

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
Beágyazott és irányító rendszerek szakirány – Számítógép-alapú rendszerek

Mikrokontroller laboratórium

Útmutató

Hardver tervezés CAD támogatással Altium összefoglalás

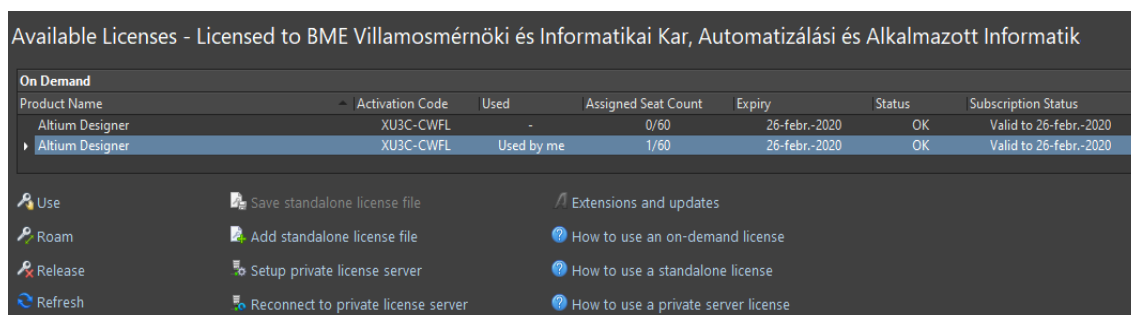
Kidolgozta: Csorvási Gábor (csorvasi.gabor@aut.bme.hu)
Utolsó módosítás ideje: 2020.03.23. 21:18

Bevezetés

Jelen dokumentum első felének célja Altium Designer használatának felelevenítése, valamint a főbb funkciók bemutatása. A házi feladathoz kapott kiindulási projekthez először új szimbólumokat és footprinteket készítünk, majd létrehozuk a kapcsolási rajzokat. Ezt követően elhelyezzük az alkatrészeket a NYÁK-on, és behuzalozzuk az áramkört. Végül generáljuk a gyártáshoz és beszerzéshez szükséges fájlokat.

Program használata

Nyissuk meg az Altium designer programot. Első indításkor a Licence Manager ablak nyílik meg, itt válasszuk a *Sign in* parancsot, majd lépünk be a regisztrált email címmel. Ekkor az elérhető licenzek közül válasszuk ki az egyiket, és kattintsunk a *Use* pontra. Amennyiben internet nélkül szeretnénk használni a programot, a *Roam* pont segítségével egy előre megadott időpontig „kibérelhetjük” a licenszt. Sikeres bejelentkezés után megjelenik a *Used my me* felirat, és bezárhatjuk a License Management fület (látsd 1. ábra).

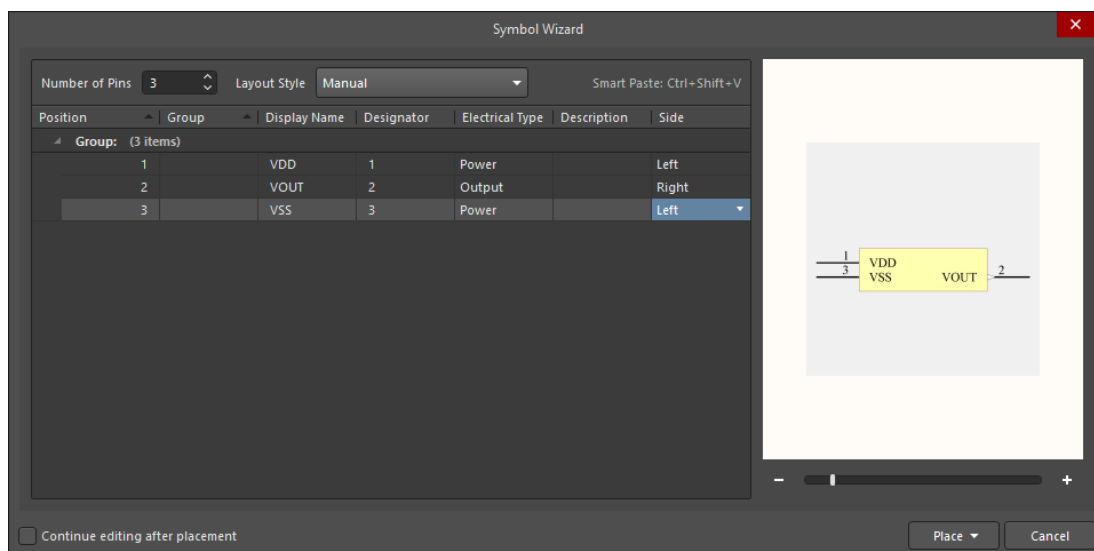


1. ábra – Licensz használata

Csomagoljuk ki a kiindulási projektet és lépünk be a *hazi_kiindulas* mappába. Nevezzük át az *MLAB_Hazi.PrjPcb* fájlt a nevünk és a feladat kódunknak megfelelően (pl.: PeldaPeterA20), majd nyissuk meg a projektet. A *Projects* nézetben látható, hogy már található egy kapcsolási rajz, egy PCB, egy OutJob fájl a gyártófájlok generálásához, valamint az alkatrész könyvtár megfelelő elemei. Nyissuk meg a *hallglib.SchLib* fájlt, és az *SCH Library* fület választva nézzük meg milyen elemek találhatóak meg a könyvtárban. (Ha a fül nem található, a jobb alsó sarokban lévő *Panels* gomb segítségével elő tudjuk hozni.) A példa kedvéért a továbbiakban egy 8 LED-es hőmérőt fogunk megépíteni egy TC1047-es áramkör segítségével.

