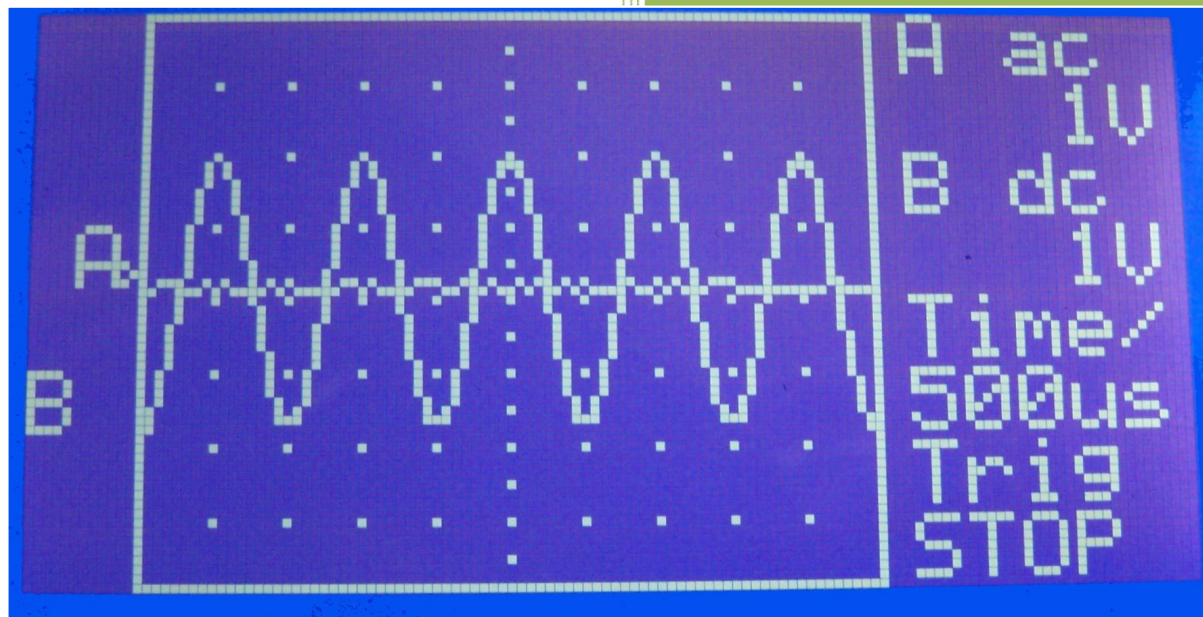


Digitális Oszcilloszkóp



Erdősi Péter

Táncsics Mihály Sz.Sz.K.

2008.01.17.

Bevezető

Az oszcilloszkóp ötletét egy francia oldalon találtam, és rögtön megtetszett, bár van a birtokomba egy régi orosz példány, és mivel sokszor szükség van a két csatornára, így gondoltam, megépítem.

A projekt lelkét egy PIC16F877A alkotja, a kijelző pedig egy kék-fehér 128*64 karakteres grafikus kijelző.

A csatornák váltó, ill. egyen csatolását 4 darab 5V-os jelfogó valósítja meg. A két csatorna erősítését digitális potenciométerrel állítja be. Innen az analóg jelet a Maxim cég MAX114-es AD-je alakítja digitálissá.

A kapcsolás fel van készítve további két csatorna kezelésére, továbbá egy logikai analizátor funkcióra is.

Az alap projekt tartalmaz továbbá egy RS-232 portot, melyen keresztül PC-s kapcsolatot lehet létesíteni, és így a PC-ről állítható, vezérelhető, leolvasható az eszköz.

Jelenleg az eszközben 12 μ S/DIV-től 100s/DIV-ig állítható az időalap. Ezzel értékelhető jelet kb. 120kHz-ig mérhetünk. A bemeneti érzékenysége 10mV-20V-ig terjed. Lehetőség van a menüben állítani azt, hogy 1x-es, ill. 10x-es osztású mérőfejet csatlakoztattunk-e.

Az oszcilloszkóp saját triggerrel rendelkezik, amely lehet automatikus, ill. manuális, le, vagy felfutó élre triggerelő beállítás.

A menüben való mozgást, és az oszcilloszkóp állítását egy 12 gombos billentyűzet teszi lehetővé.

A projekt kapcsolási rajzát tudtam letölteni a honlapról, amit az Eagle V4.11 programba megterveztem, illetve kialakítottam egy nyomtatott áramköri rajzot, ügyelve a logikus elrendezésre, illetve a beépíthetőségre. Néhol szükséges volt az eredetitől eltérő alkatrészeket használni, mivel az eredetiek Magyarországon nem beszerezhetők.

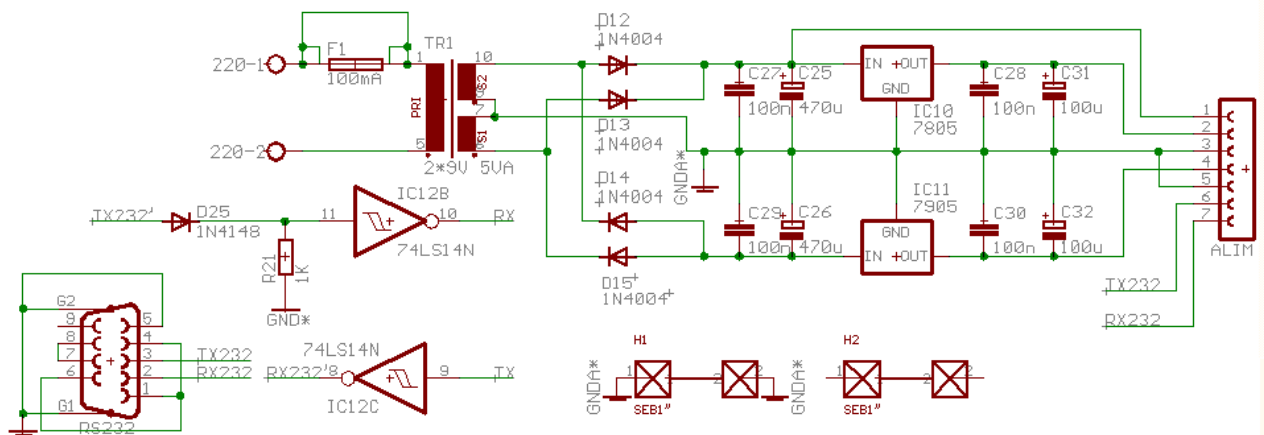
Az áramkörök

A projekt három panelből épül fel, a tápegység, az alaplap, ill. a kezelőszerv-panelből.

