

Tervezési szabályok és tanácsok

A Mikrokontroller laboratórium c. tárgy
önállóan megoldandó házi feladatához

Ez a dokumentum a Mikrokontroller laboratórium c. tantárgy hallgatóinak kiadott házi feladat megoldásához kíván segítséget nyújtani. A házi feladattal kapcsolatos konzultációkon felmerült, többeket is érintő problémákat, megoldási javaslatokat igyekszünk itt folyamatosan közzétenni. Egyes tanácsoknál dőlt betűvel a labor korábbi hallgatóinak saját szavait is idézzük.

A gyors beszerezhetőség, az elviselhető anyagárak és a gyors megépíthetőség érdekében kérünk minden hallgatót a dokumentumban részletezett szabályok betartására!

1. Alkatrészek kiválasztása

1.1. Szabályok

Az egyes feladatok általában tartalmazzák a nagyobb integráltságú eszközök javasolt típusait. A nem túl speciális elektronikus egységek lehetséges beszerzési forrásai – ahol érdemes különböző alkatrésztípusok után keresni – az alábbiak:

- | | |
|-----------------|---|
| 1. Lomex Kft: | http://www.lomex.hu |
| 2. RET Kft: | http://www.retelektronika.hu |
| 3. Chipcad Kft: | http://www.chipcad.hu |
| 4. Farnell: | http://hu.farnell.com |
| | (itt az elérhetőséget a www.fdh.hu oldalon ellenőrizzük!) |
| 5. Hestore | http://www.hestore.hu |

- Kérjük az alkatrészek kiválasztásánál a fenti sorrendet vegyük figyelembe, tehát a leginkább preferált beszerzési forrás a Lomex Kft!
- Amennyiben a feladatnál meg van jelölve egy javasolt eszközre a beszerzési forrás, és esetleg a pontos rendelési kód is, akkor használjuk ezt!
- Az említett szaküzletek raktárkészletei többnyire online lekérdezhetők internetes oldalainkon keresztül. Okvetlenül ellenőrizzük a házi feladat megoldásához kiválasztott alkatrész beszerezhetőségét, kérdéses esetben konzultáló kollégáink segítenek!
- A rendeléseket a honlapról letölthető alkatrész rendelési mintafájlban összegezzük, és megfelelően átnevezve és a határidőket betartva küldjük el Varga Dánielnek (varga.daniel@aut.bme.hu). Csodákra nem vagyunk képesek, csak azonnal szállítható alkatrészeket tudunk ilyen rövid idő alatt beszerezni!
- A rendelési excel mintafájl első oldala tartalmazza a tanszéken rendelkezésre álló alkatrészek listáját:
 - 0805-ös felületszerelt ellenállások
 - 0805-ös felületszerelt kerámia kondenzátorok

- Tüskesor
- Hüvelysor
- Tápcsatlakozó
- Különböző színű LED-ek

A fenti elemeket **kötelező** innen választani, ezek mennyiségét az első lapon jelöljük a darabszám oszlopban! Ne **akarjuk a fenti kategóriákat máshonnan beszerezni és más méretben!** Amennyiben mégis szükségünk van speciális alkatrészekre (pl. extrém kis ellenállás, nagy teljesítményű ellenállás, stb.), akkor azt egyeztessük konzulensünkkel!

- Bármilyen más alkatrész a beszerzését a többi lapon jelöljük!
- A fejlesztőkithez **a hüvelysorokat beszerezzük**, így azt külön nem kell jelölni a rendelésben!

2. Kapcsolási rajz

A tárgy honlapján közzéteszünk több, a tervezést segítő fájlt.

2.1. Szabályok

- Tápfeszültség szűrésre integrált áramkörönként 100 nF-os kerámia kondenzátort használjunk!
- Az elkészítendő kapcsolások tápfeszültség igényét szolgáltathatja – csatlakoztatott debug USB esetén – a kit tápegysége (3.3V / max. 100 mA), saját tápegység kapcsolás vagy külső tápegység (amennyiben 5V, 10V, 15V vagy 24V szükséges a működtetéshez). Amennyiben a debugger USB csatlakoztatva van, akkor az 5V-os tápfeszültség is elérhető a kit lábain, de ennek is csak 100 mA a terhelhetősége, és a 3,3V-os és az 5V-os tápfeszültség összes áramfelvétele nem haladhatja meg a 100 mA-t!
- 24V-nál nagyobb feszültséget ne használjunk az alkalmazott kapcsolásban! Szükség esetén tápegységet biztosítunk a hardverhez (5V, 2A kapcsolóüzemű tápegység, Lomex 24-00-62). Ennek szükségességét mindenképpen **jelöljük** a rendelési mintafájl első oldalán!