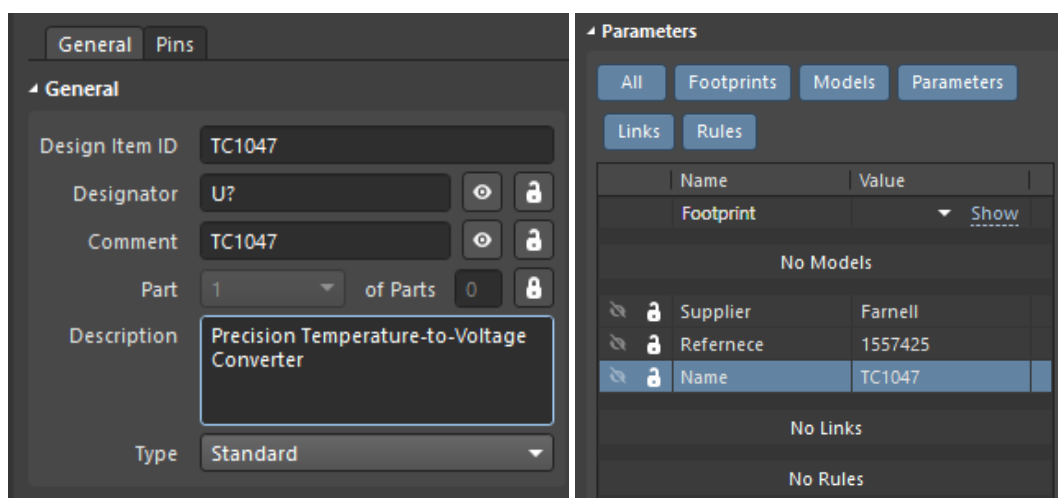
Alkatrészek hozzáadása

A TC1047-es áramkör nem szerepel a listában, így adjunk hozzá egyet. Megnyitva az *SchLib* fájlt a *Tools->Symbol Wizard...* pontot választva létrehozhatunk új szimbólumot. Az adatlap alapján adjunk hozzá 3 pint, és állítsuk be a nevüket és a típusukat. Ugyanitt be tudjuk állítani, hogy az adott láb melyik oldalon jelenjen meg a szimbólumnál. A *Designator*-t érdemes az IC lábainak megfelelően számozni, elkerülendő a későbbi keveredéseket. Ha készen vagyunk, válasszuk a *Place* gombon belül a *Place New Symbol* pontot.



2. ábra – Szimbólum létrehozása varázslóval

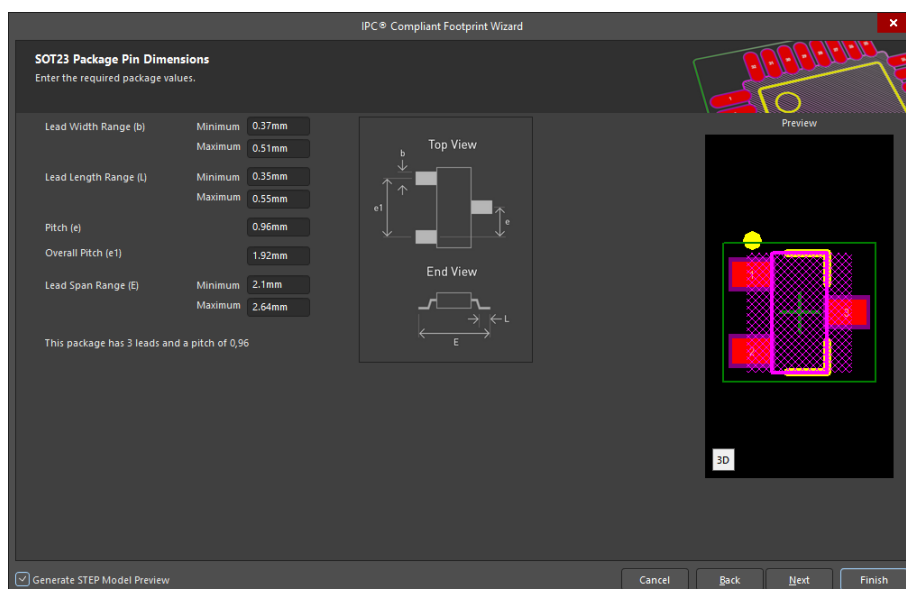
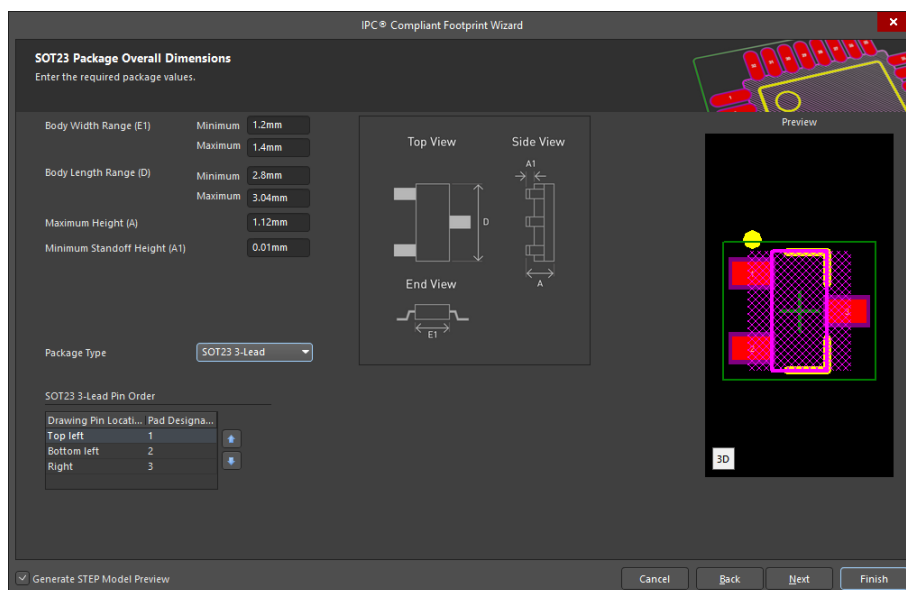
Az újonnan létrejött *Component_1* elemre kattintsunk duplán, ekkor megjelenik a jobb oldali *Properties* panel. Itt nevezzük át TC1047-re illetve írjuk ezt a *Comment* mezőbe is. A *Designator*-t állítsuk U?-re. Itt megadható egy rövid leírás a későbbi használathoz is. A panelon belül lejjebb görgetve adjunk hozzá három további paramétert az Add gombbal az 3. ábrán látható módon.



3. ábra – TC1047 elem beállításai

Néhány gyakori csatlakozó és szimbólum megtalálható az Altium által telepített könyvtárban is. Ez a nyilvános felhasználó dokumentumai közé települ, alapértelmezetten a következő helyre: *C:\Users\Public\Documents\Altium\AD20\Library*. Megnyitás után az *Extract Sources* gombra kattintva elérhető a projektünk mellett, és átmásolható a saját könyvtárunkba. Minden esetben ellenőrizzük, hogy megfelelő-e a lábak számozása, és beállítása a saját feladatunkra!

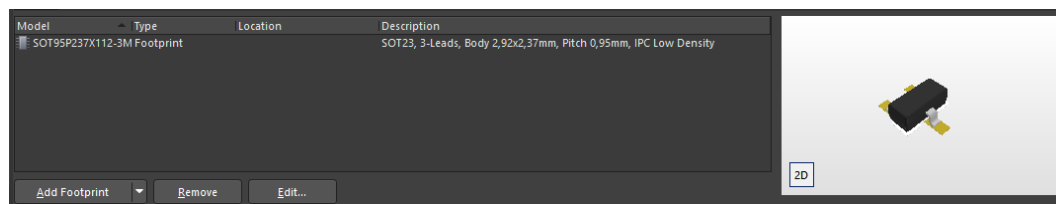
A szimbólumon kívül szükségünk van az alkatrész footprint-re is. Ehhez nyissuk meg a *hallglib.PchLib* fájlt a *Project* panelből, és válasszuk a *PCB Library* panelt. Itt nyissuk meg a *Tools->IPC Compilant Footprint Wizzard...* pontot. A varázsló és az adatlap segítségével gyorsan létre tudunk hozni különböző típusú áramköri elemeket. Jelen esetben válasszuk a *SOT23* pontot, majd az adatlap vagy a 4. ábra alapján töltsük ki a szükséges adatokat az első két lépésben.



