töltési idő	11
5.3.3. BAT-TME-3 - Ciklusélettartam	11
6. Vezeték nélküli csatlakozás: Bluetooth	11
6.1. Hatótávolság	11
6.1.1. WCB-RNG-1 - Beltéri hatótávolság	11
6.1.2. WCB-RNG-2 - Kültéri hatótávolság	11
6.2. Kompatibilitás	11
6.2.1. WCB-CMP-1 - Bluetooth-kompatibilitás	11
6.2.2. WCB-CMP-2 - Eszközkompatibilitás	11
6.3. Egyéb jellemzők	11
6.3.1. WCB-GEN-1 - Irányérzékelés	11
6.3.2. WCB-GEN-2 - Alacsony energiafogyasztású üzemmód	11
6.3.3. WCB-GEN-2 - Adatátvitel sebssége	11
7. Vezetékes csatlakozás, portok	12
7.1. Általános jellemzők	12
7.1.1. WCP-GEN-1 - USB-C port	12
7.1.2. WCP-GEN-2 - Adatátviteli sebesség	12
7.2. Töltés	12
7.2.1. WCP-CHG-1 - Töltő port típusa	12
7.2.2. WCP-CHG-2 - Töltő portok száma	12
7.2.3. WCP-CHG-3 - Gyorstöltés	12
7.3. Védelem	12
7.3.1. WCP-PRO-1 - Védőborítás	12
7.3.2. WCP-PRO-2 - Védőborítás kapcsolata a porttal	12
7.3.3. WCP-PRO-3 - Védőborítás anyaga	12
8. Hardver specifikációk	12
8.1. Programozhatóság	12
8.1.1. HWR-PRG-1 - Programtárolás	12
8.1.2. HWR-PRG-2 - Memóriaigény	12
8.1.3. HWR-PRG-3 - Flash memóriaigény kisebb egységeknél	13
8.1.4. HWR-PRG-4 - Flash memóriaigény nagyobb egységeknél	13
8.2. Processzor	13
8.2.1. HWR-CPU-1 - Mikro vezérlőegység sebessége	13
8.2.2. HWR-CPU-2 - Kicsi vezérlőegység sebessége	13
8.2.3. HWR-CPU-3 - Közepes vezérlőegység sebessége	13
8.2.4. HWR-CPU-4 - Nagy vezérlőegység sebessége	13
9. Digitális címezhetőség	13
9.1. ADR-1 - Címezhető vezérlőegységek	13
9.2. ADR-2 - Funkcióportok	14
10.Szójegyzék	14

1. Projekt bemutatása

A projekt célja a LEGO építészeti és alkotási lehetőségeinek továbbfejlesztése új elektronikus vezérlőegységekkel, melyek sokoldalúbb funkciókat nyújtanak a jelenlegi LEGO megoldásoknál. A projektcsoporthat három fő területen dolgozik:

- Vezérlés
- Perifériák
- Távirányítás és programozás

Ebben a dokumentumban kifejezetten a vezérlés területére fogunk fókuszálni. A többi munkacsoporttal együttműködve a vezérlőegységek egy koherens rendszer részét alkotják. A csatlakoztatható perifériákkal, távirányítási lehetőséggel és bizonyos kategóriájú vezérlőegységek programozhatóságával egy jobb megoldást kínálnak a piacon elérhető alternatíváknál.

1.1. Jelenlegi LEGO vezérlőegységek hátrányai

- Korlátozott méretválaszték, csak két különböző méretű vezérlőegység érhető el
- Kevés támogatott periféria
- Egyedi, nem szabványos csatlakozók
- Magas költség, ami korlátozza az elérhetőséget

1.2. A vezérlőegységek tervezésénél figyelembe vett főbb követelmények

- Kompatibilitás a LEGO építőelemekkel
- 4 különböző méret (mikro, kicsi, közepes, nagy)
- Méretek szerint különböző számú funkció vezérelt USB-C portok
- A vezérlőegységek digitálisan címezhetősége
- Bluetooth-on keresztüli távirányíthatósági lehetőség

2. Követelmények azonosítója

2.1. Azonosítók felépítése

A követelményazonosítók strukturált formátumot követnek, melyek segítik a követelmények hierarchikus csoportosításának átlátását. A követelményazonosítókat a következő módon alkotjuk meg: XXX-YYY-Z. Az első három karakter a főbb követelménytípusra (például külső jellemzőre vagy vezetékes csatlakozásra) utal. A második három karakter opcionális: egy specifikusabb területre utal ezen belül (külső jellemzők esetén például mikro vezérlőegység vagy kicsi vezérlőegységre). Ezután található a követelmény sorszáma az adott szűkebb témán belül.

