

Áramkörtervezés projekt
BMEVIAUA037
Optikai távolságmérő

Kárpáti Péter Milán
VW19BD

Tóth Barnabás
PMTHJV

2023. december 11.

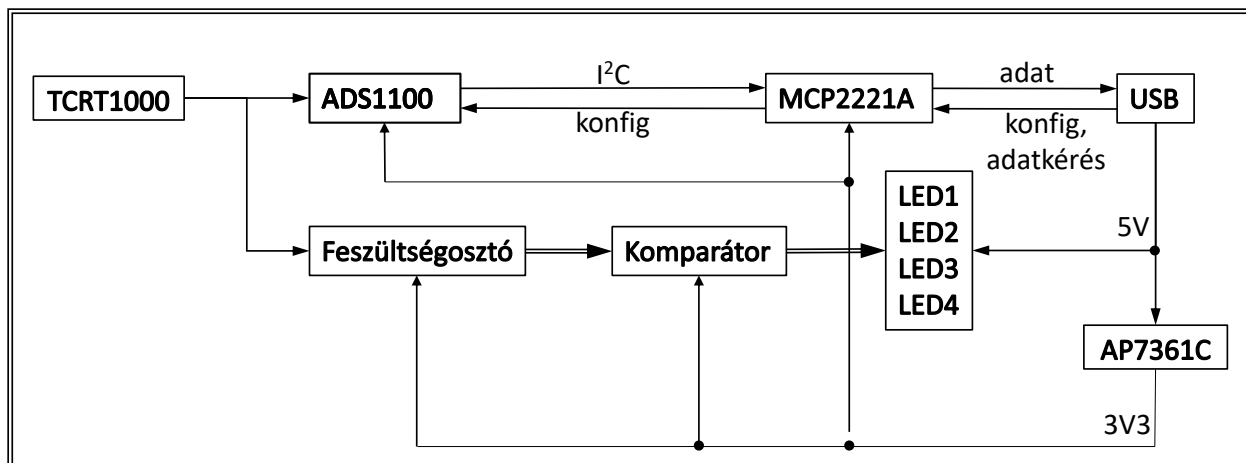


M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Feladatleírás

Projektünk keretében egy nyomtatókhoz használatos lap mennyiség érzékelő áramkört terveztünk reflektív optikai szenzor segítségével. Az eszköz USB-n és I2C kommunikációs protokollok segítségével képes adatot küldeni a lapok aktuális mennyiségéről. Ezen felül a modul rendelkezik egy indikátor csíkkal amely vizuálisan jelzi a lapok közelítő számát.