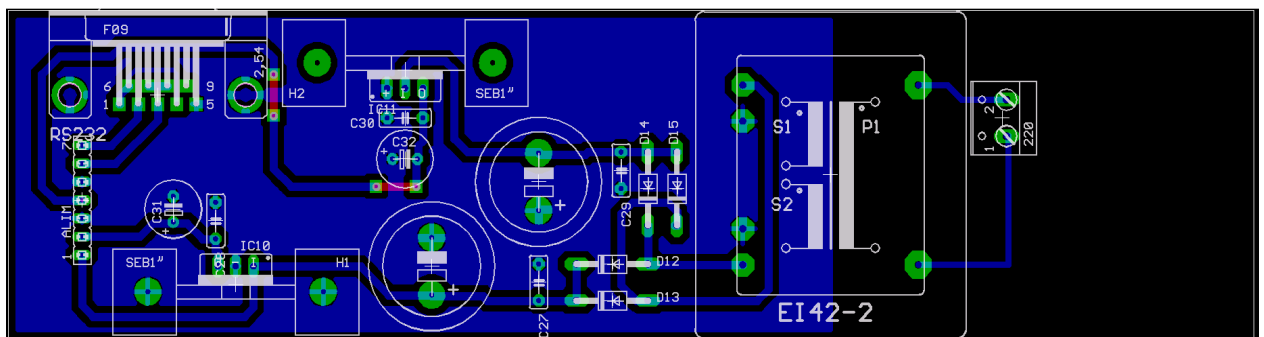
A tápegység

A tápegység panelon található a 18V-os 5VA-es középmegecsapolt transzformátor, az egyenirányító, a puffer kondenzátorok, a stabilizátor IC-k, valamint a számítógépes csatlakozáshoz használandó 9 tűs RS-232 es csatlakozó.

Itt látható a tápegység kapcsolási rajza:



Itt pedig a nyomtatott áramköri rajz:



Digitális Oszilloszkóp

A tápegység paneljának mérete szélességre megegyezik az alaplaphoz szélességével, segítve ezzel a felfogatást.

A tápegység csatlakozását az alaplaphoz egy 7 pólusú csatlakozóval oldottam meg, az eredeti mintát követve. A tápegységben a 78-7905-ös stabilizátorokat alkalmaztam, hogy a PIC-nek, a digitális alkatrészeknek, ill. a műveleti erősítőknek stabil feszültséggel szolgáljon. A pozitív stabilizátoron üresjárásban kb. 800mA áram folyik, míg a negatívon kb. 700mA. Ezért indokolt volt a hűtőbordák alkalmazása is. A kapcsolás alá utólag felkerült néhány SMD kondenzátor, mivel a PIC indulásakor problémák jelentkeztek. Ezen módszerrel kiküszöböltem ezt a hibát.

Az alaplaphoz

Az alaplapon található lényegében a működéshez szükséges összes alkatrész, itt kap helyet a vezérlő, a hozzá tartozó EEPROM, a bemenetek, illetve a hozzá tartozó analóg, és digitális alkatrészek.

A jelenlegi szoftver még csak két csatornát támogat, bár a hardveres lehetőség adott a felhasznált PIC nem alkalmas ennyi adat kezelésére. Terveim közt szerepel, hogy kibővítem, illetve átalakítom PIC18F452-es vezérlőre.

- A bemenetek: A két jelenleg használható bemenetet egy egyenáramú leválasztó indítja, amelyet szoftveres vezérléssel egy-egy relé tud kapcsolni. Utána egy ellenállásosztó következik, amely a bemeneti amplitúdót csökkenti, és készíti elő az egyenáramú erősítő számára. Az azt követő digitális potenciométer állítja be a második fokozat erősítését, szoftveres úton. Innen kapcsolódik a jel az AD-re amit 8 biten továbbít a PIC felé.
- A vezérlő egy PIC16F877A mely 21 IO lábbal rendelkezik, és 24MHz frekvencián dolgozik. A PIC-hez szorosan kapcsolódik egy 256 kByte-os EEPROM, amely a menü grafikáit tartalmazza.

Digitális Oszilloszkóp

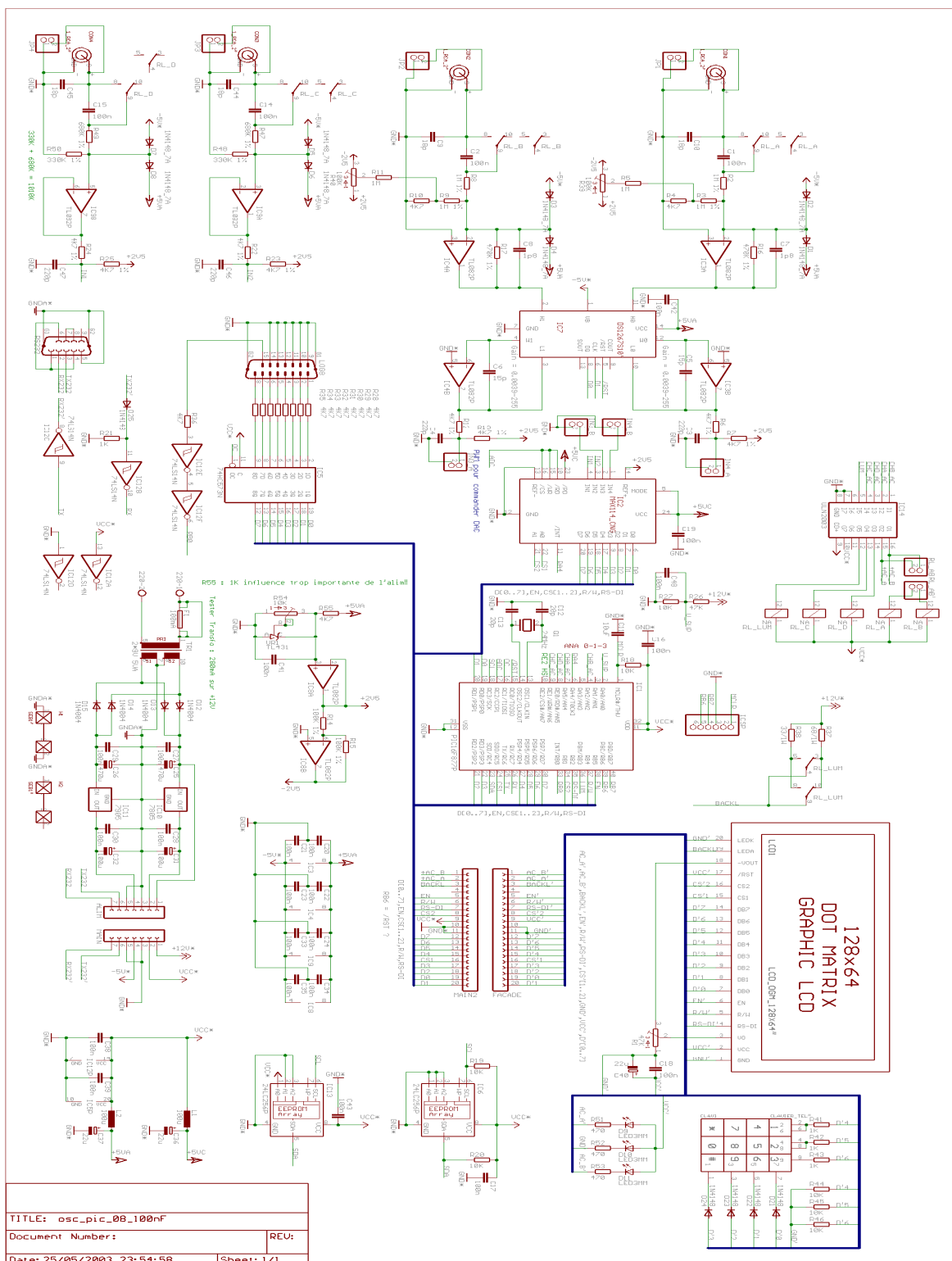
- Az ofset-feszültség beállítását egy TL431, illetve egy TL082 valósítja meg. A TL431 egy szabályozható precíziós referencia feszültség előállító eszköz. Ezt kapja meg a TL082 egyik erősítője és 1x-es erősítést alkalmaz, nem invertáló kapcsolásban, így nem a referenciaforrás lesz terhelve. Itt kapjuk meg a +2,5V-t. A másik erősítő invertáló módban hasonló szerepet lát el, így kapjuk meg a -2,5V-ot. Ezt a +-2,5V-os feszültséget egy trimmer-potenciométerrel állítom be 0V-ra, így biztosítom, hogy ne legyen egyenfeszültség a bemeneten.
- A projekt hardveresen tartalmazza a lehetőséget egy logikai analízátor számára, amely illesztéséről és a PIC számára megfelelő jelszintre hozásáról egy 74HC573 gondoskodik.
- A kapcsolat tartalmaz öt relét, mivel a PIC portjai nem képesek ekkora áramot kiadni, így egy ULN2003-as IC illeszt, és végzi el a megadott feszültség kapcsolását a relékre.