Például: EXT-LCU-1 a nagy vezérlőegység külső jellemzői közül az első követelmény.

2.2. Azonosítók listája

- GEN: általános jellemzők
- EXT: külső jellemzők:
 - mCU: mikro vezérlőegység jellemzői
 - SCU: kicsi vezérlőegység jellemzői
 - MCU: közepes vezérlőegység jellemzői
 - LCU: nagy vezérlőegység jellemzői
- BAT: akkumulátor jellemzői:
 - EEQ: elektromos jellemzők

- TME: idővel kapcsolatos jellemzők
- WCB: vezeték nélküli csatlakozás (Bluetooth) jellemzői:
 - RNG: hatótávolságra vonatkozó jellemzők
 - CMP: kompatibilitás jellemzői
- WCP: vezetékes csatlakozás (portok) jellemzői:
 - CHG: töltés jellemzői
 - PRO: védelem jellemzői
- HWR: hardver jellemzői:
 - PRG: programozhatóságra vonatkozó jellemzők
 - CPU: processzor jellemzői
- ADR: digitális címzés jellemzői

3. A megvalósítás fázisai

A megvalósítás három, egymást követő fázisban zajlik, melyeket egy előkészítő fázis előz meg.

3.1. Előkészítés

Ebben a fázisban cégeket keresünk fel, akik jártasak a vezérlőegységek gyártásában, emellett jó referenciákkal rendelkeznek. A cégek közül kiválasztjuk az elvárásoknak leginkább megfelelőt.

Időtartam: 3 hónap.

3.2. Első fázis

Ebben a fázisban a kiválasztott céggel közösen megtervezzük a vezérlőegységeket, figyelve a méretekre, anyagokra, és arra, hogy a LEGO kinézetétől egyáltalán ne vagy csak minimálisan térjenek el. Majd ezek alapján megkezdődik a prototípus egységek gyártása.

Időtartam: 6 hónap.

3.3. Második fázis

Ebben a fázisban a prototípus eszközöknek az alapos tesztelése folyik. Leteszteljük, hogy az eszközök mennyire strapabíróak, és hogyan lehet beintegrálni a LEGO rendszerekbe. Szükség esetén újabb prototípus eszközöket gyártatunk, ahol az esetleges hibák kijavításra kerülnek.

Időtartam: 2 hónap

3.4. Harmadik fázis

Ebben a fázisban kis darabszámban legyártatjuk a prototípus egységeket. Ezeket az eszközöket egy kis létszámú csoport (25 fő) fogja tesztelni, akik előzetesen kerültek kiválasztásra. A visszajelzéseik alapján alakítjuk ki a végső eszközöket.

Időtartam: 2 hónap

3.5. Negyedik fázis

Ebben a fázisban elkezdjük a vezérlőegységeket nagy darabszámban gyártatni, majd piacra vinni. Ezután a visszajelzések alapján továbbfejlesztjük az eszközöket.

4. Külső jellemzők

Ebben részben a különféle vezérlőegységek külső jellemzőiről és kinézetéről lesz szó. A széria négyféle vezérlőtípust tartalmaz; méretek szerint: mikor, kicsi, közepes és nagy.

4.1. Általános jellemzők

4.1.1. EXT-GEN-1 - Bekapcsolás

A vezérlőegységeknek egy, azonnal hozzáférhető **nyomógommbal** (vagy egyéb egyszerű kapcsolóval) kell rendelkezniük a be- és kikapcsoláshoz. Ez a kapcsoló a vezérlőegység tetején található.

4.1.2. EXT-GEN-2 - Állapot jelzése

A vezérlőegységek tetején, a kapcsoló mellett, egy **LED** helyezkedik el, amely a vezérlőegység bekapcsolt állapotában **zölden** világít. Ha az egység lemerült (20% alatt van) és úgy van bekapcsolva, a LED folyamatos világítás helyett zölden villog.

4.1.3. EXT-GEN-3 - USB-C portok és jelzéseik

A vezérlőegységek **rövidebbik oldalán** USB-C portok helyezkednek el. Számuk méretenként eltér. Ahol fizikailag lehetséges, a portok csak az egyik oldalt foglalják el, de ahol mennyiségük indokolja, az átelles oldalra is kerülnek a megfelelő elhelyezés érdekében. *(Az elhelyezkedéskor gondolni kell a kábel fejének szélességére is, illetve arra, hogy a portok könnyen hozzáférhetőek legyenek.)*

A be- és kimeneti portokon keresztül lehetséges a töltés. Ez egyszerre csak pontosan egy porton keresztül lehetséges. *(Azaz egy vezérlőegység nem tölthető egy időben egynél több be- és kimeneti porton.)*

A portok alatt a következő jelzések és feliratok láthatók:

- **port típusa:** I/O mint be- és kimeneti port vagy O mint kimeneti port;
- **port sorszáma:** be- és kimeneti portok és a kimeneti portok külön vannak számozva;
- **funkció** jelölése ábrával.