Működési folyamat



1. ábra. Működési vázlat

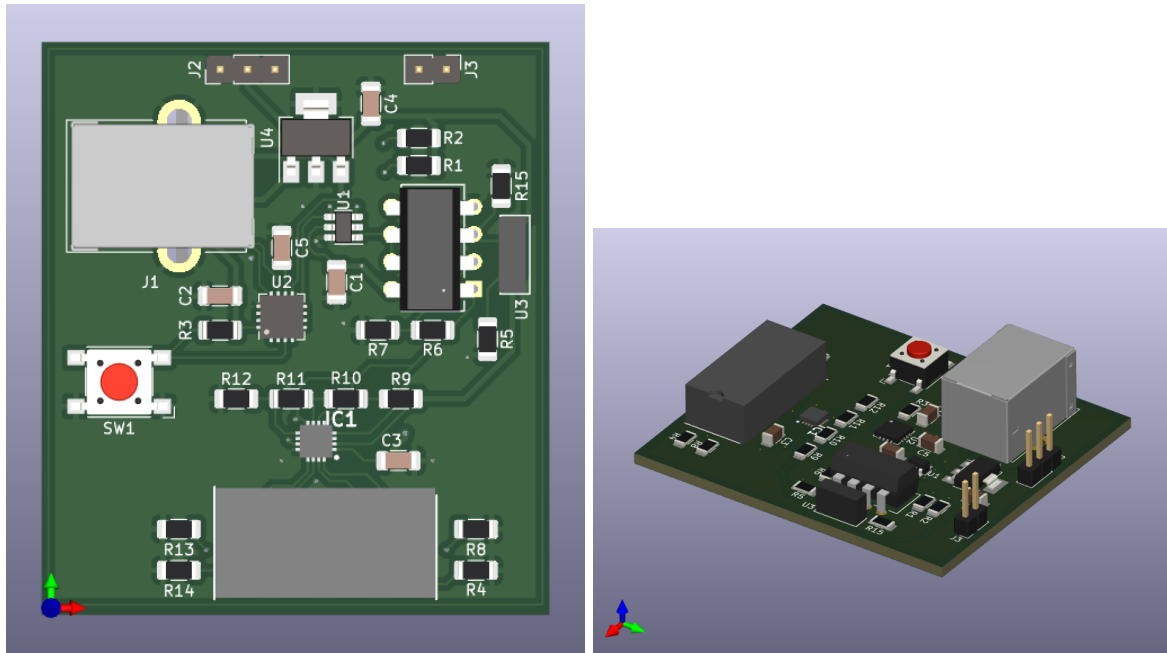
Távolságméréshez a Vishay TCRT1000 szenzorját használjuk. Az infravörös LED egy áramkorlátozó ellenálláson keresztül kap áramot, a visszaverődő fény (1-kb. 7 mm-es érzékelési távolság) hatására a fototranzisztor kimenetén megjelenő áramot árammérő ellenálláson tudjuk feszültségként mérni. Analóg-digitális átalakításhoz a Texas Instruments ADS1100 analóg-digitális átalakítóját használjuk, konfigurációs biztonság kedvéért a legnagyobb, 8x belső erősítéssel (ez üzembe helyezéskor beállítandó). Az átalakító elé egy feszültségkövető erősítő került, ezáltal a tranzisztor és a mérőellenállás árama megegyezik, pontosítva a mérést. Az ADS1100 I2C protokollal kommunikál (a felhúzó ellenállások megtalálhatók az áramkörön), ez pinekre kivezetve megtalálható, illetve a Microchip MCP2221A USB 2.0 vezérlő IC segítségével USB-n keresztül is elérhető. Ez az USB vezérlő széleskörű alkalmazásaiból mi csak az I2C-t használjuk. Az adatlapján megtalálható a kommunikáció felépítése, mely alapján készíthető egy PC-s adatgyűjtő szoftver.

A vizuális visszajelzést feszültségosztóval és komparátorokkal oldottuk meg, egy LED sort használva. A komparátorok a feszültségosztó által előállított értékekhez hasonlítják a mérő jelet, melyet 8x erősítéssel kapnak meg.

A tápellátás lehet USB-n keresztül 5V, vagy 3.3V vagy 5V a megfelelő pineken keresztül. Az áramkör 3.3V-tal működik, ezt az 5V-ból az AP7361C állítja elő. A LED sort 5V hajtja meg, amennyiben 3.3V-tal tápláljuk az eszközt nem világítanak a ledék.

Megjegyzések:

A szenzor nem lineáris karakterisztikájú, ezt kalibrálni és szoftveresen korrigálni kell, amennyiben fontos a pontos távolság mérése.