A nyomtatott áramköri rajz kialakítása ennél a panelnél volt a legnehezebb, mivel rengeteg kapcsolatot, illetve az IC-k tápfeszültsége, továbbá az átkötések mennyiségének minimalizálása volt a cél.

Az eredeti tervek szerint, mint ez működés közben is látszik, bootloader segítségével frissíthető a PIC tartalma, de a második, dobozolásra kerülő verzióban ez nem szerepel, mivel erre a funkcióra csak a próbaeszközön van szükség.

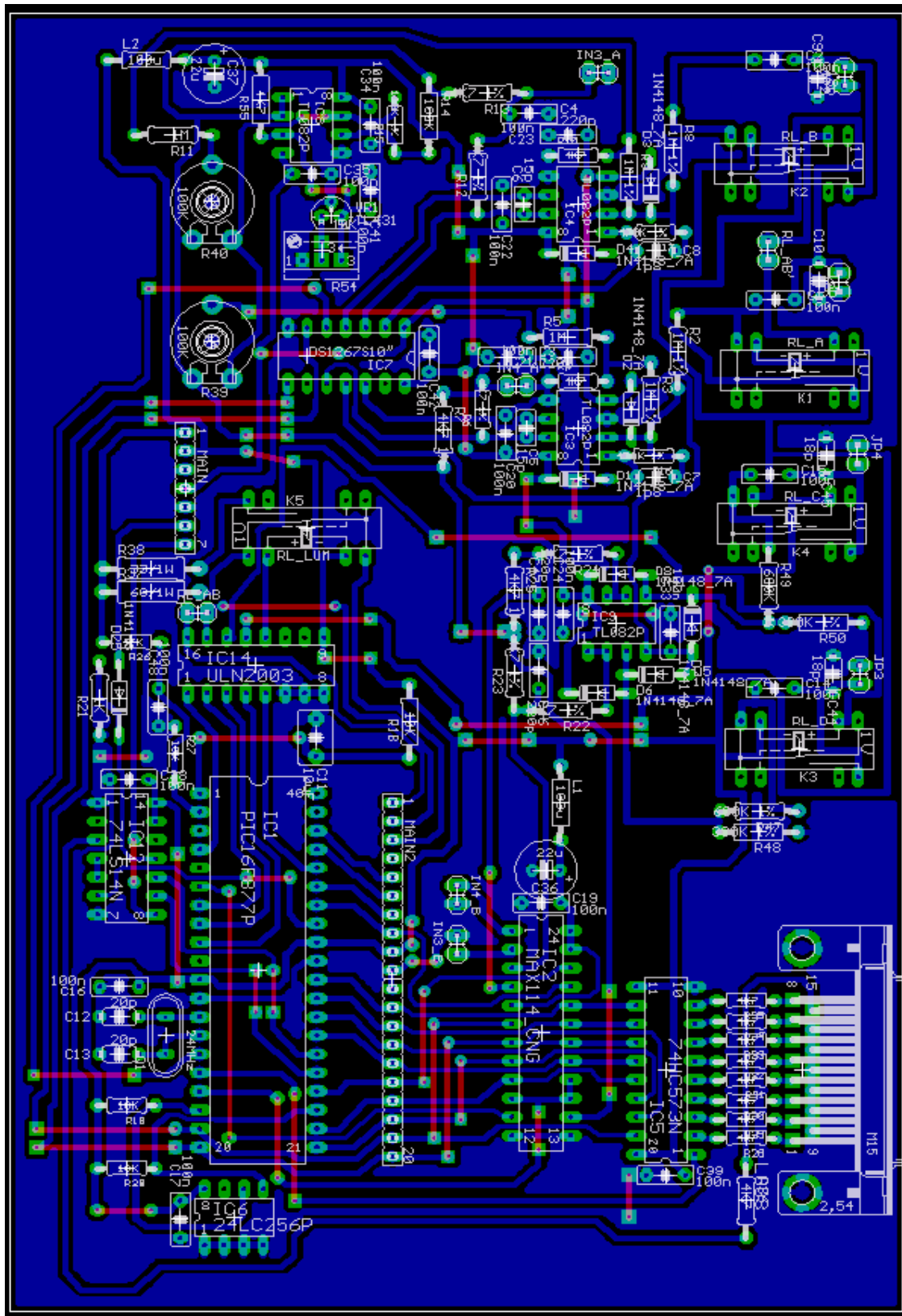
Digitális Oszilloszkóp

A kapcsolási rajz:



Digitális Oszilloszkóp

A nyomtatott áramköri rajz:

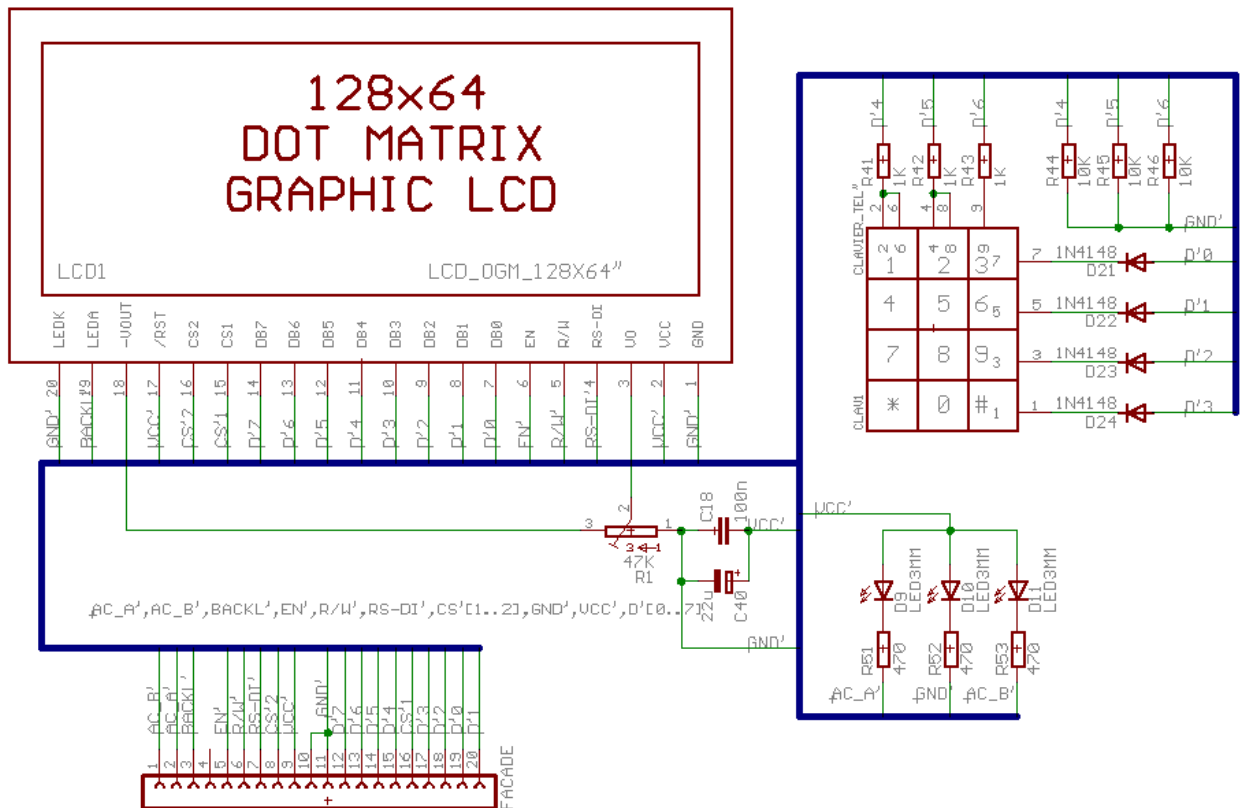


Digitális Oszilloszkóp

A kezelőszerv

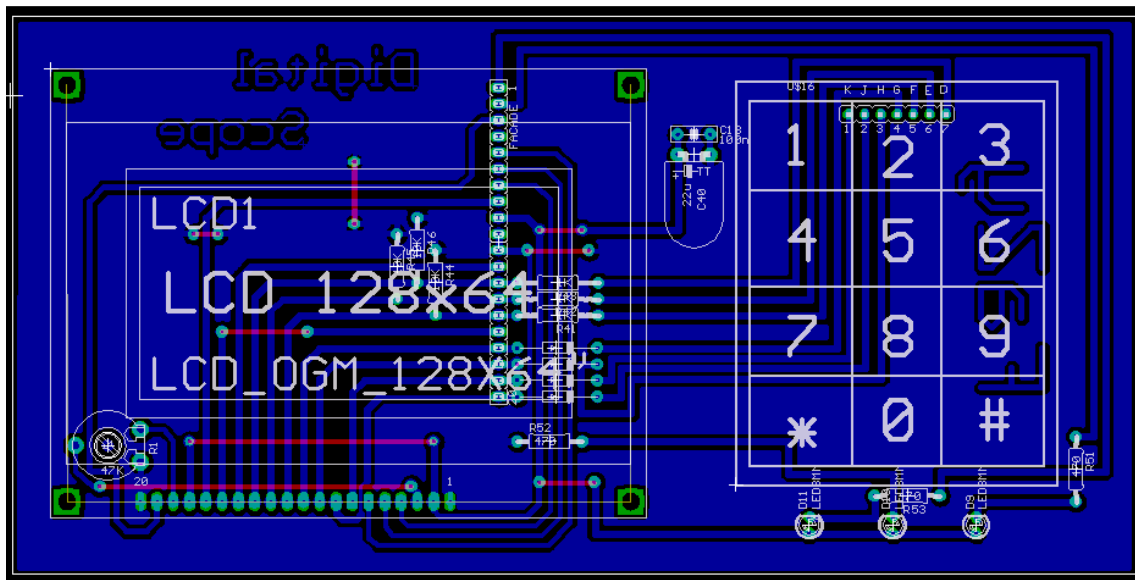
Ez a panel nem tartalmaz bonyolult elektronikát, mindösszesen egy 128*64 pixeles kijelzőt, egy billentyűzetet, a korlátozó ellenállásaival, illetve három LED- diódát, a két szélső a csatornák csatlakozásának módját, a középső a bekapcsolt állapotot mutatja. A panel az alaplaphoz egy 20 eres csatlakozóson keresztül kapcsolódik.

A kapcsolási rajz:



Digitális Oszcilloszkóp

A nyomtatott áramköri rajz:



A PIC szoftvere

A PIC programja C nyelven íródott HI-TECH C fordító, illetve MPLAB segítségével. A programot eleinte egy saját készítésű JDM programozóval írtam a PIC-be, de mivel nem minden számítógép tartalmaz manapság RS-232-t, így a fejlesztéshez használt notebook sem, vásároltam egy PICKIT 2 USB-s programozót, amihez készítettem egy átalakítót, és így szinte bármelyik gépen tudom programozni a PIC-eket.