4.1.4. EXT-GEN-4 - Szín

A vezérlőegységek színe LEGO **egyenszürke**.

4.1.5. EXT-GEN-5 - Vízállóság

A vezérlőegység ellenáll a fröccsenő víznek, megfelelően az **IP44** besorolásnak.

4.2. Mikro vezérlőegység

A legkisebb méretű vezérlőegység egyszerű műveletek elvégzésére alkalmas, ahol fontos a helytakarékosság az építményekben.

4.2.1. EXT-mCU-1 - Méret

A vezérlőegység mérete (szélesség x hosszúság x magasság): **4 x 4 x 6 talp**.

4.2.2. EXT-mCU-2 - USB-C portok

A vezérlőegység összesen két USB-C porttal rendelkezik: **egy be- és kimeneti (töltő) porttal** és **egy kimeneti porttal**. Ezek a vezérlőegység egyik oldalán vertikálisan helyezkednek el.

4.2.3. EXT-mCU-3 - Illeszkedés

A LEGO-rendszerbe illeszthetőséget biztosítandó a vezérlőegység tetején **tüskék**, alján **antitüskék** helyezkednek el.

A tetején a kapcsolóhoz való hozzáférés miatt a tüskék csak a vezérlőegység szélén, körben helyezkednek el – ez 12 darab tüskét jelent.

A vezérlőegység **zárt**, így alul az antitüskék lefedik az egész felületet – ez 9 darab antitüskével lehetséges.

4.2.4. Szemléltető modell

A mellékelt ábrákon látható a vezérlőegység vázlatos terve. A felülnézeti kép szemlélteti a tüskék elhelyezkedését, illetve a LED és a kapcsoló egymáshoz való helyzetét.

A rövidebbik oldal nézetéből látható, egymáshoz képest milyen helyzetben találhatók a portok.

Az alulnézet az antitüskék helyét mutatja.

Megjegyzés: az elemek távolsága egy ajánlás - a tényleges mérnöki tervezési és megvalósítási fázis során kerülnek meghatározásra a pontos pozíciók.



1. ábra. Mikro vezérlőegység szemléltetőmodellje

4.3. Kicsi vezérlőegység

Az egység továbbra is főként alapvető műveletek elvégzésére alkalmas, méretében kicsit tér el az előzőtől.

4.3.1. EXT-SCU-1 - Méret

A vezérlőegység mérete (szélesség x hosszúság x magasság): **4 x 6 x 6 talp.**

4.3.2. EXT-SCU-2 - USB-C portok

A vezérlőegység összesen négy USB-C porttal rendelkezik: **két be- és kimeneti (töltő) porttal** és **két kimeneti porttal**. Ezek a vezérlőegység egyik rövidebbik oldalán helyezkednek el. A be- és kimeneti portok egymás mellett helyezkednek el, alattuk vannak a kimeneti portok.

4.3.3. EXT-SCU-3 - Illeszkedés

A LEGO-rendszerbe illeszthetőséget biztosítandó a vezérlőegység tetején **tüskék**, alján **antitüskék** helyezkednek el.

A tetején a kapcsolóhoz való hozzáférés miatt a tüskék csak a vezérlőegység szélén, körben helyezkednek el – ez 16 darab tüskét jelent.

A vezérlőegységben cserélhető az elem és a tartóegysége, így ennek helyet biztosítva alul az antitüskék szintén a vezérlőegység szélén, körben találhatók – ez 12 darab antitüskével lehetséges.

4.3.4. Szemléltető modell

A mellékelt ábrákon látható a vezérlőegység vázlatos terve. A felülnézeti kép szemlélteti a tüskék elhelyezkedését, illetve a LED és a kapcsoló egymáshoz való helyzetét.

A rövidebbik oldal nézetéből látható, egymáshoz képest milyen helyzetben találhatók a portok.

Az alulnézet az antitüskék helyét mutatja.

Megjegyzés: az elemek távolsága egy ajánlás - a tényleges mérnöki tervezési és megvalósítási fázis során kerülnek meghatározásra a pontos pozíciók.