4. ábra – TC1047 footprint generálása

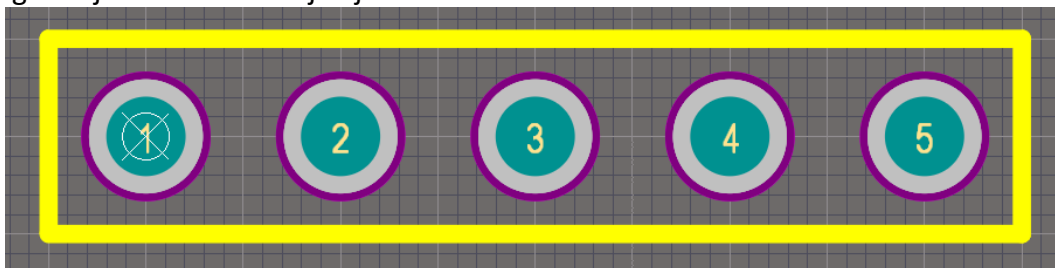
Érdemes a *Generate STEP Model Preview* opciót kiválasztani a szebb 3D modell generáláshoz. Kattintsunk a *Next* gombra egészen a *Solder Fillets* beállításig, ahol válasszuk a *Level A – Low density* pontot, így a generált padek könnyebben forraszthatóak kézzel. Ez után a *Finish* gombbal fejezzük be a varázslót, majd mentjük el a fájlt.

Menjünk vissza a *hallglib.SchLib* fájlba, és válasszuk a nemrég hozzáadott TC1047-es elemet. A képernyő alsó részénél válasszuk az *Add Footprint* gombot, majd a *Browse...* gomb segítségével válasszuk ki az újonnan létrejött footprintet, és az OK gombbal adjuk hozzá, mint új modellt (látsd 5. ábra). Mentjük el a fájlt.



5. ábra – Hozzárendelt modell a TC1047-es alkatrészhez

Csatlakozók, kapcsolók és egyéb speciális alkatrészek esetén a footprintet kézzel kell rajzolnunk. Ehhez a *PCB Library* panelon az *Add* gombot választva adhatunk hozzá új footprintet. Itt a *Place->Pad* segítségével helyezhető el pad. Amennyiben a rétegnek *Multi-Layer* opciót választunk, beállítható furatméret is. Az alkatrészek méretét a *Top Overlay* rétegen rajzolt vonallal tudjuk jelölni.

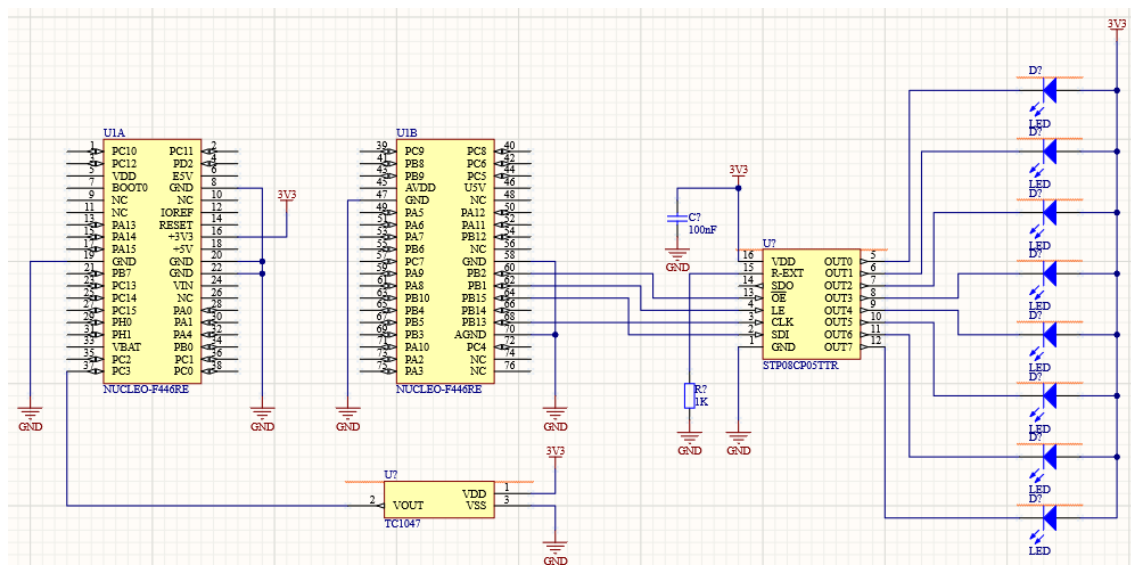


6. ábra – Példa egy egyszerű tűkesorra

Kapcsolási rajz készítése

Nyissuk meg a *Nucleo.SchDoc* fájlt. A fájlban már megtalálható a Nucleo kártya két csatlakozója. Alkatrészt lehelyezni a *Place->Part...* ponton belül, vagy kétszer megnyomva a **P** betűt tudunk. A *Components* panelban válasszuk a *hallglib.SchLib* fájlt, és tegyük le az új áramkört, nyolc darab LED-et, egy STP08DP05 LED meghajtó áramkört, illetve az ehhez szükséges további elemeket. Lehelyezés közben a **Space** gomb segítségével tudunk forgatni, az **X** és az **Y** segítségével a megfelelő tengelyek mentén tudunk tükrözni. Amennyiben egy alkatrésznek több footprintje is létezik, a *Properties* panelen belül a *Parameters* részből kiválasztva a *Footprint* elemet választhatunk másik modellt.

Táp és föld jelölést az eszköztárból kiválasztva tudunk gyorsan elhelyezni. Áramköröket összekötni a *Place->Wire* pontjával, vagy gyorsan a **P**, **W** gombok leütésével lehet. A vezeték törés irányát a **Space** gomb segítségével tudjuk változtatni. Egyes vezetékeket a *Net Label* segítségével tudunk elnevezni. A program az azonos nevű vezetékeket automatikusan összeköti. Szükség esetén további kapcsolási rajzokat is hozzáadhatunk a projekthez, ezek között összeköttetést a *Port*-ok jelentenek. Készítsük el az alábbi kapcsolást.