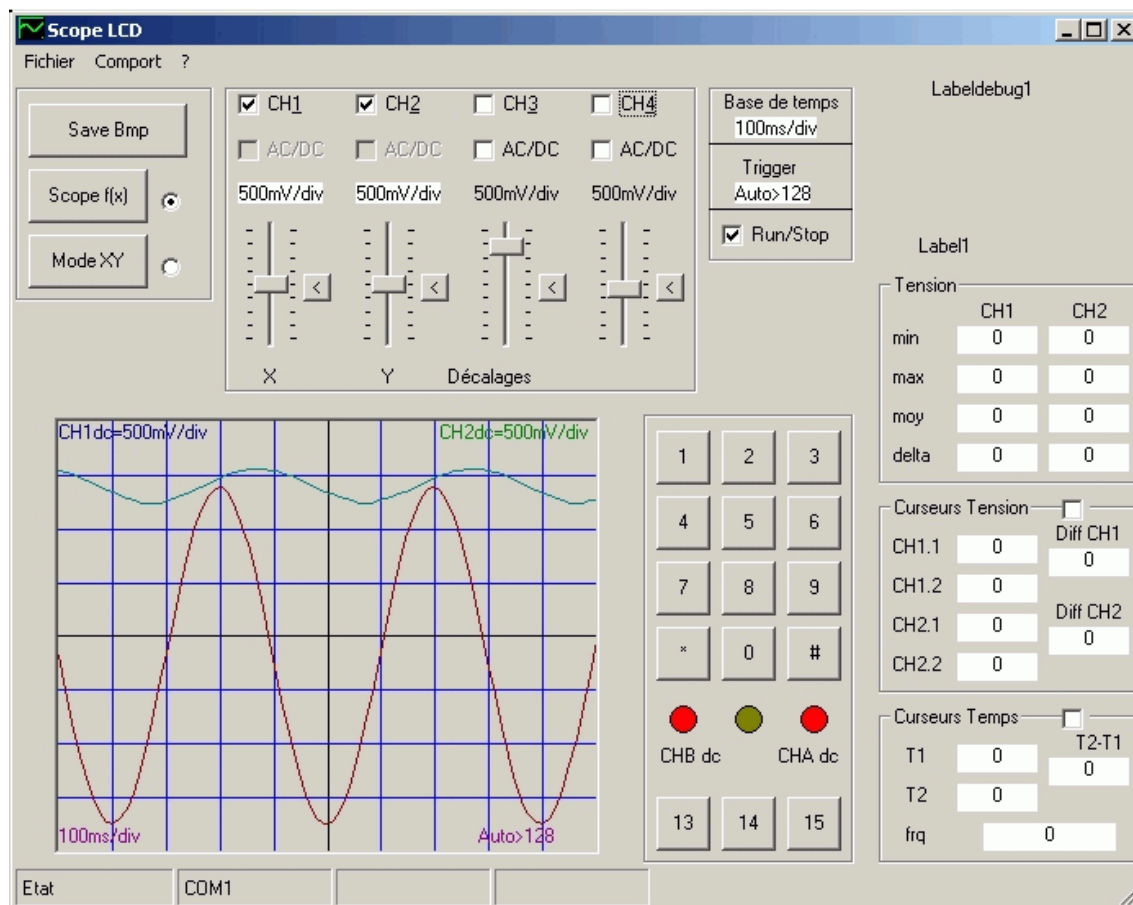
Az EEPROM

Az EEPROM tartalmát egy másik soros programozóval írtam be, melyet magam építettem. Mint említettem, az EEPROM tartalmazza a grafikákat. A számítógépen megtervezett 128*64 pixeles fekete-fehér bmp fileokat egy LCDBin nevű programmal fordítottam le az EEPROM-nak, majd ezt írtam bele.

A PC-s szoftver

A szoftver RS-232 –n kommunikál az eszközzel, lehetőség van az összes funkció használatára, továbbá lehetőség van az Y tengelyen való eltolásra. A program is tartalmazza a másik két csatornának a lehetőségét, de a PIC korlátai miatt nem használható egyelőre.

Itt látható a program:



Alkatrészjegyzék

Alaplap alkatrészjegyzéke

DB	Érték	Eszköz
1	1K	Ellenállás
2	1M	Ellenállás
4	1M 1%	Ellenállás
1	1N4148	Dióda
8	1N4148_7A	Dióda
2	1p8	Kondenzátor
10	4K7	Ellenállás
2	4K7	Ellenállás
1	4K7 1%	Ellenállás
7	4K7 1%	Ellenállás
3	10K	Ellenállás
1	10K	Ellenállás
1	10K	Potenciométer
1	10uF	Kondenzátor
2	15p	Kondenzátor
4	18p	Kondenzátor
2	20p	Kondenzátor
2	22u	Kondenzátor
1	24LC256P	EEPROM
1	24MHz	XTAL/S
1	33/1W	Ellenállás
1	47K	Ellenállás

1	68/1W	Ellenállás
1	74HC573N	74HC573N
1	74LS14N	74LS14N
2	100K	Potenciométer
1	100K 1%	Ellenállás
1	100K 1%	Ellenállás
20	100n	Kondenzátor
2	100u	Tekercs
4	220p	Kondenzátor
2	330K 1%	Ellenállás
2	470K 1%	Ellenállás
2	680K 1%	Ellenállás
1	DS1267S10"	Digitális pot.
1	MAX114_CNG	ADC
1	PIC16F877P	PIC
1	RL_A	Relé
1	RL_B	Relé
1	RL_C	Relé
1	RL_D	Relé
1	RL_LUM	Relé
4	TL082P	OP. AMP.
1	TL431	Volt. REG.
1	ULN2003	ULN2003A

Tápegység alkatrészjegyzéke

DB	Érték	Eszköz
1	F09HP	RS-232
1	FE07-1	Biztosító
4	1N4004	Dióda
1	2*9V 5VA	Transzformátor
4	100n	Kondenzátor

2	100u	Kondenzátor
2	470u	Kondenzátor
1	LM 7805	Stabilizátor
1	LM 7905	Stabilizátor
2	SEB1"	Hűtőborda

Digitális Oszcilloszkóp

Kezelőszerv-panel alkatrészjegyzéke

DB	Érték	Eszköz
1	FE20-1	Csatlakozó
3	1K	Ellenállás
4	1N4148	Dióda
3	10K	Ellenállás
1	22u	Kondenzátor

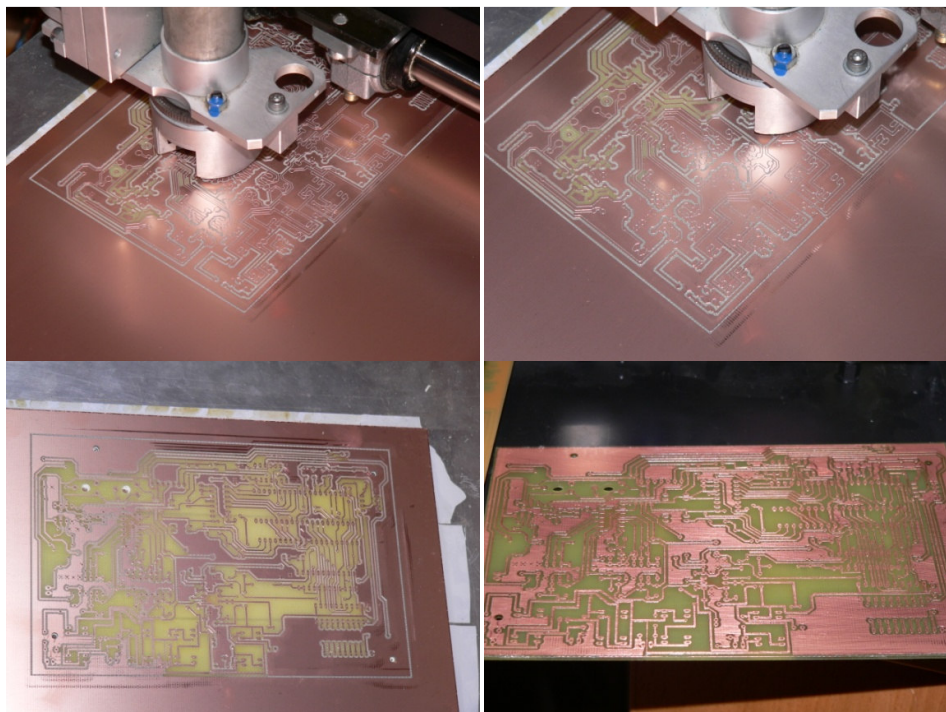
1	47K	Potenciométer
1	100n	Kondenzátor
3	470 Ohm	Ellenállás
1	KEYPAD	Billentyűzet
1	LCD_OGM_128X64"	LCD
3	LED3MM	LED

Összeszerelés, élesztés

Ebben a részben az összeszerelés folyamata látható az alaplapp kimarásától egészen az élesztésig, és az első tesztekig.