2. ábra. Kicsi vezérlőegység szemléltetőmodellje

4.4. Közepes vezérlőegység

Ez a méret már lehetővé teszi az összetettebb irányítási feladatok végrehajtását.

4.4.1. EXT-MCU-1 - Méret

A vezérlőegység mérete (szélesség x hosszúság x magasság): **4 x 8 x 12 talp.**

4.4.2. EXT-MCU-2 - USB-C portok

A vezérlőegység összesen hat USB-C porttal rendelkezik: **két be- és kimeneti (töltő) porttal és négy kimeneti porttal.** Ezek a vezérlőegység rövidebbik oldalán helyezkednek el vertikálisan. A kimeneti portok közvetlenül egymás alatt találhatók. A két be- és kimeneti port egymás mellett vannak.

4.4.3. EXT-MCU-3 - Illeszkedés

A LEGO-rendszerbe illeszthetőséget biztosítandó a vezérlőegység tetején **tüskék**, alján **antitüskék** helyezkednek el.

A tetején a kapcsolóhoz való hozzáférés miatt a tüskék csak a vezérlőegység szélén, körben helyezkednek el – ez 20 darab tüskét jelent.

A vezérlőegységben cserélhető az elem és a tartóegysége, így ennek helyet biztosítva alul az antitüskék szintén a vezérlőegység szélén, körben találhatók – ez 16 darab antitüskével lehetséges.

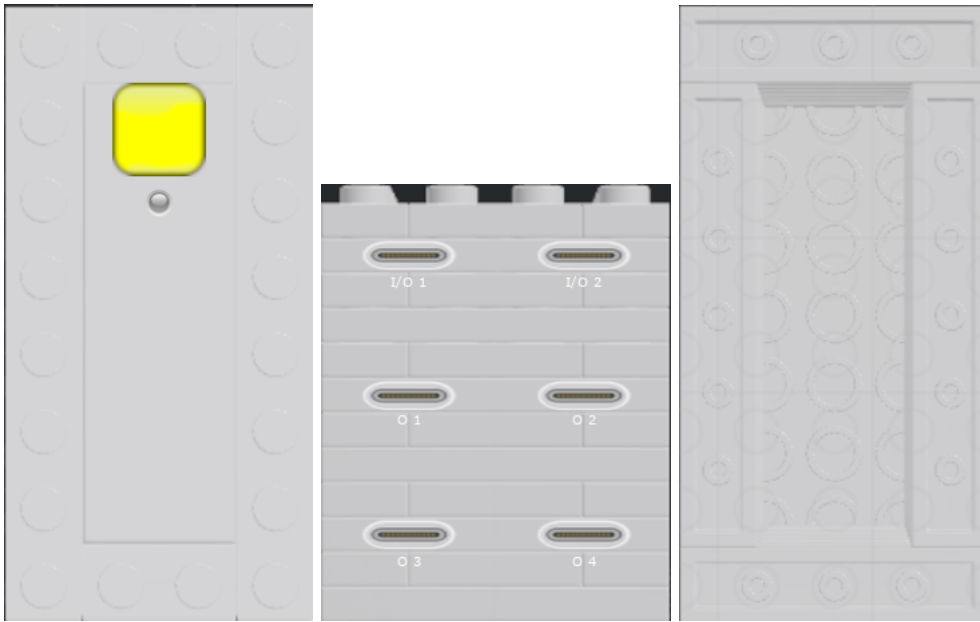
4.4.4. Szemléltető modell

A mellékelt ábrákon látható a vezérlőegység vázlatos terve. A felülnézeti kép szemlélteti a tüskék elhelyezkedését, illetve a LED és a kapcsoló egymáshoz való helyzetét.

A rövidebbik oldal nézetéből látható, egymáshoz képest milyen helyzetben találhatók a portok.

Az alulnézet az antitüskék helyét mutatja.

Megjegyzés: az elemek távolsága egy ajánlás - a tényleges mérnöki tervezési és megvalósítási fázis során kerülnek meghatározásra a pontos pozíciók.



3. ábra. Közepes vezérlőegység szemléltetőmodellje

4.5. Nagy vezérlőegység

Ezzel a legrobosztusabb vezérlőegységgel lehetséges a komplexebb LEGO rendszerek irányítása, megőrizve az integrálhatóságot.