2. ábra. 3d-s terv

Huzalozási elvek

A huzalozási tervben kettő vezetékostályt használtunk. Az adatvezetékek esetében vékonyabb 0,0245 [mm] azaz 10 [mil] vastagságú vezetékeket választottunk hiszen ezeken a vezetékeken nem folynak nagy áramok. Emellett ahol szükséges volt 0,6 [mm]-es külső és 0,3 [mm]-es belső átmérővel rendelkező viákat helyeztünk el. A tápvezetékek esetében 0,508 [mm]-es, azaz 20 [mil]-es vezetéket alkalmaztunk, melynek oka, hogy ezeken a vezetékeken a LED sor és az erősítők használata miatt nagyobb áramok folyhatnak. Az IC-k esetében a kis lábtávolságok következtében nem lehetett ilyen vastag vezetéket alkalmazni, ekkor az IC-től a feszültség stabilizáló kondenzátorig 10[mil]-es vezetéket húztunk. Ebben az esetben 0,8 [mm]-es külső átmérőjű viákat használtunk 0,4 [mm]-es belső átmérővel a nagyobb érintkezési felület érdekében. A huzalozás során különös figyelmet fordítottunk a derékszögek elkerülésére és az éles szögű törések minimalizálására. A föld beköttetések tömör kiöntéssel végeztük 0,5 [mm]-es clearance-el. Az optikai szenzor esetében arra ügyeltünk, hogy a szenzor az erősítő és az A/D átalakító között minimalizáljuk a távolságot ezáltal minimalizálva a keletkező zajt. Emellett a tervezés során prioritizáltuk az adatvezetékek folytonosságát a tápvezetékekével szemben. Így amennyiben via használatára kényszerültünk abban az esetben inkább a tápvezeték esetében alkalmaztuk.