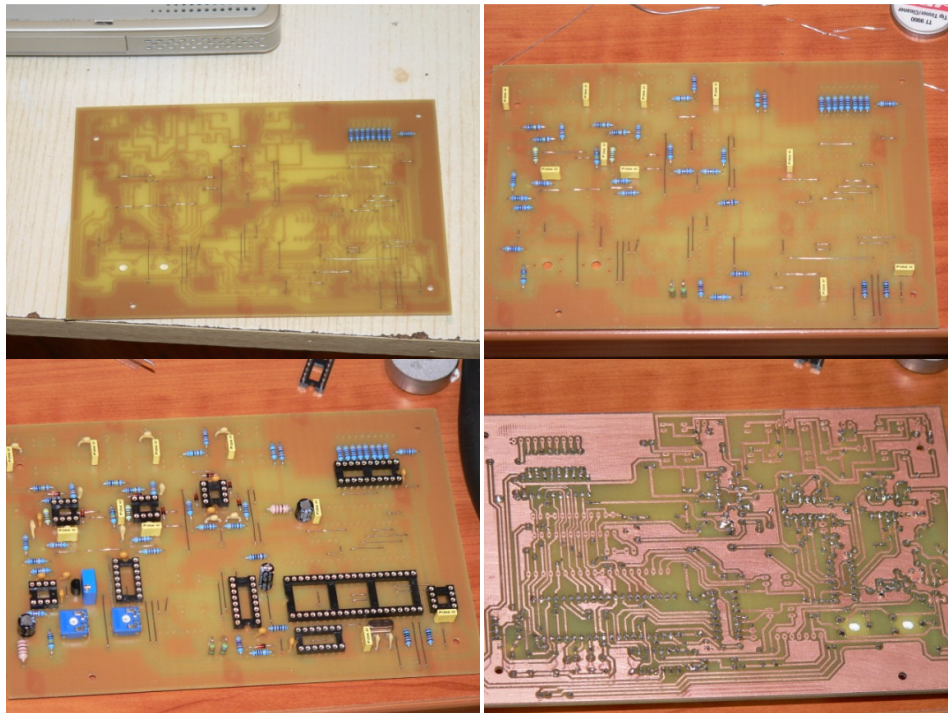
A beültetést a tápegység-panellel kezdtem, átkötések, ill. ellenállásokkal, majd a kondenzátorok, stabilizátorok, és a végén a transzformátort. A beültetés után kimértem a különböző feszültséget, ill. a terhelhetőséget. Utána a kezelőszerv-panelt, majd pedig az alaplapot ültettem be, itt is ügyelve a méretek szerinti beültetésre, és a fokozatosságra.

A marás:

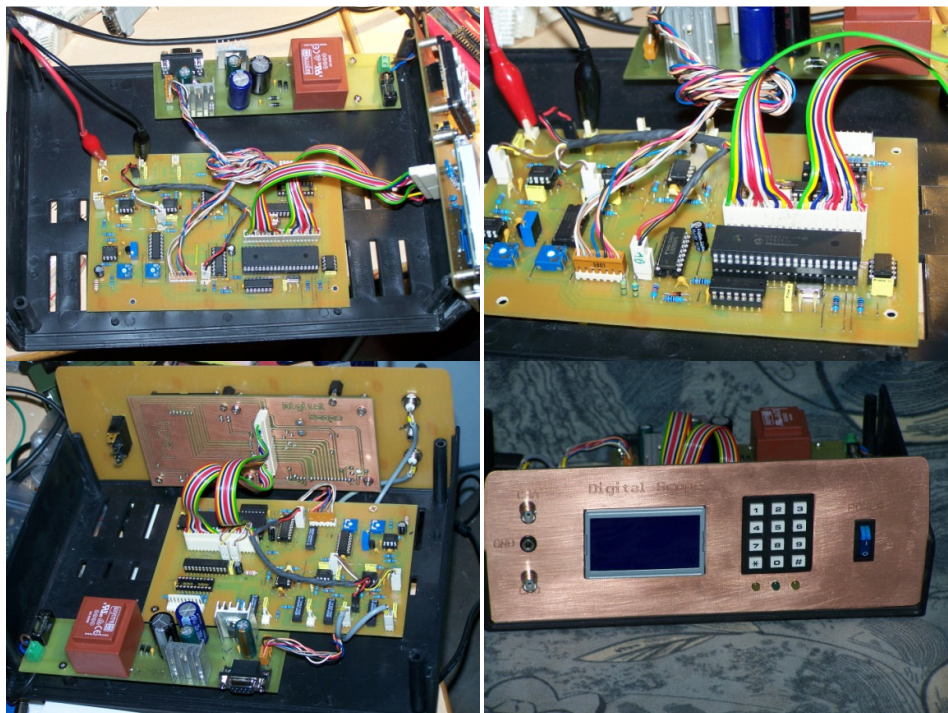


Digitális Oszilloszkóp

A beültetés:

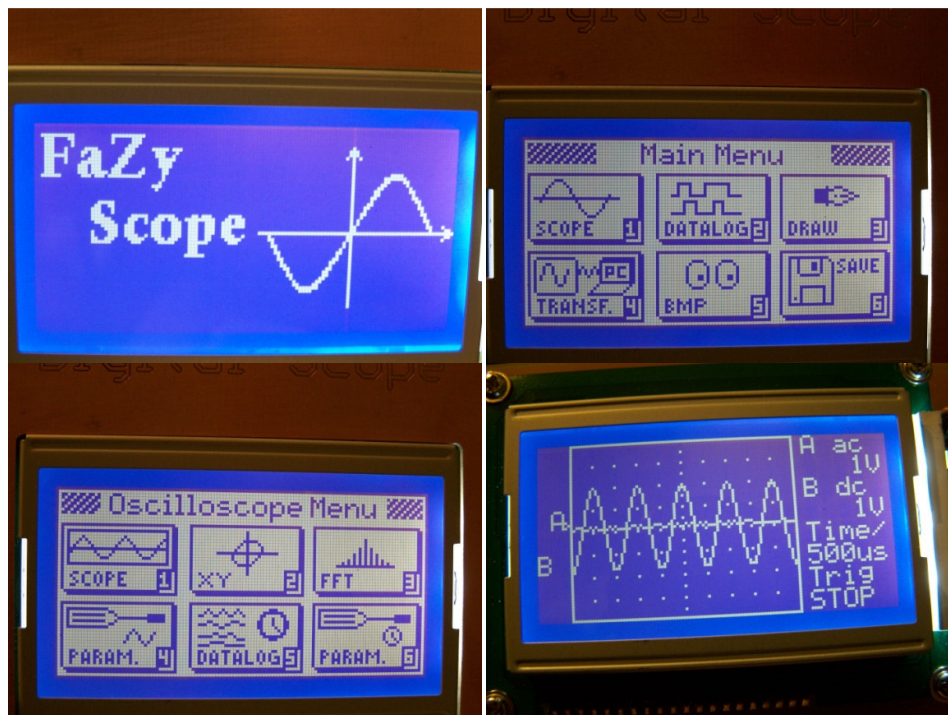


A dobozba szerelés:



Digitális Oszilloszkóp

Élesztés, első próba:



Mérések, tesztek

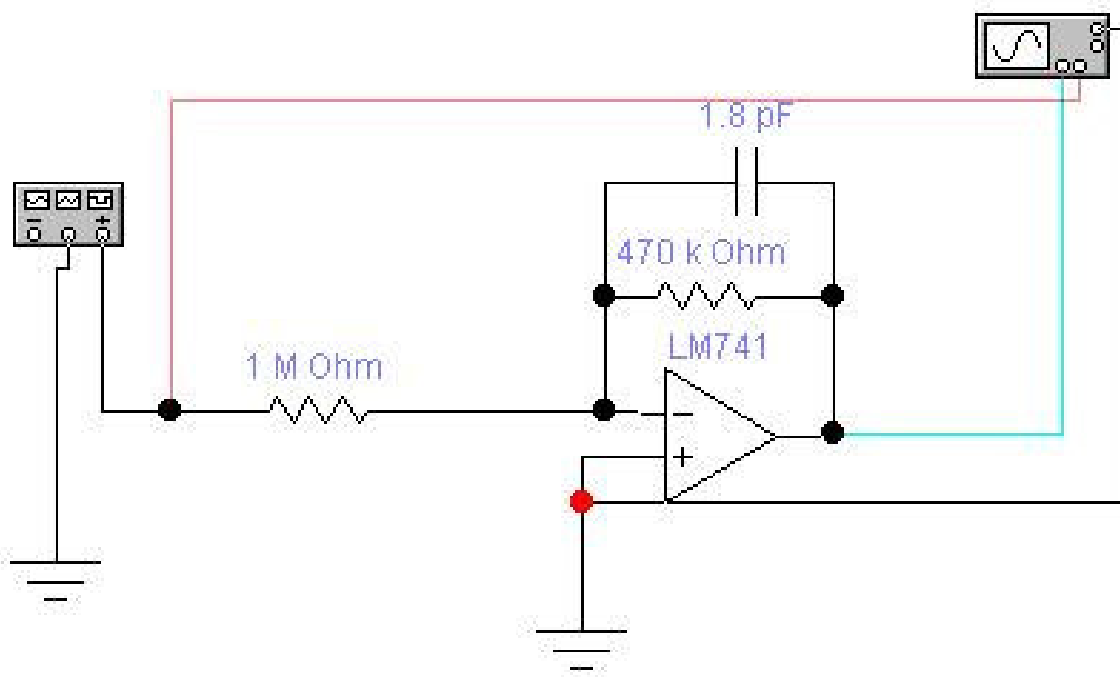
A kapcsolás 230V-os hálózatról működik, innen $I_H=37,7$ mA áramot fesz fel üresjárásban. A 7805, illetve a 7905 egy egyenirányítás után egy ± 5 V-os stabilizált, és szűrt tápot alkotnak. A kapcsolásban szerepel egy $+12$ V-os feszültség, mely nem rendelkezik stabilizátorral, csak kondenzátoros szűréssel. Ez a feszültség a kijelző háttérvilágítása miatt szükséges.

A kapcsolás $I_{+5}=200$ mA, $I_{-5}=137,1$ mA illetve $I_{-12}=68,8$ mA áramot vesz fel üresjárásban.

Jelenleg a kapcsolás időalapja 12us/div-től 100s/div-ig állítható „Scope” módban. A bemeneti érzékenység 10mV-tól 20V-ig terjed, de lehetőség van 10x-es osztóval rendelkező mérőfejet használni, és ezt a programba állítani, így 200V-ig is tud mérni. Az XY mód időalapja 29us/div-től 100s/div-ig terjed, azonos érzékenységgel.

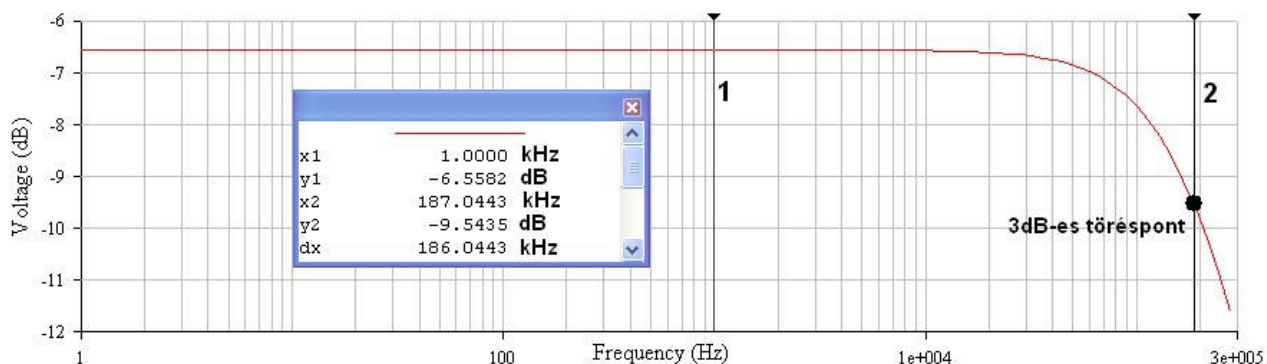
Digitális Oszilloszkóp

A bemenet:



Itt látható egyszerűsítve a bemeneti „erősítő”. Ez a fokozat tulajdonképpen csillapító tag, ami $Au = \frac{Rv}{R1} = \frac{470k}{1M} = 0,47$ csillapítással rendelkezik.

Mint látható a visszacsatoló tagban található egy 1,8pF-os kondenzátor, mellyel beállíthatom az erősítő felső határfrekvenciáját.



Mint a képen is látható, a töréspont:

$$f_f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 470k \cdot 1,8pF} \cong 188,1kHz$$

Digitális Oszilloszkóp

A második fokozat:

A második fokozat szintén műveleti erősítővel van megoldva, de itt az erősítés szabályozható, tulajdonképpen ez a rész a bemeneti osztó. Itt is tartalmaz a visszacsatoló ág kondenzátort ennek határfrekvenciája változó, mivel a vele párhuzamosan kapcsolt ellenállást változtatom.

A digitális potenciométer minimális ellenállása kb. 40Ω . Ebből következik, hogy:

$$f_{f1} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 40\Omega \cdot 15pF} = 265,2 \text{ MHz}$$

Látható, hogy ez az erősítés egy általános célú műveleti erősítővel nem kivitelezhető, de nincs is rá szükség ebben a kapcsolásban.

A potenciométer maximális ellenállása kb. $10k\Omega$. Ebből következik, hogy:

$$f_{f2} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 10k\Omega \cdot 15pF} = 1,06 \text{ MHz}$$

Az itt látható frekvencia is abba a tartományba tartozik, amit már az eszköz nem tud mérni, és mivel az első fokozat $F_f = 188kHz$ -nél már csillapít.

Beállítások

Az oszcilloszkóp indításakor az első fontos dolog, hogy a bemeneti offset feszültséget pontosan beállítsuk. Erre a R54-es precíziós potenciométerrel van lehetőség.

Az így beállított 2,5V-os feszültséget az IC8A-as műveleti erősítő illeszti, nem terhelve ezzel a referencia osztót, majd az IC8B invertáltja, előállítva a -2,5V-os feszültséget is. Ezt követően a két bemeneti csatornához tartozó R40, ill. R39-es potenciométert kell beállítani. Ezek a +-2,5V-os referenciát kapják és a középső, szabályzó ponton 0V feszültségnek kell lennie, ezzel biztosítom, hogy a bemeneten nincs egyenfeszültség.