7. ábra – Elkészült kapcsolási rajz

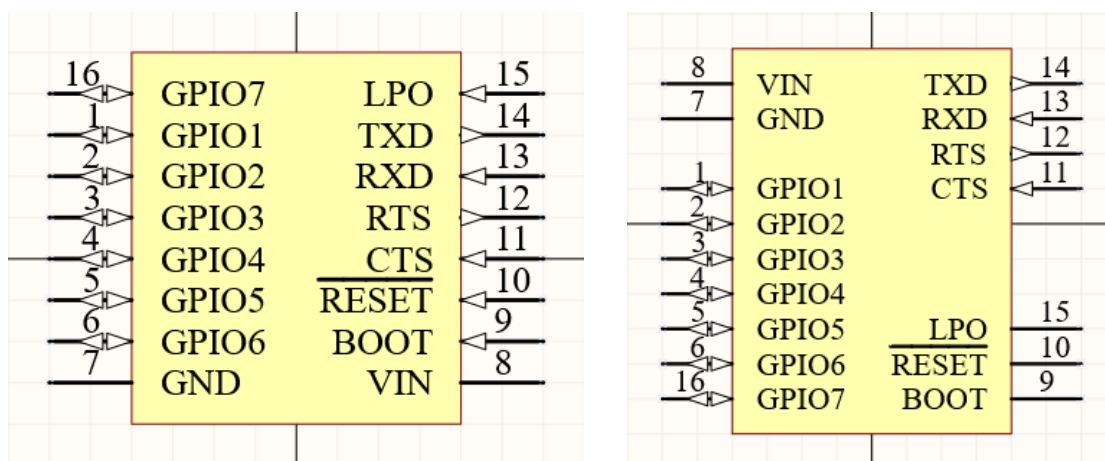
Amennyiben elkészültünk a kapcsolási rajzzal, a *Tools->Annotation->Annotate Schematics Quietly* pontot választva automatikusan elnevezhetjük az áramkörünk elemeit. A hibák ellenőrzéséhez a *Project->Validate PCB Project* pontot válasszuk ki, és javítsuk az esetleges hibákat.

Kapcsolási rajz hozzáadása

Kapcsolási rajz tervezésekor igen hamar érezhetjük úgy, hogy elfogy a hely a lapon. Ilyenkor kézenfekvő lenne a lap méretének növelése, ugyanakkor így már a kapcsolásunk túlszűfolt lesz, és igen nehezen követhető a tervező szándéka. Ebben az esetben érdemes inkább új lapokkal bővíteni a dokumentumot.

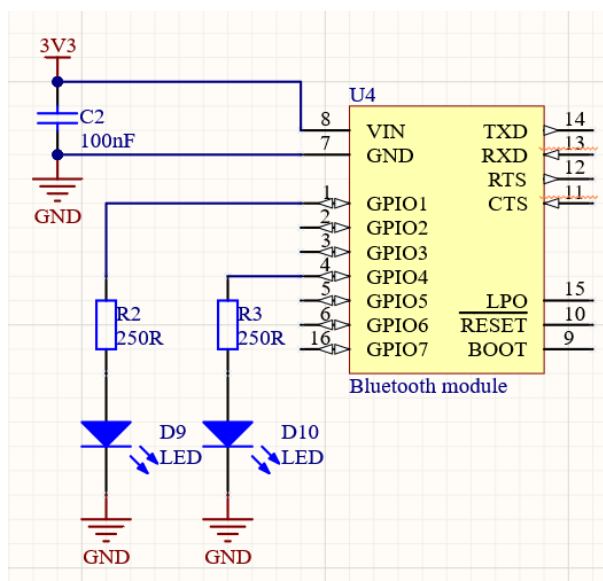
Az áramkört érdemes funkcionális egységeként külön csoportosítani, és ezeket a részeket külön lapra helyezni. Egy beágyazott rendszernél tipikusan ilyen az áramkör tápellátása, a mikrokontroller és a hozzá szükséges illesztő áramköri elemek, csatlakozók és be- kimeneti védelmek, illetve egyéb IC-k. Fontos megjegyezni, hogy a túlzott részekre bontás is ronthatja az átláthatóságot, például egyetlen csatlakozót nem érdemes külön elhelyezni, még ha logikailag külön egységet is alkot.

Adjunk hozzá a kapcsolásunkhoz egy új lapot a *Project->Add New to Project->Schematic* ponttal, majd mentjük el *Bluetooth.SchDoc* néven. Adjunk hozzá egy SPBT2632C2A típusú bluetooth modult. Látható, hogy a szimbólum lábainak sorrendje nem éppen kézenfekvő, így nyissuk meg a hallglib.SchLib könyvtárat és keressük ki a modult. Állítsuk át az LPO, RESET és BOOT lábakat *Passive* típusra, ezt kijelölve a *Properties* panelban, vagy duplán kattintva a megjelenő ablakban tehetjük meg. Ezt megtehetjük, mivel a modulon belül ezek be vannak kötve, viszont itt az Altiumon belül nekünk hibát jelezne. Illetve csoportosítsuk át a lábakat egy kényelmesebb elrendezésbe a 8. ábrán látható módon.



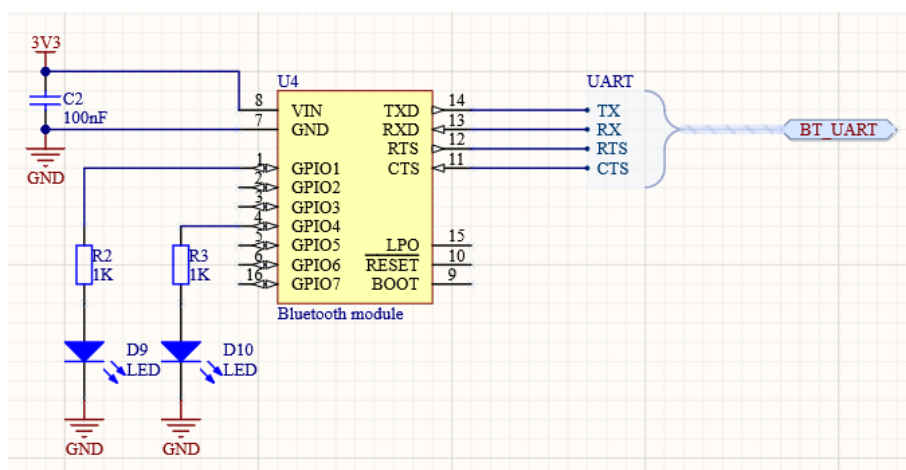
8. ábra – STBT2632C2A modul eredeti elrendezése (bal), módosított nézete (jobb)

Figyeljünk rá, hogy a lábak számozása ne változzon! A módosítás után mentjük el a könyvtárat. Észrevehetjük, hogy a kapcsolási rajzon nem módosult a szimbólum nézete. A frissítést nekünk kell elvégezni, amit két módon is megtehetünk. Az egyik, hogy a *SCH Library* nézetben az alkatrészre jobb gombbal kattintva az *Update Schematic Sheets* pontot választjuk. A másik megoldás, hogy visszatérve a kapcsolási rajzhoz a *Tools->Update From Libraries...* pontot választjuk, ahol részletesebb módon is megtehetjük ezt. Helyezzük el a hozzá tartozó plusz áramköri elemeket a 9. ábrán látható módon, majd végezzük el az alkatrészek automatikus elnevezését.