4.5.1. EXT-LCU-1 - Méret

A vezérlőegység mérete (szélesség x hosszúság x magasság): **5 x 10 x 15 talp.**

4.5.2. EXT-LCU-2 - USB-C portok

A vezérlőegység összesen tizenhat USB-C porttal rendelkezik: **két be- és kimeneti (töltő) porttal és tizennégy kimeneti porttal.** Ezek a vezérlőegység rövidebbik oldalán helyezkednek el két oszlopban. A be- és kimeneti portok egymás mellett találhatók. Egy oszlopban a kimeneti portok közvetlenül egymás alatt vannak.

4.5.3. EXT-LCU-3 - Illeszkedés

A LEGO-rendszerbe illeszthetőséget biztosítandó a vezérlőegység tetején **tüskék**, alján **antitüskék** helyezkednek el. Továbbá a hosszabbik oldalakon **csatlakozó tű foglalatok** is találhatók.

A tetején a kapcsolóhoz való hozzáférés miatt a tüskék csak a vezérlőegység szélén, körben helyezkednek el – ez 26 darab tüskét jelent.

A vezérlőegységben cserélhető az elem és a tartóegysége, így ennek helyet biztosítva alul az antitüskék szintén a vezérlőegység szélén, körben találhatók – ez 22 darab antitüskével lehetséges.

A vezérlőegységen **összesen nyolc csatlakozó tű foglalat** van, hosszabbik oldalanként négy. Egy oldalon a csatlakozó tű foglalatok párban találhatók: az **oldal két szélén, egymás mellett**, középmagasságban helyezkednek el.