2.2. Tanácsok

- Közzéteszünk egy *schlib* és egy *pcblib* fájlt, amelyben a mérésen megismert alkatrészekon kívül sok előre elkészített *part*-ot és *footprint*-et találunk. Ezeket felhasználhatjuk a tervezés során, miután **ellenőriztük** őket!
- Jumpereknél a jumper két végéhez kötődő vezetékeket máshogy kell elnevezni: pl. ha a jumper a VDD vezetékét szakítja meg, akkor ne VDD-nek hívjuk a vezeték mindkét oldalán, mert ez nyilvánvalóan hibás összeköttetést okoz!
- Amikor kiválasztjuk a shift regisztereket, buffer áramköröket, illetve egyéb perifériákat, fontos szem előtt tartani a szintillesztést! Figyeljünk arra, hogy a választott eszköz (pl. 244-es buffer áramkör) V_{IH} szintje ne legyen magasabb a kontroller által kiadható maximális jelszintnél (3,3V). Tipikusan rossz választás pl. a 74HCXXX, hiszen ha 5V-os tápfeszültségről járattuk, akkor a V_{IH} szint $0,7 \cdot V_{CC} = 3,5V$. Ilyenkor a TTL jelszint kompatibilis CMOS áramkör választása a megfelelő: 74HCTXXX. Amennyiben a perifériánk 5V-os, és nem TTL jelszint kompatibilis, szintát helyező áramkör szükséges

(pl. 74HCT244). Kérdés esetén a választást minden esetben beszéljük meg a konzulenssel!

3. Nyomtatott áramkör

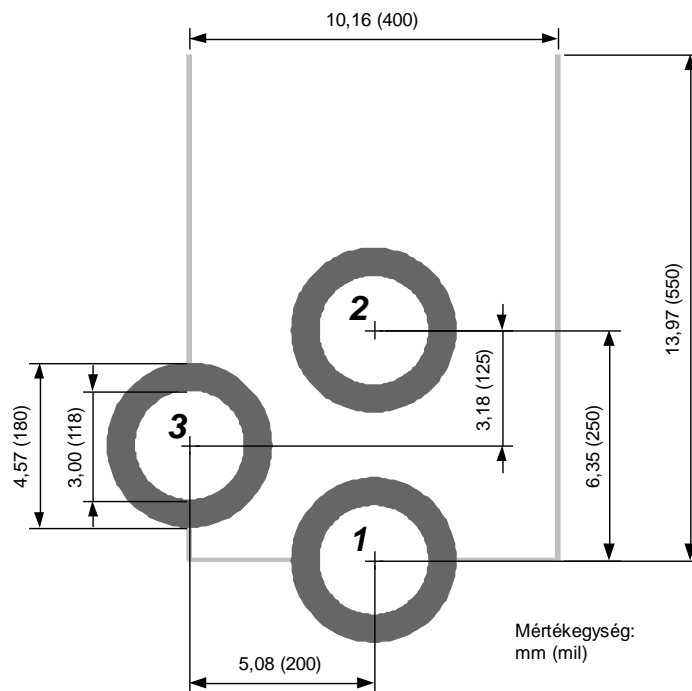
3.1. Szabályok

- A „hazi_kiindulas.PcbDoc” fájl egy kiindulási nyákot tartalmaz rögzítőfuratokkal, valamint egy megfelelően pozicionált kit-tel. A kit a bottom oldalon van elhelyezve, – ahogy a valóságban is lesz – ezért a top rétegre helyezzük az alkatrészeket. Ehhez a footprinthez tartozó furatok a kit csatlakoztatásához szükséges hüvelysor lábaihoz készültek, tehát nem szükséges plusz alkatrészeket elhelyeznünk a kit csatlakoztatásához. Az elrendezést 3D módban ellenőrizhetjük (3-as gomb az Altiumban).
- Az alapnyák méretét lehetőleg ne haladjuk meg. Ha mégis szükséges bővíteni, akkor azt a kit hosszirányába tegyük, és a hossz ne haladja meg a kit hosszát, tehát a maximális nyákméret 83,82 x 97 mm! A rögzítőfuratokat csak hosszirányban mozdítsuk el, ne kerüljenek közelebb a kithoz!
- Forrasztásgátló lakkal ellátott nyomtatott áramköröket tervezzünk szitaréteg nélkül!
- **Technológiai korlátok:**
 - A minimális vonalvastagság 10 mil,
 - A minimális szigetelési távolság max. 20 mm-es hosszon 8 mil, egyébként 10 mil
 - Bármilyen objektum (tehát vezetékek is) távolsága rézkiöntésektől 20 mil
 - A minimális furatméret (via) 0.7 mm (28 mil)
 - Via rézgűrű minimális átmérője = furatméret + 0.33 mm
 - Nagyobb áramok esetén vastagabb vonalak szükségesek: durva ökölszabályként a min. 1 mm (80 mil) / 1 A szabályt alkalmazzuk!
- Legyen egyértelmű kerete (board) a kártyának a soldermask top rétegen! Ennek a vonalnak a vastagsága legyen min. 10 mil, de a vágást a vonal közepénél fogják elvégezni.
- A top és a bottom rétegen helyezzünk el olvasható nevet rézből!
- Ne legyen tükrözve egyetlen réteg sem (no mirroring)!
- A forrasztásgátló maszkon a padek 0,2 mm-rel (8 mil-lel) legyenek nagyobbak mint a top, bottom rétegen a rezezés. Ez egyébként az Altium Designerben alapértelmezésként be van állítva, de a gerberfájlok átvételénél mindenképp ellenőrizni fogjuk!

