

OTDK DOLGOZAT

Jandó Bence - Juhász Botond - Lampert Levente

Amatőr oszcilloszkópok evolúciója

Konzulens:

Dr. Fehér András

Győr
2022 április

OTDK dolgozat

Amatőr oszcilloszkópok evolúciója

konzulens:

Dr. Fehér András
egyetemi docens
GIVK Távközlési Tanszék

Jandó Bence
Villamosmérnök alapszakos
hallgató, 2. félév

Juhász Botond
Villamosmérnök alapszakos
hallgató, 2. félév

Lampert Levente
Villamosmérnök alapszakos
hallgató, 2. félév

dolgozat lezárva:

2022. június 16.

Absztrakt

Jandó Bence, Juhász Botond, Lampert Levente: Amatőr oszcilloszkópok evolúciója

Kulcsszavak: oszcilloszkóp, rádióamatőr, történelmi áttekintés, digitális tárolás, DIY, Triggerelés, H-313, DSO138, oszcilloszkóp vezérlése számítógéppel.

A dolgozat áttekintést ad rádióamatőrök számára elérhető oszcilloszkópok felépítéséről, tulajdonságairól.

A Rádiótechnika újság korábban részletesen bemutatta az orosz H-313 katódsugárcsöves oszcilloszkópot. Bemutatott egy LED kijelzésű digitális oszcilloszkópot.

Célunk ezen oszcilloszkópok tulajdonságainak vizsgálata mellett egy ma kitben kapható, házilag összeépíthető DSO138 típusú digitális oszcilloszkóp jellemzőinek vizsgálata.

Részletesen elemezzük a kapcsolási rajzok alapján az elvileg elérhető elektronikus paramétereket, majd ezeket mérésekkel is igazoljuk.

Meghatározzuk mérésekkel az oszcilloszkóp mérési bizonytalanságát.

Fejlesztési célunk a digitális oszcilloszkóp számítógéppel való összekapcsolása, és a mérési tulajdonságainak szoftveres bővítése, mely javíthatja a mérés pontosságát.

Távolabbi célunk az oszcilloszkóp belső szoftverének módosítása, mely további kényelmi szolgáltatásokat nyújthat a felhasználók számára: a jelek különböző tulajdonságainak automatikus mérése, periódusidő, frekvencia, glitchek kimutatása, torzított jelek mérése, az oszcilloszkóp által vizsgált villamos jel alapján több minőségi és mennyiségi paraméterére lehet egyidejűleg következtetni.

Tartalomjegyzék

Absztrakt	I
Tartalomjegyzék.....	II
Ábrajegyzék	III
Táblázatok.....	III
Rövidítések.....	IV
1 Bevezetés.....	1
2 Az oszcilloszkópokról	3
2.1 Analóg oszcilloszkópok.....	3
2.2 Digitális oszcilloszkópok.....	4
3 Az N-313-as oszcilloszkóp.....	6
3.1 Bevezetés	6
3.2 Gyártói adatok.....	6
3.3 Felépítés.....	7
3.4 A szakirodalom gyakorlati észrevételei	8
3.5 Tapasztalataink összegzése.....	8
3.6 Útkeresés az oszcilloszkópok fejlődése során.	9
4 A DSO-138-as oszcilloszkóp	11
4.1 Bevezetés	11
4.2 Gyártói adatok.....	11
4.3 Az oszcilloszkóp megépítése és beüzemelése	12
4.4 Felépítés és működés	13
4.5 Mérések előtti tapasztalataink.....	15
5 Mérések a DSO-138-as oszcilloszkóppal	17
5.1 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szinuszos jelalakkal	17
5.2 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szimmetrikus négyszögjellel.....	19
5.3 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szimmetrikus háromszögjellel	21
5.4 100mV amplitúdójú mérések fő tapasztalatainak összegzése.....	21
5.5 1V amplitúdó feletti mérés szinuszos jelalakkal.....	22
5.6 Frekvenciamérés 10V amplitúdójú szinuszos jellel.....	23
5.7 Frekvenciamérés 10V amplitúdójú szimmetrikus négyszögjellel	24
5.8 1V-tól 10V-ig terjedő mérések fő tapasztalatainak összegzése	25
5.9 Mérések kiértékelése.....	25
6 A DSO-138 gyakorlati alkalmazhatósága	27
6.1 Amatőr oszcilloszkópok tulajdonságai kérdőív kiértékelése	27
6.2 A DSO-138-as digitális oszcilloszkóp használati lehetősége	31
6.3 Milyen felhasználói csoportnak célszerű beszerezni az eszközt?	32