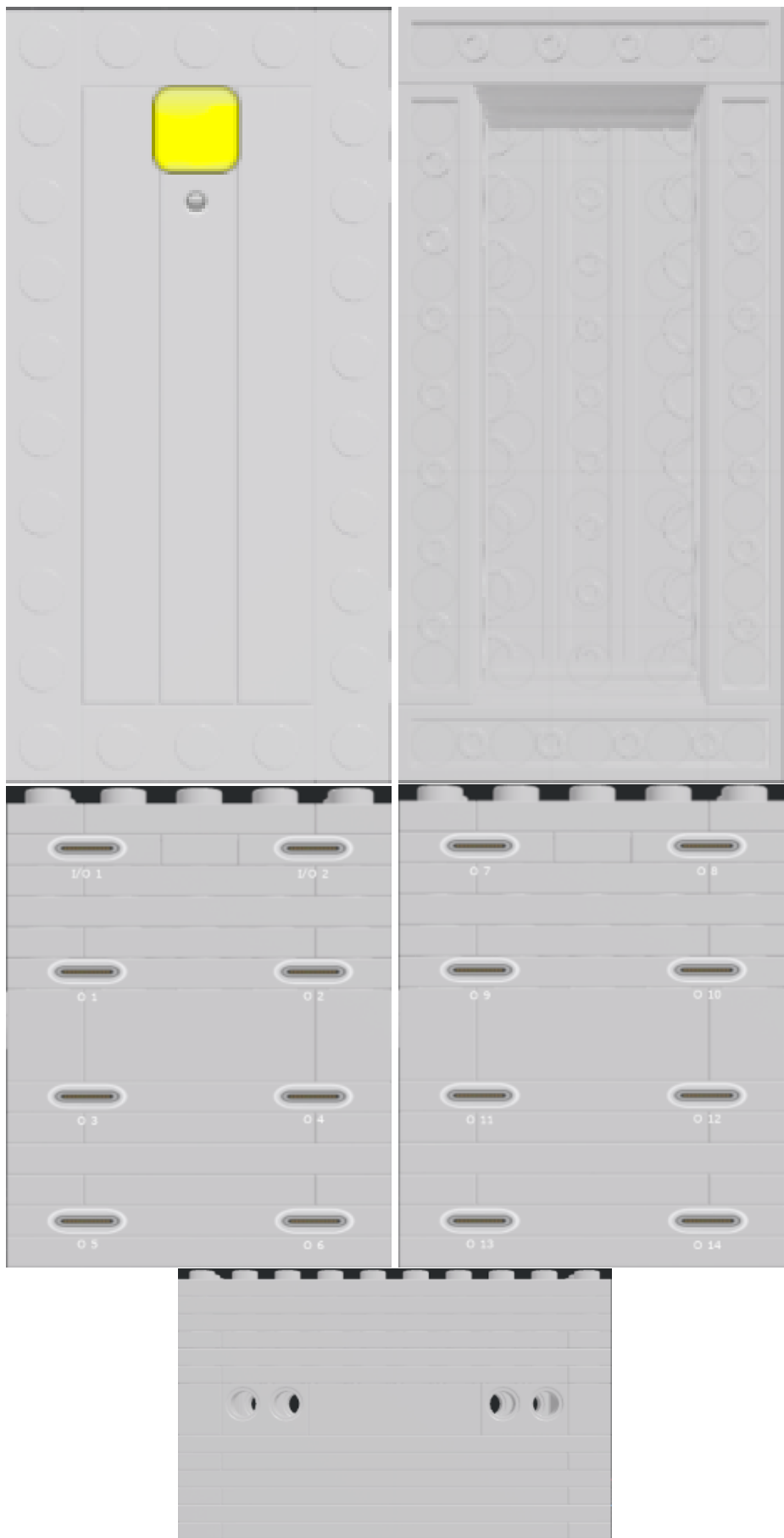
4.5.4. Szemléltető modell

A mellékelt ábrákon látható a vezérlőegység vázlatos terve. A felülnézeti kép szemlélteti a tüskék elhelyezkedését, illetve a LED és a kapcsoló egymáshoz való helyzetét.

A rövidebbik oldal nézetéből látható, egymáshoz képest milyen helyzetben találhatók a portok.

Az alulnézet az antitüskék helyét mutatja.

Megjegyzés: az elemek távolsága egy ajánlás - a tényleges mérnöki tervezési és megvalósítási fázis során kerülnek meghatározásra a pontos pozíciók.



4. ábra. Nagy vezérlőegység szemléltetőmodellje

5. Akkumulátor

Minden egyes eszköz áramellátását akkumulátor biztosítja.

5.1. Általános jellemzők

5.1.1. BAT-GEN-1 - Cserélhetőség

A kicsi, közepes és nagy vezérlőegységek akkumulátora és tartóegysége **cserélhető**.

5.1.2. BAT-GEN-2 - Fix akkumulátor

A mikro vezérlőegység akkumulátora **fix** az egység kis mérete miatt.

5.1.3. BAT-GEN-3 - Biztonság

Minden méretű egység esetében gondoskodni kell a felhasználók biztonságáról beépített túláram- és túlfeszültség-védelemmel.

5.1.4. BAT-GEN-4 - Akkumulátorok típusa

A hordozhatóság miatt fontos, hogy az akkumulátorok sok energiát legyenek képesek tárolni kis helyen. A hosszútávú használat miatt szükséges biztosítani az újratölthetőséget. Továbbá lényeges, hogy az önmerülési ráta minél alacsonyabb legyen. Így lehetséges, hogy nem rendszeres használat mellett is megmarad a tárolt energia hosszabb ideig.

Ezek alapján az akkumulátorok típusa **LiPo** (Lítium-polimer) vagy **Li-ion** (Lítium-ion).

5.2. Elektromos jellemzők

5.2.1. BAT-EEQ-1 - Áramerősség

Egy kimeneti porton 1A áramerősségre van szükség.

5.2.2. BAT-EEQ-2 - Feszültség

A feszültséget a töltést igénylő eszközök igényeihez szükséges optimalizálni, azaz 5V-ra lesz szükség portonként.

5.2.3. BAT-EEQ-3 - Kapacitás

A vezérlőegységeknek akkumulátorainak elegendő kisebb kapacitás; méretek szerint a minimum elvárt értékek:

- mikro méret esetén 1000 mAh;
- kicsi méret esetén 2000 mAh;
- közepes méret esetén 3000 mAh;
- nagy méret esetén 4000 mAh.

5.3. Üzemidő, töltési idő

5.3.1. BAT-TME-1 - Üzemidők

A használati esetek és felhasználói szokások szerint a különböző méreteknek különböző üzemidőt kell biztosítani.

A mikro vezérlőegység gyors és kisebb léptékű robotika vagy automatizálási feladatokhoz készül. Ezek alapján **legalább 4 órá**s üzemidőt kell biztosítani.

A kicsi vezérlőegységnél kissé összetettebb feladatokat kell kezelni. Ezek alapján **legalább 6 órá**s üzemidőt kell biztosítani.

A közepes vezérlőegység nagyobb mérete és esetlegesen igényesebb feladatok miatt alkalmas középszintű robotika projektekhez. Ezekhez **legalább 8 órá**s üzemidő szükséges.

A nagy vezérlőegység, mint a legnagyobb teljesítményű és funkciókkal rendelkező egység, várhatóan fejlett robotika, automatizálás vagy hosszabb ideig futó projektekhez használható. Ezek alapján **legalább 12 óra** üzemidő a felhasználóknak jelentős rugalmasságot biztosít a hosszabb használati idők eléréséhez gyakori újratöltés nélkül.