3.2. Tanácsok

- Nem szabad az Altium, vagy bármely tervezőprogram alapértelmezett footprint-jeit használni, mert a pad-ek általában kisebbek, mint kellene (mivel nem kézi forrasztáshoz készítették őket), ezen kívül az alapértelmezett footprintekhez általában nincs megrajzolva minden réteg. Viszont kiindulási alapnak használhatóak, csak a hibás paramétereket át kell állítani.
- Érdemes jóval nagyobb pad-eket tervezni, mivel kézi forrasztással dolgozunk, hely kell a pákának. Tehát adott alkatrész pad-je lógjon túl mind "kifelé", mind pedig az alkatrész hasa alá (+néhány tized mm).

- Figyeljünk a furatok átmérőjére: szögletes keresztmetszetű lábaknál gondoljunk a „gyököttőre”, így adódik a névleges átmérő (d).
- Vegyük figyelembe a furatfémezés hatását, valamint hogy kényelmesen beférjen a furatba az alkatrészláb: $\text{drill_size} = d + 0.3 \text{ mm}$.
- A rézgyűrű átmérő a furat körül = $\text{drill_size} + 0.5 \text{ mm}$.
- A solder_mask = rézgyűrű átmérő + 0.2 mm. Ez csak akkor szükséges, ha az automatikus túlméretezés nincs beállítva. Altiumban szerencsére van ilyen funkció (*Design -> Rules -> Mask -> Solder Mask Expansion*).
- Amennyiben külső tápegység szükséges, az egyik lehetséges nyákba ültetendő csatlakozó típusa: TÁP DC ANYA 5.5/2.1 DCS-5521-5 NYÁK 90° (forrás: LOMEX webáruház, cikkszám: 43-07-67). A csatlakozóhoz javasolt nyomtatott áramköri rajzolat (footprint) méreteit a 2. ábra mutatja. Ezen jelöltük a lábkiosztást is. Az 1-es láb a melegpont (a belső „pöcök”), a 2-es, 3-as láb a hidegpont. A csatlakozó rajzeleme és footprintje megtalálható a kiadott alkatrészkönyvtárakban, de használhatunk természetesen más csatlakozót is.



2. ábra – A tápcsatlakozó footprintje

- Egy-egy chipnek általában több tokozása van, ezek mind rajta vannak az adatlapon. Azt rendeljük meg, amellyel tervezünk, és azzal tervezzük, amelyik kapható!
„A legyártott nyákra akartam felforrasztani a flasht, amikor kiderült, hogy még annál is szélesebb a tokozása, mint amit én gondoltam (egészen pontosan négyzetes). Annak ellenére, hogy a pad-eket nagyon nagy ráhagyással terveztem, és hogy teljesen behajtottam a lábakat, alig sikerült felforrasztani a chipet.”
- Nagy áramfelvételű kapcsolásban (pl. sok LED, sok hétszégmenses kijelző) érdemes a feszültségelosztó/szabályozó (LM7805, LM2937) alkatrészt hűtőbordával ellátni, és a hűtőbordát is beleszámítani a nyáktervezésbe, mert sokszorosára növeli az alkatrész méretét.