9. ábra – Bluetooth modul bekötése

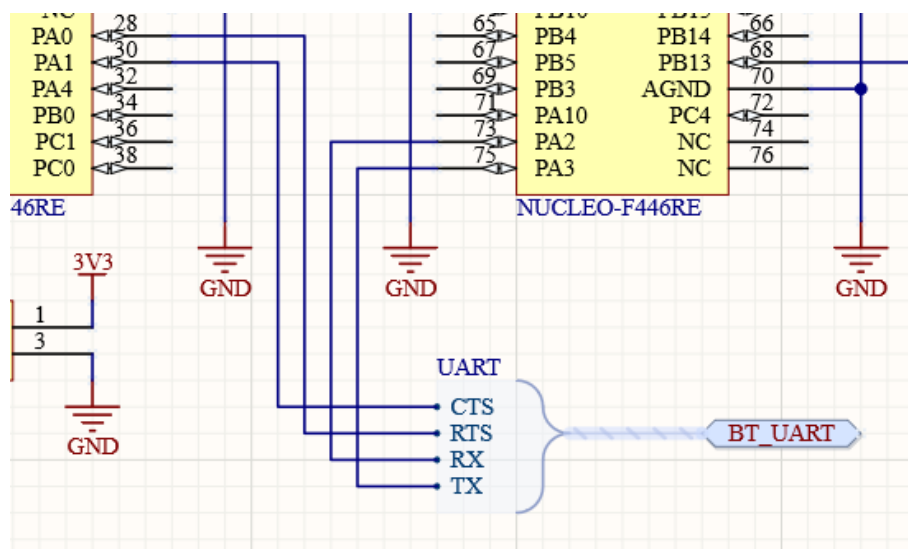
Míg az egyes lapokon belül az azonos nevű vezetékeket, amit a *Place->Net Label* paranccsal nevezhetünk el, a program automatikusan összeköti, addig a lapok között a Portok és táp jelölések jelentik a kapcsolatot. Látható, hogy a modul UART segítségével tud kommunikálni a mikrokontrollerrel, és a példa kedvéért szeretnénk a Flow Control (CTS, RTS) lábakat is használni. Lapok közötti összeköttetést Portok segítségével érhetünk el, viszont, ha két lap között sok vezeték közlekedik, érdemes a logikailag egybe tartozó vezetékeket csoportosítani. Ehhez használjuk az Altium *Harness* funkcióját. Válasszuk a *Tools->Harness->Harness Connector* opciót és tegyünk le egy ilyet elemet, nevezzük egy UART-nak. Helyezzünk el megfelelő *Harness Entry*-ket, majd tegyünk le egy *Port* elemet BT_UART néven (*Place->Port*), és kössük össze *Signal Harness* segítségével. Látható, hogy az összekötés után automatikusan megváltozik a port színe. Az eredmény a 10. ábrán látható.



10. ábra – Harness elhelyezése

Az elkészült port másolásával, esetleg egy új lehelyezésével és ugyan annak a névnek a megadásával a két portot a rendszer automatikusan összeköti. Viszont ekkor még a *Harness* részt ki kell bontani, de erre létezik gyorsabb megoldás. Váltunk át a *Nucelo.SchDoc* fájlra és válasszuk a *Place->Harness->Predefined Harness Connector* lehetőséget, a megjelenő ablakban pedig az UART típusú Harness-t, és állítsuk be a nevét BT_UART-nak. Ekkor egy

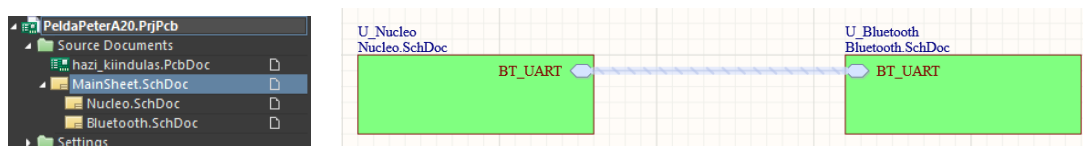
lépésben automatikusan lehelyezhető a *Port* és a *Harness* kibontása. Kössük be a kontrollerre a megfelelő lábakat, az eredményt a ábrán látjuk.