5.3.2. BAT-TME-2 - Gyors töltési idő

A felhasználói kényelem növelése érdekében biztosítani kell a gyors töltést: ekkor **legfeljebb 2 óra** telhet el a teljes feltöltésig. Ez az időkeret egyensúlyt teremt a sebesség és a hosszútávú akkumulátor-egészség között.

5.3.3. BAT-TME-3 - Ciklusélettartam

Az optimális ciklusélettartam a elérése érdekében mindegyik egység esetében elérendő a legalább 1000 ciklus.

6. Vezeték nélküli csatlakozás: Bluetooth

Az eszközök egységesen **Bluetooth v5.1-t** használnak. Ez a leoptimalisabb választás, hiszen egy vezérlőegységnek nincs szüksége kiváló minőségű adatátvitelre, amit a v5.2 és v5.3 nyújt. Így jelentős költségeket spórolhatunk, ami nem megy a felhasználói élmény kárára. Valamint nincs szükség arra, hogy több vezérlőegységet irányítsunk szimultán, de egy hasznos funkció lehet a pontos helyzetmeghatározás, ami a v5.1-ben került bevezetésre.

6.1. Hatótávolság

6.1.1. WCB-RNG-1 - Beltéri hatótávolság

A házon belüli a hatótávolságnak el kell érnie **legalább az 50 métert**. Így biztosítható a stabil kommunikáció a vezérlőegység és az irányító eszköz között.

6.1.2. WCB-RNG-2 - Kültéri hatótávolság

Szabadban **legalább 100 méteres** hatótávolság szükséges. Ezzel lehetséges a megbízható vezeték nélküli kapcsolat még nyitott területeken is.

6.2. Kompatibilitás

6.2.1. WCB-CMP-1 - Bluetooth-kompatibilitás

Biztosítani kell a kompatibilitást a **Bluetooth 5.0-val** és korábbi verziókkal, továbbá a széleskörű összekapcsolhatóságot a különböző eszközök között.

6.2.2. WCB-CMP-2 - Eszközkompatibilitás

Biztosítani kell a kompatibilitást a **legújabb Bluetooth eszközökkel**, így lehetővé téve a vezérlőegység együttműködését a legmodernebb technológiával.

6.3. Egyéb jellemzők

6.3.1. WCB-GEN-1 - Irányérzékelés

Helymeghatározáskor **10 cm-es pontosságot** kell biztosítani.

6.3.2. WCB-GEN-2 - Alacsony energiafogyasztású üzemmód

A vezérlőegység használati idejét megnövelendő kell lehetőséget biztosítani az **alacsony energiafogyasztású üzemmódoknak**.

6.3.3. WCB-GEN-2 - Adatátvitel sebssége

A vezérlő és az irányító eszköz közötti kommunikáció optimalizálásának érdekében az adatok átvitelének gyorsnak, **legfeljebb 1 ms alattinak** kell lennie.

7. Vezetékes csatlakozás, portok

7.1. Általános jellemzők

7.1.1. WCP-GEN-1 - USB-C port

A portok szabványos **USB-C** portok. (USB 3.2 szabvány szerint.)

7.1.2. WCP-GEN-2 - Adatátviteli sebesség

Portonként biztosítani kell a legalább **5GB/sec** adatátviteli sebességet.

7.2. Töltés

7.2.1. WCP-CHG-1 - Töltő port típusa

A töltés a **be- és kimeneti portokon** keresztül lehetséges.

7.2.2. WCP-CHG-2 - Töltő portok száma

Egyszerre **pontosan egy port** használható fel a töltéshez.

7.2.3. WCP-CHG-3 - Gyorstöltés

A portoknak támogatniuk kell a **gyors töltési technológiát**. Minimalizálják az eszközök készenlétben töltéséhez szükséges időt. Kompatibilitás (maximális kapacitás felhasználása) a töltőkkel 48W-ig.

7.3. Védelem

7.3.1. WCP-PRO-1 - Védőborítás

A portoknak rendelkezniük kell por, szennyeződés és sérülés álló borítással.

7.3.2. WCP-PRO-2 - Védőborítás kapcsolata a porttal

A borításnak kapcsolódnia kell a porthoz és beleilleszthetőnek kell lennie.

7.3.3. WCP-PRO-3 - Védőborítás anyaga

A borítás anyaga szilikon.

8. Hardver specifikációk

Ebben a részben a különböző méretű vezérlőegységek hardveres specifikációit (memória, merevlemez, processzor) tárgyaljuk. Fontos, hogy méretenként a pontos követelmények is változnak, amik befolyásolják a hardveres specifikációit is az egyes méreteknek, így ezekre különösen oda kell figyelni.