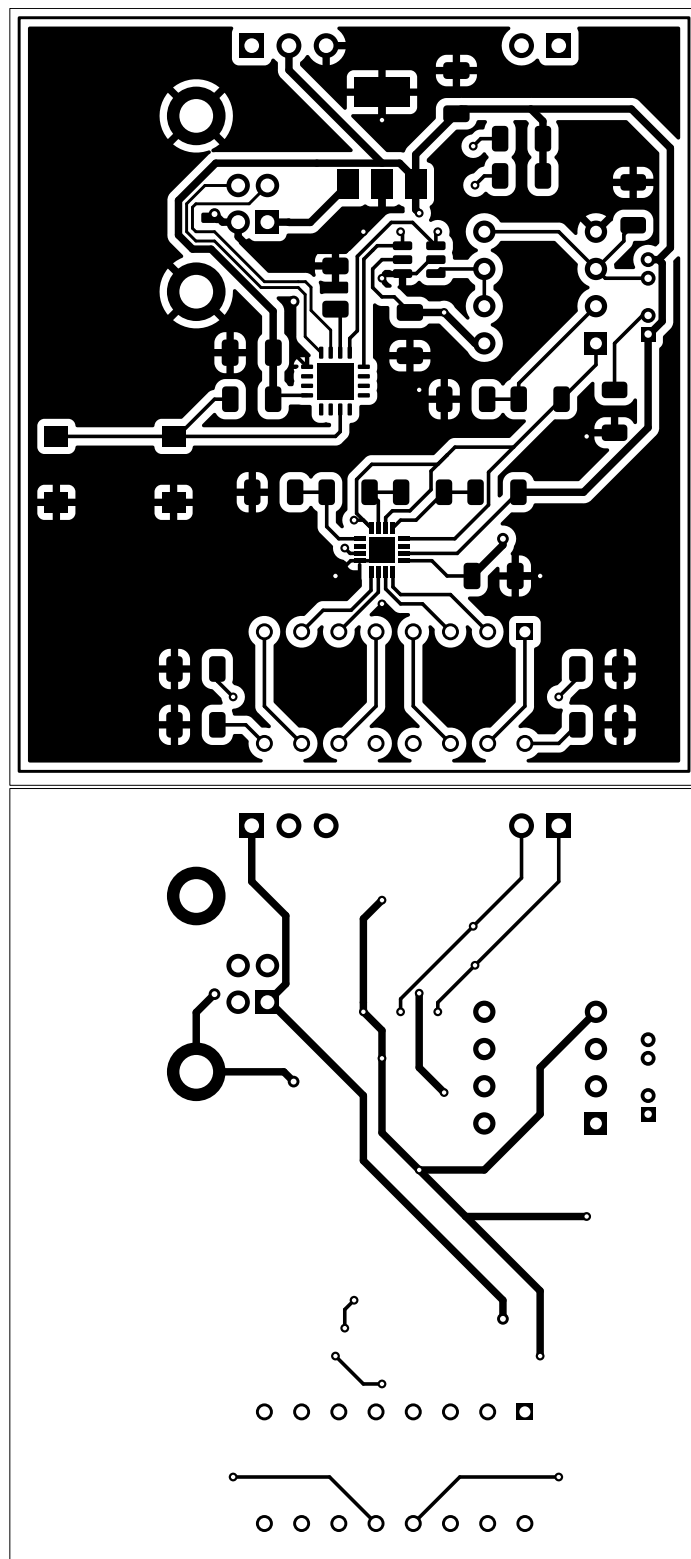
Méretezési számítások

Mérőellenállás: A szenzor adatlapja szerint 0.7 mA a maximális kimeneti árama, ehhez 8x erősítéssel az átalakító maximális bemenete tartozik, így a mérőellenállás $R_{15} = \frac{U}{I} = \frac{3.3 \text{ V}/8}{0.7 \text{ mA}} \approx 590 \Omega$

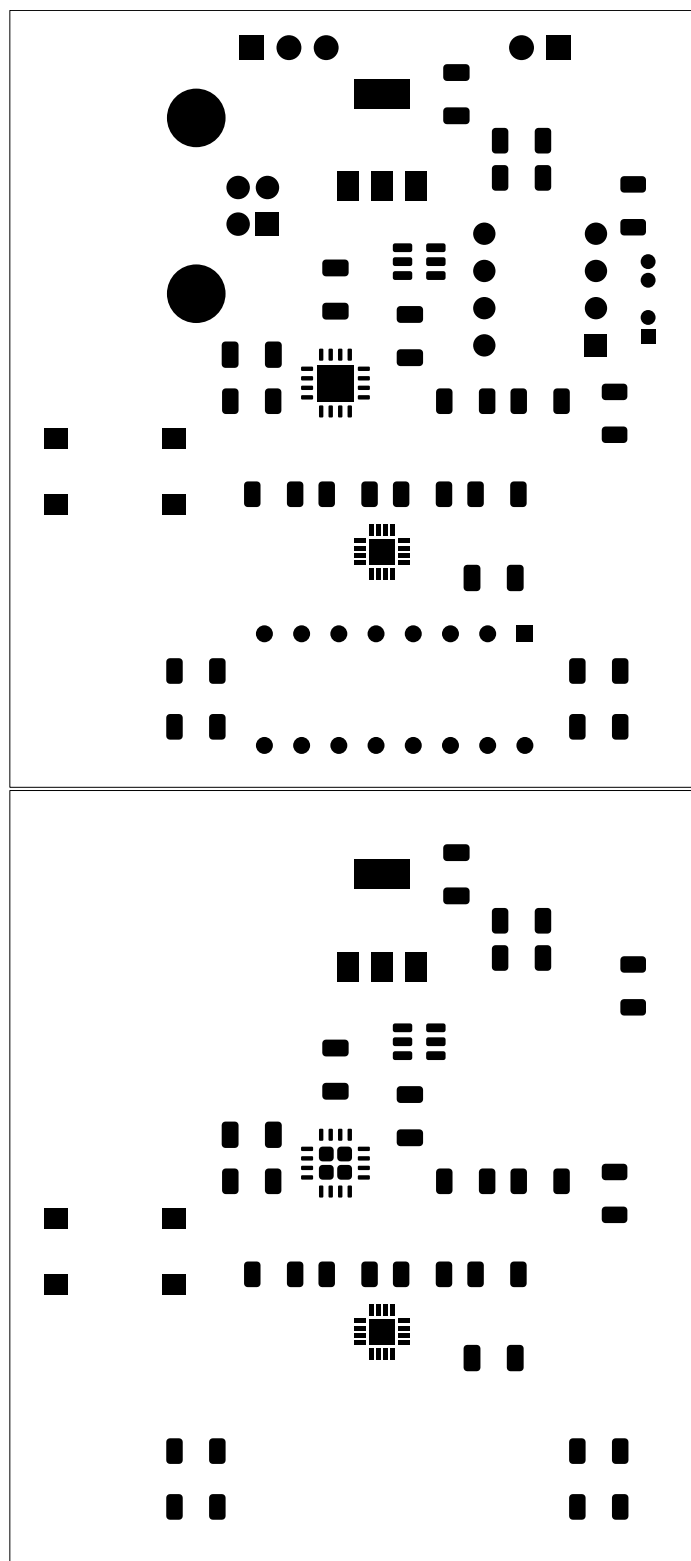
Szenzor előtét ellenállása: Az adatlap szerinti nyitó irányú áram ($I_F = 100 \text{ mA}$) illetve feszültség ($U_F = 1.6 \text{ V}$) alapján számolva $R_5 = \frac{U}{I} = \frac{3.3 \text{ V} - U_F}{I_F} \approx 17 \Omega$ (17.8 Ω -ot választottunk)