11. ábra – Harness bekötése a mikrokontrollerbe

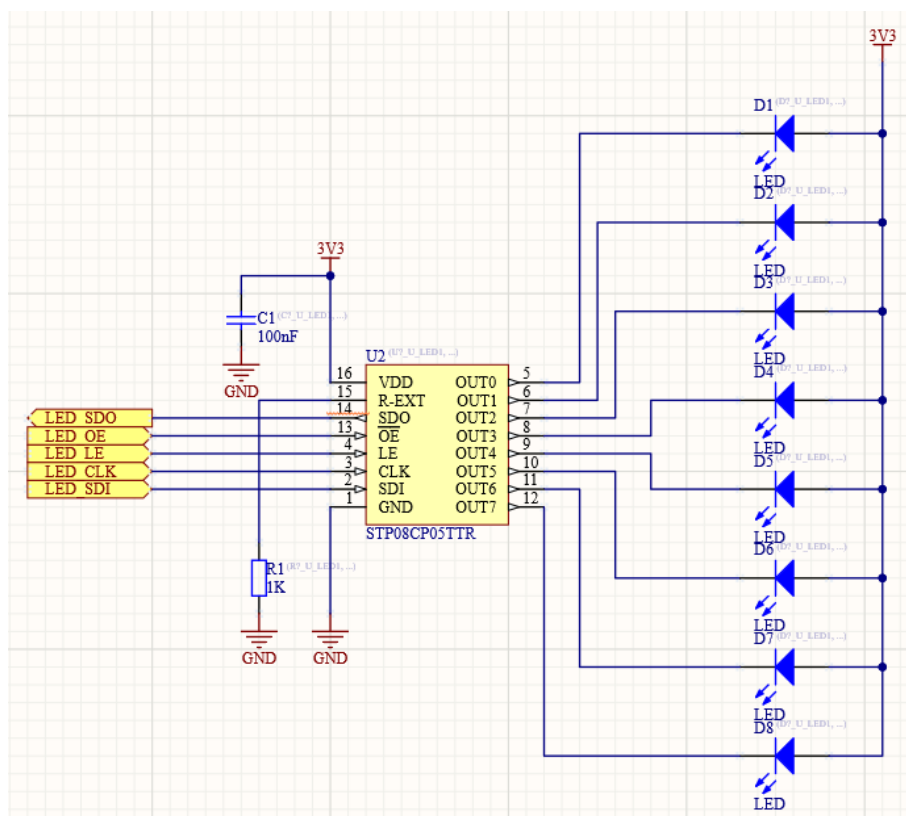
Kapcsolási rajzok rendezése

Elvégezve az áramkör ellenőrzését (*Project->Validate PCB*) megbizonyosodhatunk róla, hogy az azonos nevű portokat az áramkör összeköti. Viszont sok számú lap és port esetén nehéz eligazodni közöttük. Ilyenkor érdemes egy összefoglaló blokkvázlat szerű lapot elkészíteni. Adjuk hozzá egy új kapcsolási rajzot az áramkörhöz *MainSheet.SchDoc* néven. Kapcsolási rajzra utaló áramköri elemet (*Sheet Symbol*) a *Place* menüben adhatunk hozzá a dokumentumhoz, viszont ilyenkor nekünk kell lehelyezni a megfelelő portokat is. A kapcsolási rajzon jobb gombbal elérhető a *Sheet Actions->Create Sheet Symbol From Sheet* opció, ahol hozzáadható a többi kapcsolási rajz. Tegyük meg ezt mindkét lappal, és kössük össze őket. A lapon belüli portokat a kényelmesebb használat miatt áthelyezhetjük, akár át is nevezhetjük.



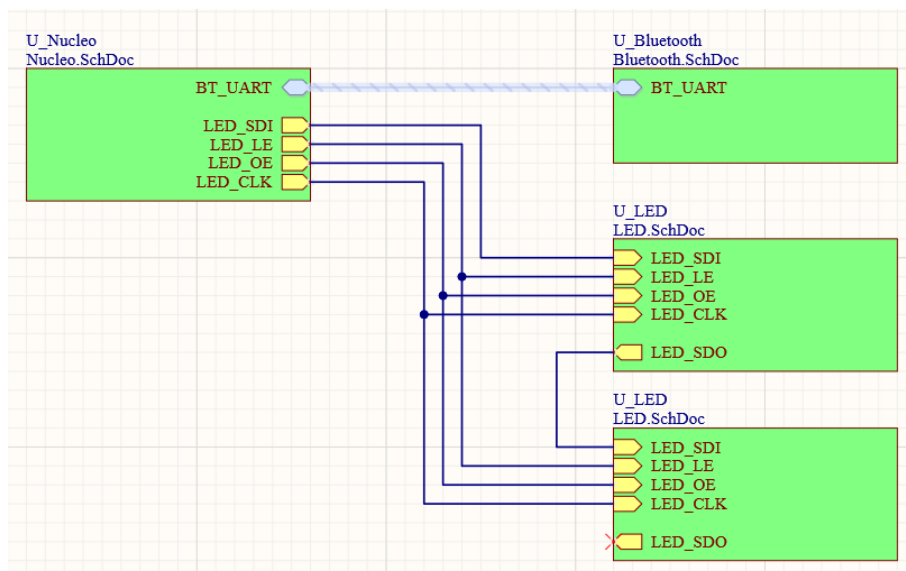
12. ábra – Sheet Symbol elhelyezése (jobb) és a kapcsolási rajzok hierarchikus nézete (bal)

A fenti megoldás abban az esetben is segítséget nyújt, ha az áramkör egy részlete ismétlődik. Tegyük fel, hogy ki szeretnénk egészíteni a kijelzőt újabb 8db LED segítségével. Helyezzük át a kapcsolásunkat egy új lapra, amit nevezzünk *LED.SchDoc* néven. Neveztessük el újra automatikusan az elemeket, majd a kontrollerhez kapcsolódó vezetékeket tegyük külön portokra a 13. ábrán látható módon. Helyezzük el a portokat a kontroller oldalán is az LED_SDO kivételével.



13. ábra – LED.SchDoc kapcsolása

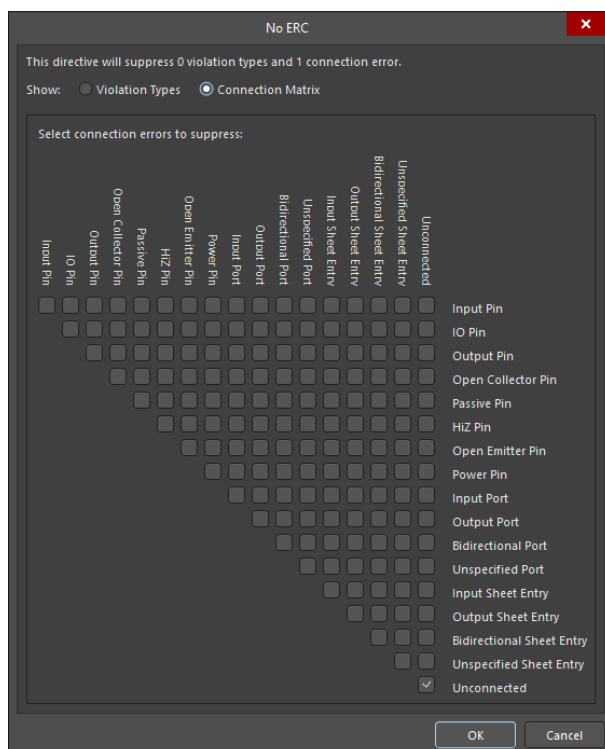
Helyezzük le az új kapcsolási rajzot kétszer a *MainSheet* lapon. Látható, hogy a *Nucleo*-hoz tartozó portok nem frissültek, ezt a szimbólumra jobb gombbal kattintva *Sheet Symbol Actions->Synchronize Sheet Entries and Ports* ponton tudjuk hozzáadni. Kössük össze a lapokat a 14. ábrán látható módon.



14. ábra – MainSheet a LED-ek hozzáadása után

Egy ellenőrzés után a program figyelmeztet a be nem kötött második LED_SDO lábra. Mivel ez nem fog gondot okozni, válasszuk a *Place->Directives->Generic No ERC* pontot, és helyezzünk le egy piros X-et a megfelelő lábra a *MainSheet*-en. A jelölés beállításainál a *Properties* panelon válasszuk a *Specific Violations* pontot, majd az *Add* gombra kattintva

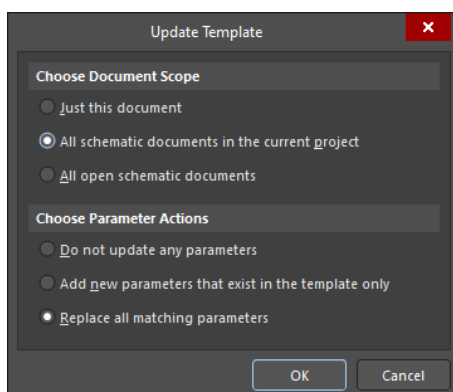
állítsuk be a *Connection Matrix*on az *Unconnected* opciót. Így csak azt a hibát rejti el a program, amiről tudomásunk van.