4. Gerber fájlok

4.1. Szabályok

- Az alábbi gerberfájlok szükségesek a gyártáshoz:
 - Top Solder
 - Bottom Solder
 - Top Layer
 - Bottom Layer
 - NC Drill file (.txt)
- A fájlok alapértelmezett kiterjesztése (GTS, GBS, GTL, GBL) megfelelő, viszont fontos, hogy **NE A DRL** fájlt mellékeljük fűrófájként, hanem a TXT kiterjesztésűt!
- Az Altium Designer alapértelmezett beállításai megfelelőek. Amennyiben más tervezőprogramot használunk, az alábbi beállításokkal éljünk:
 - RS-274-X formátum
 - Units: inches
 - Format: 2 leading, 5 trailing digits (2:5)
 - Suppress leading zeros
 - Reference to relative origin

4.2. Tanácsok

- Leadás előtt mindenképpen ellenőrizzük külső gerbervizsgáló programmal a gerber fájljainkat. Mi is ezt fogjuk tenni, amikor az átvételkor ellenőrizzük őket. Javasolt program: GerberLogix (http://www.easylogix.de/products_detail.php?prog_id=1)

5. Programozás, élesztés

5.1. Szabályok

- Amennyiben a beültetés után valamiért nem sikerül életet lehelnünk a hardverünkbe, lehetőség van bemérési időpontok foglalására, így lehetőségünk nyílik a tanszéki laboratórium teljes műszerparkjának használatára, illetve munkánkat két felügyelő is segíti, ha elakadnánk. A foglalási oldalak linkjei megtalálhatóak a labor honlapján: <https://www.aut.bme.hu/Course/VIAUA351>

5.2. Tanácsok

- A Labor1 és Labor2 teljesítése ellenére bátran kérjünk meg valakit, hogy segítsen az oszcilloszkóp beállításában!
„Oszcilloszkópon próbáltam megfigyelni az SPI-kommunikációt, ehhez beállítottam a trigger az órajelre, de soha nem találtam semmilyen értelmes adatot. Később kiderült, hogy nem a kommunikáció, hanem az oszcilloszkóp beállítása (Auto Trigger Mode) volt a hibás.”
- Nem mindig a program a rossz, lehet, hogy a controller portlába romlott el.
„Valamiért nem működött az LCD, látszólag semmit sem csinált. Nyilván azt gyanítottam, hogy program hiba, rosszul akarok vele kommunikálni. Napokat

szenvedtem vele, az égvilágon nem csinált semmit. Konzultálni is voltam vele, 5 órán keresztül benn voltam laborban, de nem tudták megcsinálni.

Mi volt a hiba? Mint kiderítettem a mikrokontroller 4-es portjának egyik lába, ami az LCD egyik adatvezetéke, meg volt halva. Átdugtam az egészet a 7-es portra és ment minden egyből. Úgy vettem észre a hibát, hogy minden portra kiadtam 55-öt, majd AA-t és megnéztem, hogy mindenhol megjelenik-e a jel. Hát egy helyen nem jelent meg. Először forrasztásra gyanakodtam, de nem, megmértem és a panelomra sem érkezett át a jel. Megmértem hát a mikrokontrolleren is, ott sem jött ki a jel. Hát ez van :)”

6. Utólag az alábbiakat csinálnám másképp

Ebben a pontban a labor korábbi hallgatóinak az utókornak szánt tanácsait osztjuk meg. Igen erőteljesen felhívánk a figyelmet a lista első pontjára!

- Hamarabb használnám ki a konzultációs lehetőséget.
 - Nagyobb furatméreteket használnék, hogy beleférjenek a furatszerelt alkatrészek lábai
 - A stabilizátor tokozására figyelnék, és megfelelő footprintet készítenék.
 - Nagyobb buzzert használnék.
 - Feliratoznám a gombokat és a tűskesort.
 - Figyelnék a jack csatlakozók bekötésére, hogy működjenek.
 - Esetleg használnék még egy LED-et a táp meglétének jelzésére.
 - UART kommunikáció használatakor még kétszer leellenőrizném, hogy helyesen van-e a TX-RX vonal bekötve (null-modem).
 - Még néhány funkciót implementálnék.
 - A felhasználó küldhetne saját funkciókódot, ha olyan utasítást szeretne használni, amit nem implementáltam
 - Footprinteket csak és kizárólag datasheet alapján készítenék, mert amit kép alapján készítettem rossz lett.
 - Minden footprinten tüzetesen ellenőrizném, hogy meg van-e mindenhol a fémezés ahol kell, és meg van-e a forrasztás gátló réteg maszk is, hiszen megtapasztaltam mennyire nem lényegtelen, ha valahol ottmarad.
 - Kiemelten kell figyelni új partok létrehozásakor, hogy a *footprint* lábakat jól párosítsuk a *part* lábaival.
- „Sajnos figyelmetlen voltam és két alkalommal is felcseréltem kettőt, ez nagyon nehezen javítható hiba. (gyártás után vettem csak észre)”.*
- LCD háttérvilágítását érdemes minél kisebbre állítani az ellenállásokkal, mert nagyon sokat fogyaszt és gyengébb háttérvilágítással is jól látszik a kép (szép megoldás lett volna, ha PWM-el lehet állítani).

Fenti szabályok bármelyikétől való eltérést feltétlenül egyeztessék konzultáló kollégáinkkal még az áramkör terveinek leadása előtt!