8.1. Programozhatóság

8.1.1. HWR-PRG-1 - Programtárolás

A **közepes és nagy** vezérlőegységek programtárolásra alkalmasak. Bináris C++ kód tölthető fel rájuk, melyeket futtatni képesek.

8.1.2. HWR-PRG-2 - Memóriaigény

A programozható egységeknek legalább **256 MB-os RAM-mal** kell rendelkezniük.

A nagy vezérlőegység esetében inkább preferált a legalább **512 MB-os** memória. Ez egy kritikus pont, ugyanis ez a legnagyobb méret, a legtöbb porttal, így várhatóan erőforrás és adatközlés szempontjából is ennek a méretnek lesz a legtöbb szerepe a különböző programok futtatása mellett.

8.1.3. HWR-PRG-3 - Flash memóriaigény kisebb egységeknél

A mikro és kicsi méretű vezérlőknek **128 MB Flash** memóriával kell rendelkeznie. Ennek az egységnek szimplán a működéséhez van szükség háttértárolóra, külső fájlokat nem kell tárolnia.

8.1.4. HWR-PRG-4 - Flash memóriaigény nagyobb egységeknél

A közepes és nagy méretű vezérlőegységeknek programkódok tárolása miatt minimum **1 GB (=1024 MB) Flash memóriával** kell rendelkezniük.

8.2. Processzor

8.2.1. HWR-CPU-1 - Mikro vezérlőegység sebessége

A mikro méretű vezérlő esetén a processzor sebességét illetően az elvárt minimum teljesítmény a **80 MHz**.

8.2.2. HWR-CPU-2 - Kicsi vezérlőegység sebessége

A kicsi méretű vezérlőegységnél a processzor teljesítményének a több port miatt minimum **100 MHz-nek** kell lennie.

8.2.3. HWR-CPU-3 - Közepes vezérlőegység sebessége

A közepes méretű vezérlőegység processzorának teljesítménye, szintén a portok és a rájuk írt programok miatt, minimum **250 MHz-et** el kell, hogy érje.

8.2.4. HWR-CPU-4 - Nagy vezérlőegység sebessége

A legnagyobb méretű vezérlőnél, mivel a legtöbb forgalom valószínűleg ezen keresztül fog menni, illetve a programok nagy része ezen a méreten kerül majd tárolásra és futtatásra, ezért a processzor sebességét minimum **500 MHz-re** kell növelni az előző mérethez képest.

9. Digitális címezhetőség

A digitális címezhetőség lehetővé teszi a vezérlőegység hatékony elérését és rajtuk keresztül a perifériák irányítását. Biztosítja az egyedi azonosítást és a visszajelzést a programok végrehajtásáról.

A megfelelő vezérlőegység kiválasztása után, az elérhető portok (funkciók) láthatóvá válnak, melyeken keresztül hozzá lehet férni az alábbi támogatott perifériákhoz:

- motor
- világító egység
- nyomógomb
- kétállású gomb
- mágneses érzékelő
- összekötő és hosszabbító kábelek
- kábel elosztó
- giroszkóp
- hangszóró
- vezetékes és vezeték nélküli töltő
- kijelző

9.1. ADR-1 - Címezhető vezérlőegységek

A vezérlőegységek digitálisan címezhetőek. Egy rendszeren belül **1000 db** különböző vezérlőegység címezhető, minden címnek egyedinek kell lennie. Ez 0-tól 999-ig való számozással érhető el.

9.2. ADR-2 - Funkcióportok

A megcímzett vezérlőegység kimeneti portjai elérhetőek, jelek küldhetőek rájuk Bluetoothon keresztül. Portok az abc betűivel címkézettek, mérettől függően a megfelelő betűig. (A, B, C, ...)

10. Szójegyzék

Építőelem: A vezérlőegységeknél referenciaként használt építőelemek a LEGO építőelemekkel teljes mértékben kompatibilisek, annak dimenzióinak megfelelnek. Egy 1x1x1 építőelem 3 talp magasságú, tetejének közepén egy tüske, aljának közepén egy anittüske van.

- Szélessége és hosszúsága: 7.8 mm
- Magassága tüske nélkül: 9.6 mm
- Tüske magassága: 1.7 mm
- Tüske átmérője: 4.8 mm



5. ábra. 1x1x1 építőelem

Csatlakozó tű foglalat: A nagy vezérlőegység oldalán található csatlakozó tű foglalat kompatibilis a szabványos LEGO csatlakozó tűvel.



6. ábra. Csatlakozó tű

LEGO egyenszürke: Medium Stone Grey; RGB kódja (160,161,159)