I²C felhúzó ellenállásai: A Texas Instruments segédlete alapján a minimum érték: $R_{1,2,min} = \frac{3.3 \text{ V} - U_{OL}}{I_{OL}} = 966 \Omega$, U_{OL} és I_{OL} az AD átalakító adatlapjából, az alacsony jelszint feszültsége és maximális árama. A maximális felhúzó ellenállás: $R_{1,2,max} = \frac{t_r}{0.8473 \cdot C_b} = 2950 \Omega$, a standard sebességre megadott szabványos értékekkel számolva. Ezek alapján 1.7 k Ω -os ellenállásokat választottunk.

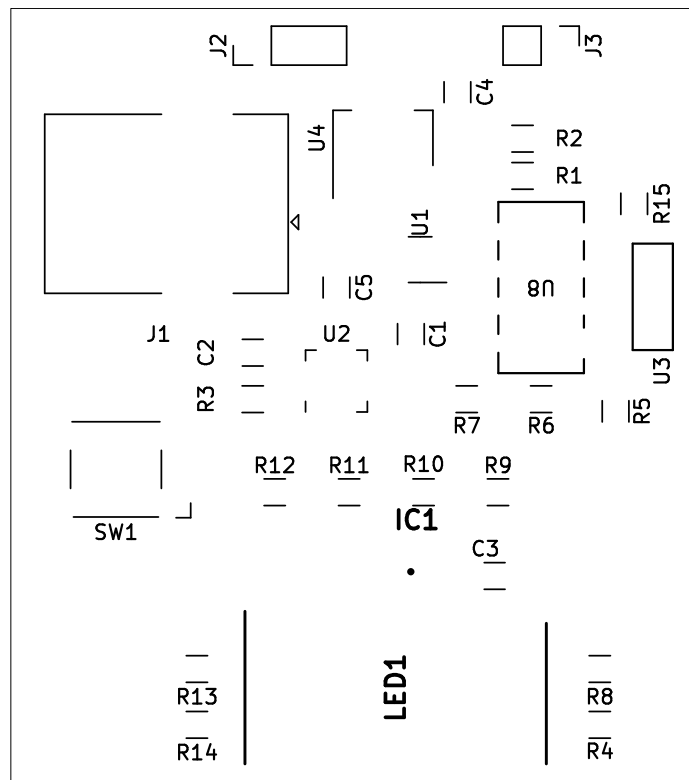
A gerber fájlok a "manuf" mappában találhatóak. Az alkatrészlista a "projekt.csv" fájlban részletesen, illetve mellékletben található. A nyáktervből készített huzalozási rajzok:



3. ábra. Első és hátsó rézréteg



4. ábra. Első oldali "paste" és "mask" (hátsó oldal üres)



5. ábra. Első oldali feliratok, rajzok

Referen ce	Value	Mouser Price/Stock	Qty
C1, C2, C5	100n	https://hu.mouser.com/ProductDetail/KEMET/C1206X104J9RAL7210?qs=eON0oSML0Hzd%2FK31GTBmdA%3D%3D	3
C3, C4	4.7u	https://hu.mouser.com/ProductDetail/KEMET/T491A475K006AT7622?qs=WOKUqv%2F%2FT%2FYl6iB1l8dYag%3D%3D	2
IC1	TLV9024RTER	https://www.mouser.co.uk/ProductDetail/Texas-Instruments/TLV9024RTER?qs=eP2BKZSCXI7hRMN0czoUqg%3D%3D	1
J1	USB_B	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Amphenol-FCI/61729-1021BLF?qs=fNaKm0Yd6uM0Ry8QraTiXA%3D%3D	1
J2	Conn_01x03	https://arwill.hu/termekek/csatlakozok/jel/tuskesor/tuskesor-1x40-244112/	1
J3	Conn_01x02	https://arwill.hu/termekek/csatlakozok/jel/tuskesor/tuskesor-1x40-244112/	1
LED1	HLMP-2820	https://www.mouser.co.uk/ProductDetail/Broadcom-Avago/HLMP-2820?qs=jT9z6tsiFNkPtOI8sRjU%2FQ%3D%3D	1
R1, R2	1k7	https://hu.mouser.com/ProductDetail/KOA-Speer/RK73G1JTDD1071C?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t5uqXfHv%252BwqXvK%252Bv9OWFhtMpFhtYCG1lzQ%3D%3D	2
R3, R6, R9	10k	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW120610K0BEEA?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t%252BPZDYtCzF2J5xjqakokhPw%3D	3
R4, R8, R13, R14	60.4	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW120660R4BEEA?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t%252BPZDYtCzF2Jg88z0ZRuF7M%3D	4
R5	17.8	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW120617R8BEEN?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t1Hb8yo0cB65IVsbP13By80%3D	1
R7	1.43k	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW12061K43BEEA?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t%252BPZDYtCzF2J6Dq32FeIWWA%3D	1
R10	5k	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW12065K00BEEA?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054twbPyJnNTBK8XnKN%252BFYJ3A%3D	1
R11	2k	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW12062K00BEEA?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t%252BPZDYtCzF2JnpMruLEB7jY%3D	1
R12	3k	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Dale/TNPW12063K00BEEA?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t%252BPZDYtCzF2J7eVP9mBxWkU%3D	1
R15	590	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Panasonic/ERA-8AEB5900V?qs=sGAepiMZZMvdGkrng054t5mej2KPdPuFwQ3%2FvLmKbP8%3D	1
SW1	SW_Push	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Omron-Electronics/B3FS-1000P?qs=ImaqFqjHA4k6odVF2%2FXWpQ%3D%3D	1
U1	ADS1110	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Texas-Instruments/ADS1100A1IDBVT?qs=RaXRGs7zCv7SOXt2%252BGJAJQ%3D%3D	1
U2	MCP2221AxML	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Microchip-Technology/MCP2221AT-I-ML?qs=ZEMkBHnybRG1TevWV2Ky2w%3D%3D	1
U3	~	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Vishay-Semiconductors/TCRT1000?qs=%2Fjqivxn91celnEhva1nbAA%3D%3D	1
U4	AP7361C-33E	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Diodes-Incorporated/AP7361C-33E-13?qs=X421pCAdHWelInddOHvgmw%3D%3D	1
U8	LM2904	https://hu.mouser.com/ProductDetail/Texas-Instruments/LM2904N-NOPB?qs=X1J7HmVL2ZHqLjgid2Dt%252Bg%3D%3D	1