15. ábra – No ERC jelölés beállítása

Kapcsolási rajz sablon

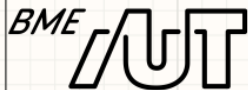
A kapcsolási rajzokat dokumentálás céljából érdemes címmel ellátni, illetve egyéb hasznos információkat megjeleníteni rajta. Ehhez ajánlott használni a mellékelt kapcsolási rajz sablont. A *Design->Templates->Project Templates->Choose a File...* pontot megnyitva, válasszuk a kiindulási projektben található *A4-AUT.SchDoc* fájlt. A *Choose Document Scope* pontban válasszuk az *All schematic documents in the current project* pontot, és a *Choose Parameter Actions* közül a *Replace all matching paramters* pontot.



16. ábra – Kapcsolási rajz sablon alkalmazása

Látható, hogy az összes kapcsolási rajzunk megváltozott és a jobb alsó sarok felvette az alapértelmezett értékeket. A lapon megjelenő mezőket a dokumentum paramétereit között tudjuk állítani a *Properties* panelon a *Parameters* fülön belül. Számunkra a *Title*, az *Author*, az

Organization és a *Revision* mezők érdekesek. Utóbbit használhatjuk a házi feladat számának jelölésére. A *Number* és *Sheet* mezők automatikus beállításához nyissuk meg a *Tools->Annotation->NumberSheets* pontot. Itt érdemes a *MainSheet* lapot az első helyre állítani a *Move Up* gombbal, majd az *Auto Sheet Number*, az *Auto Document Number* és az *Update Sheet Count* gombokkal generálni az értékeket. Az ablak bezárása után látható, hogy az értékek frissültek.

Title	Bluetooth Temperature Sensor			Pelda Peter	
Size:	A4	Number:	1	Revision:	A20
Date:	2020. 03. 21.	Time:	18:19:55	Sheet	1 of 4

17. ábra – Kitöltött kapcsolási rajz paraméterek

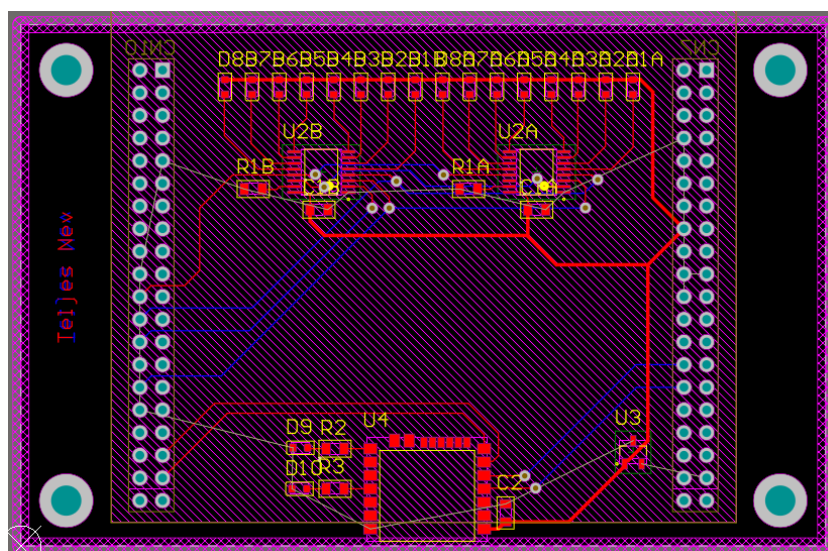
Az áramkörünk már majdnem készen van, még néhány apróság beállítása szükséges. Az egyik, hogy a *LED.SchDoc* többszörös elhelyezése miatt igen hosszú neveket generál a program. Ehhez nyissuk meg a *Project->Project Options...* ablakot, és keressük ki a *Multi-Channel* fület. A *Designator Format* pontban válasszuk ki a *\$Component\$ChannelAlpha* értéket. Továbbá a *Class Generation* fülön a *Generate Rooms* oszlopnál vegyük ki a pipákat az egyes kapcsolási rajzoknál. Az ablak bezárása után validáljuk újra a projektet.

NYÁK tervezése

Nyissuk meg a *hazi_kiindulas.PcbDoc* fájlt a *Project* panelből. Látható, hogy a Nucleo kártya már megtalálható az áramkörön, valamint a kártya mérete és néhány furat a rögzítéshez is el előre el lett helyezve. A kártya lefelé néz, így célszerű az alkatrészeket a felső rétegre (*Top Layer*) pakolni. A kapcsolási rajz alkatrészeinek importálásához válasszuk a *Design->Import Changes From...* menüpontot. Amennyiben a program hibát jelez az alkatrészek összekötésével kapcsolatban, válasszuk az automatikus összerendelést, ha továbbra is kézi összerendelést igényel, állítsuk be a *U_Nucleo->Component U1* és a *Nucleo->U1* összerendelést. Az ez után megjelenő ablakban *Validate Changes* és az *Execute Changes* gombok segítségével elhelyezhetjük az új alkatrészeket is. Kilépve az ablakból láthatóak az új alkatrészek. Helyezzük el ezeket az áramkörön. Forgatáshoz használjuk a **Space** billentyűt. Amennyiben szükséges alkatrészt az **L** betű segítségével tudunk az alsó rétegre helyezni. Az alkatrészek a rácspontokba ugranak mozgatás közben. A rácst a **G** betű segítségével tudjuk módosítani. Az aktuális pozíciót a bal felső sarokban mutatja a program, a mértékegységet a **Q** betű leütésével lehet váltani. Amennyiben **Ctrl** lenyomása közben egy pad-re kattintunk, az adott vezetékhez tartozó alkatrész lábak kiemelődnek. Megszüntetni hasonlóan lehet, kattintsunk egy szabad területre a **Ctrl** lenyomása közben.

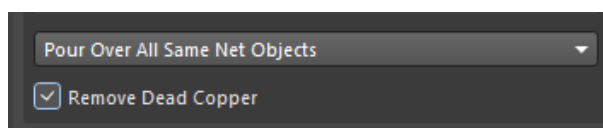
A diódák egységes elrendezéséhez helyezzük el őket egymás mellé, nem törődve a pontos pozícióval. Jelöljük ki őket, és a jobb gomb után az *Align->Align Top* segítségével a legmagasabban lévő alkatrészhez tudjuk őket igazítani. Az *Align->Distribute Horizontally* segítségével pedig el tudjuk őket helyezni a két legszélső között egyenletesen.