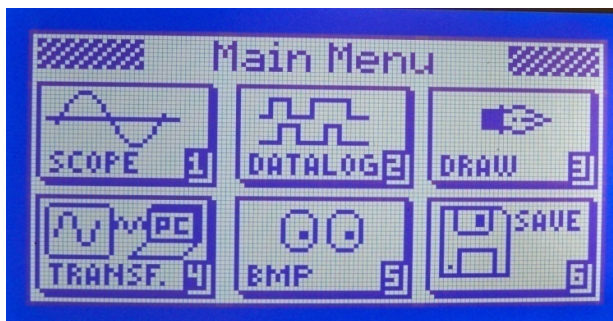
Digitális Oszilloszkóp

Az oszcilloszkóp működése:

- Bekapcsolás után egy üdvözlőképernyő fogadja a használót, majd pár másodperc múlva a főmenü képe lesz látható.

FŐMENÜ:

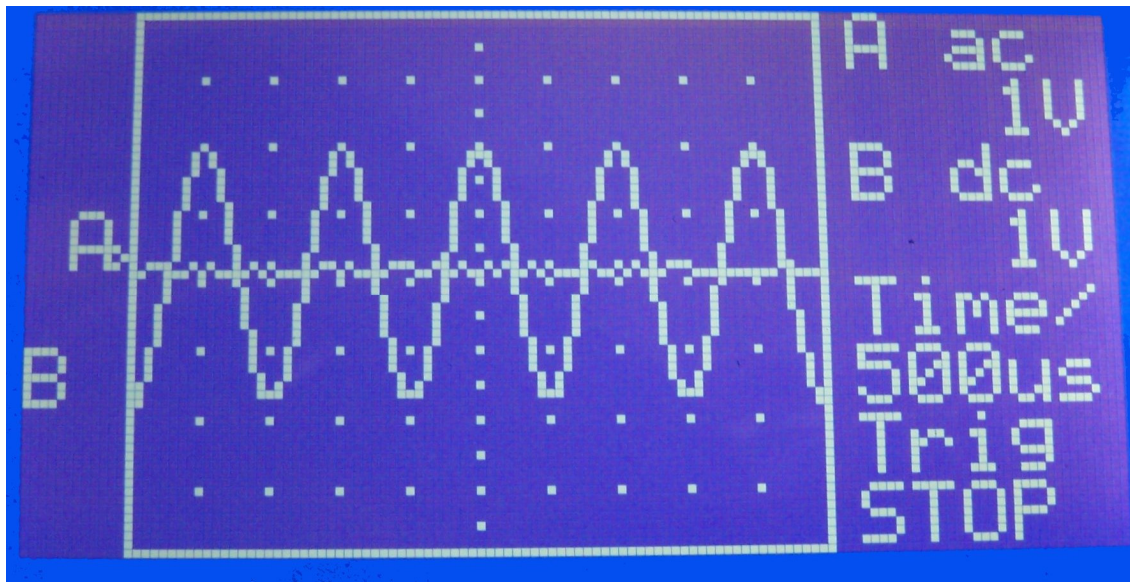
1. Scope
 - 1) Scope (Alap oszcilloszkóp funkció)
 - 2) YX (XY oszcilloszkóp mód)
 - 3) FFT (Fast Fourier Transformation (jelenleg nem működik))
 - 4) Param. (A mérésre jellemző beállítások)
 - 5) Datalog (Mérési adatok gyűjtése (jelenleg nem működik))
 - 6) Param.(Az oszcilloszkópra jellemző beállítások)
2. Datalog (jelenleg nem működik)
3. Draw (Rajzolni lehet vele a kijelzőre)
4. Transfer (A bootloadert programozott PICet itt lehet frissíteni)
5. BMP (Megtekinthetők az EEPROM-ban tárolt grafikák)
6. Save (Menteni lehet a különböző beállításokat)



Digitális Oszilloszkóp

Első mérések az eszközzel („Scope” mód)

Az első méréseket egy precíziós, $F=1\text{kHz}$ -es szinuszos jellel végeztem. A jel amplitúdója 5V volt. A bemeneti érzékenysége 1V-os bemeneti érzékenység, illetve az 500us-os időalappal a képen látható jelet láttam a kijelzőn.



Mint látható a jel két tetőpontja között 2 osztás van, azaz

$$F = \frac{1}{2 * 500\mu} = 1000\text{Hz} = 1\text{kHz}$$

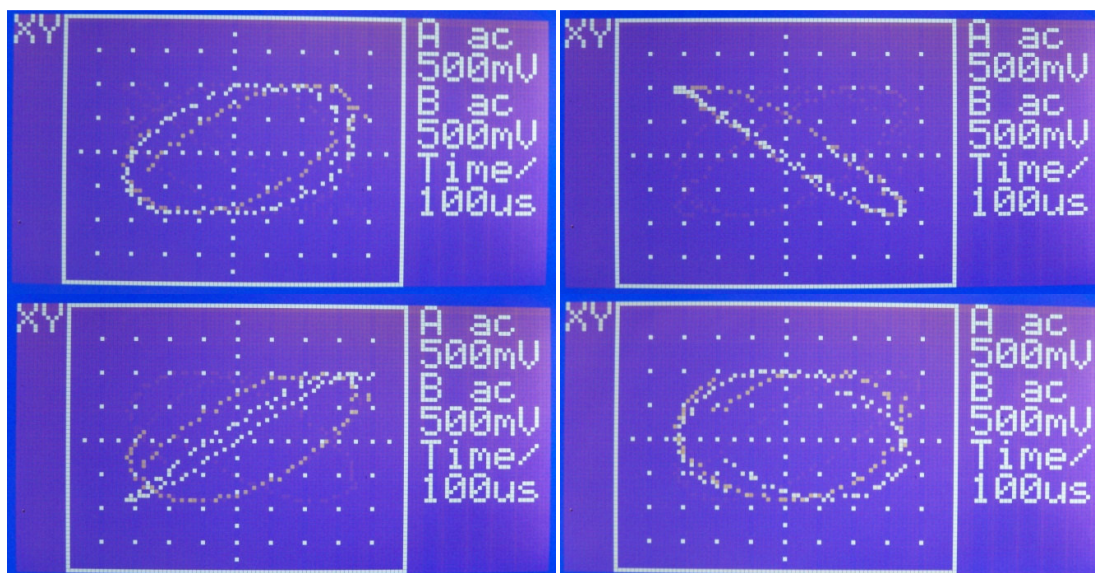
„XY” mód (Lissajous-ábrák)

Két, azonos frekvenciájú jel közötti fázisszög az ellipszis nagy- és kistengelyének méréseivel meghatározható. A fázisszög annak a szögnek a kétszerese, melynek tangense a nagy, illetve a kistengely hosszúságának hányadosa.

Ennek a módszernek a pontossága attól függ, hogy mennyire egyenlő az oszcilloszkóp vízszintes és függőleges erősítőinek fázistolása, valamint attól, hogy milyen gondosan tesszük egyenlővé a vízszintes és függőleges amplitúdókat.

Digitális Oszcilloszkóp

Az oszcilloszkóppal mért Lissajous ábrák (2:1) arányú frekvenciával:



Végszó

Nagyon örülök, hogy ezt a projektet megvalósítottam, mivel számomra ez egy nagy kihívást jelentett, és bebizonyíthattam magamnak, hogy képes vagyok megcsinálni. Sok buktatót és más irányú ismeretek elsajátítását (PIC, EEPROM programozás) tette szükségessé, de ezeket a későbbiekben még használni tudom, ezért örülök, hogy szükség volt erre.