A huzalozáshoz válasszuk a *Place->Track* pontot, vagy a **P**, **T** gombokat üssük le. Vezeték húzás közben a vezeték szélességét a **Shift+W** kombinációval lehet váltani. Áttérni másik rétegre a **Numpad*** gombjával, vagy a **Ctrl+Shift+görgő** segítségével lehet. Huzalozáshoz nyomjuk le a **Shift+S** gombokat, így csak az adott rétegen található vezetékeket fogjuk látni. Visszatérni az eredeti nézetbe a **Shift+S** ismételt leütésével lehet. Helyezzük el az alkatrészeket, és a GND vezeték kivételével huzalozzuk be az ábrán látható módon.



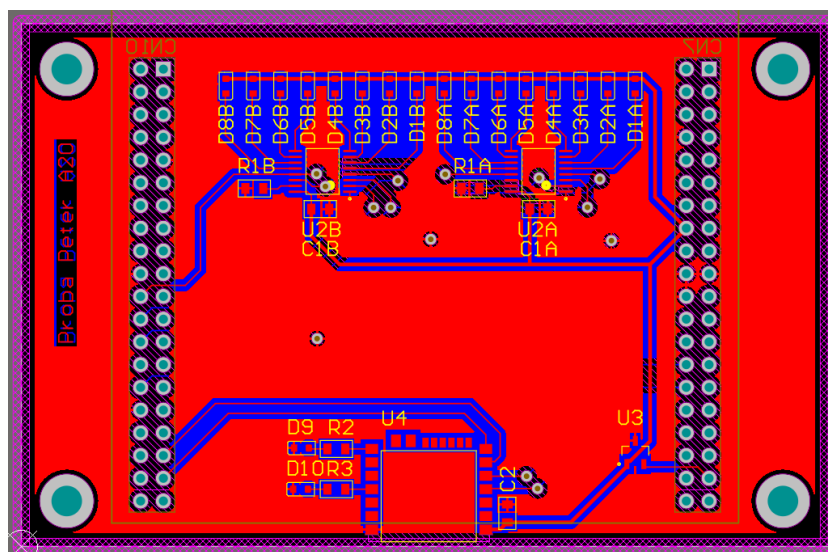
18. ábra – Alaktrészek elhelyezése és huzalozása

A GND bekötéséhez helyezzünk le földkitöltést (*Place->Polygon Pour...*). A *Properties* ablakon belül állítsuk be a GND vezetéket. Hogy minden vezetéket összekössön, válasszuk a *Pour Over All Same Net Objects* opciót, és pipáljuk be a *Remove Dead Copper* opciót is. Ez utóbbi hatására a program eltávolítja az össze nem kötött részeket. Helyezzünk el kitöltést mindkét rétegen. A kialakuló szigeteket viák lehelyezésével (*Place->Via*) tudjuk megszüntetni. Kitöltést újra kiszámítani a *Tools->Polygon Pours->Repour...* opciók egyikével lehet.



19. ábra – Földkitöltés beállítása

Írjuk át a nevünket a NYÁK oldalán található feliratban. További feliratot a *Place->String* pontban tudunk elhelyezni. Szükség esetén a NYÁK méretét a *View->Board Planning Mode* nézetben a *Design->Edit Board Shape* tudjuk szerkeszteni. Módosítás esetén figyeljünk, hogy az áramkör szélét jelző vonalakat is módosítsuk. Erre gyors megoldás a *Design->Board Shape->Create Primitives From Board Shape* menüpont.



20. ábra – Elkészült NYÁK-terv

Gyártó fájlok generálása

Az alkatrész lista generálásához szükség van a megfelelő táblázat sablonra. Ehhez másoljuk a *hallglib.xlsx* fájlt a *hazi_kiindulas* mappába. Továbbá meg kell adni az egyes elemek paramétereit is. Nyissuk meg a kapcsolási rajzot (*Nucleo.SchDoc*) és az alkatrészek paramétereinél (*Properties* panel) állítsuk be a *Supplier* (Lomex, Farnell, stb.), a *Reference* (rendelési kód) értékeket és a *Name* (alkatrész megnevezése) értékeket. A példa esetén a következőket

Designator	Supplier	Reference	Name
D1-D10	Lomex	95-03-53	2012 GREEN 505nm 300mcd KPT-2012WG1C (KIN)
R1-R3	Lomex	81-34-72	1K00 0805 5% RC0805JR-101KL 0.125W (YAG)
C1, C2	Lomex	82-10-76	100nF 0805 10% 50V X7R 0805B104K500CT (WAL)
U2	Farnell	2806853	STP08CP05XTTR - LED Driver, 8 Bit
U3	Farnell	1557425	TC1047VNBTR - Temperature Sensor IC
U4	Farnell	2428785	SPBT2632C2A.AT2 - BLUETOOTH MODULE, CLASS 2

1. táblázat – Áramköri elemek paramétereit

Nyissuk meg a Project panelből a *hallglib.OutJob* fájlt. A jobb oldali *Output Containers* részen látható, milyen fájlokat tudunk gyorsan létrehozni. Kiválasztva a *PDF* generálást, menjünk a *Generate content* pontra. Ekkor a projekt könyvtárban megjelent egy PDF mappa, amin belül megtalálható a generált kapcsolási és beültetési rajz is.

Mivel a beültetési rajz a felirat rétegekből generálódik, így érdemes a *Top* és *Bottom Overlay* rétegeken található (sárga) feliratok pozícionálása. Ez nagyban segíti a beültetést, és igényesebb munka képét adja. A feliratok elhelyezéséhez válasszuk ki a *Top Overlay* réteget az alsó sávból, és jelöljük ki az egyik alkatrészhez tartozó feliratot. A *Properties* panelon belül beállíthatjuk az elforgatást, és az automatikus felirat elhelyezést is (*Autoposition*), de manuálisan is mozgathatjuk őket. A végleges áramköri terven érdemes plusz feliratokat is elhelyezni, például nyomógombok nevei, csatlakozók első lábát jelölő pontok stb.

A gerber fájlok generálásához válasszuk a Gerbers pontot a *hallglib.OutJob* fájlban. A létrejött fájlok a Gerbers mappába kerülnek. A gyártáshoz tömörítsük be a *GTS*, *GTL*, *GBL*, *GBS*, *GM1* kiterjesztésű fájlokat és a projekt nevével megegyező *TXT* fájlt. Az elkészült *ZIP*-et ellenőrizzük le a *Gerber Logix* programmal. Alkatrész listát a BOM opció segítségével tudunk generálni. Amennyiben szükséges további elemeket kézzel hozzáadhatunk. A darabszámokat beadás előtt ellenőrizzük!