7	Az oszcilloszkóp továbbfejlesztésében rejlő potenciálok.....	33
7.1	Milyen fejlesztési lehetőségeket enged meg az oszcilloszkóp felépítés?	33
7.2	Potenciális fejlesztési lehetőségek	33
8	A dolgozat lezárása.....	35
8.1	Az ismeretanyag összefoglalása	35
8.2	Mit adott nekünk a dolgozat megírása?	35
9	Irodalom	37
10	Melléklet.....	38
10.1	N-313 kapcsolási rajza [5][6][7].....	38
10.2	OML-M2 kapcsolási rajza [15].....	40
10.3	Digitális oszcilloszkóp [16]	42
10.4	DSO-138 kapcsolási rajza.....	43

Ábrajegyzék

1. ábra	Analóg oszcilloszkóp függőleges csatorna.....	3
2. ábra	Digitális oszcilloszkóp függőleges csatornája.....	4
3. ábra.	N-313-as oszcilloszkóp	6
4. ábra.	Impulzusgeneráló áramkör elvi rajza	8
5. ábra.	OML-2M [14].....	9
6. ábra.	Részlet a használati utasításból [11].....	12
7. ábra.	A TL084 műveleti erősítő felépítése [13]	15
8. ábra.	1. kérdés válaszai.....	27
9. ábra.	2. kérdés válaszai.....	28
10. ábra	3. kérdés válaszai.....	29
11. ábra.	8. kérdés válaszai.....	31

Táblázatok

1. táblázat.	N-313 gyártói adatai	6
2. táblázat.	DSO-138 gyártói adatai	11

Rövidítések

AC	Alternated Current; Váltakozóáram
BNC	koaxiális csatlakozótípus
DC	Direct coupled; Közvetlen csatolás
DIY	angol betűszó, jelentése „csináld magad”
GND	Ground (földelés, hidegpont)

1 Bevezetés

„Az elektronikus áramkörökben zajló folyamatok csak igen szélsőséges esetekben láthatók, s ha a halványan fölszálló füstcsík csalhatatlanul jelzi is, hogy az elektronok tévutakon kóborolnak, e jelenség korántsem tekinthető egzakt mérésnek.” [1]

Az idézet György István és Kádár Péter 1979-ben közölt N-313-as oszcilloszkóppal foglalkozó cikksorozatának bevezetéséből származik. Mindamellet, hogy figyelemfelkeltő pár sor, tudatosan vagy tudat alatt szellemesen összefoglalja a mérésügy fontosságát a villamostechnika területén.

Az emberiség történelmi fejlődése alatt folyamatosan érzékelhető a természetes igény az iránt, hogy minél pontosabb ismereteink legyenek magunkról és a körülöttünk létező világról. Az idő, távolság, tömeg, hőmérséklet, sebesség és a végtelenségig sorolható összes további mennyiség, amely mérésével elkezdett foglalkozni az ősi korok embere, elősegítve a társadalmi előrehaladást.

Az elektromosság megkérdőjelezhetetlen tartóoszlopa jelenlegi társadalmunknak. Legtöbben (a modern oktatási rendszerben) 7.-8. osztályos fizika órákon találkoztunk ezzel a tudománnyal, ahol a szaktanár egy rongy és egy rúd összedörzsölésével szemléltette a statikus elektromosság jelenségét a tanulóknak. Habár a fent említett folyamat elvégzése után már az ókori görögök is hagytak feljegyzéseket a villamosság jelenségéről, a témakör kidolgozásának megkezdését a 18. század kutatóinak tulajdonítjuk. Nekik adhatott ihletet Benjamin Franklin állítólagos kísérlete, mely során viharban sárkányt reptetve próbálta a villámcsapás töltését megállapítani, hiszen felismerte, hogy a bekezdés elején ismertetett kísérlet és a villámcsapás alapjaiban véve hasonló jelenségek. Annak ellenére, hogy Benjamin Franklin próbálkozása nagy valószínűséggel csak egy jól hangzó történet, mégis elindíthatta a kor tudósait a villamosság vizsgálatának irányába. 1780-as években Luigi Galvani feljegyezte az elektromosság biológiai hatásait, mely által inspirálódva Alessandro Volta megalkotta az elektromos áram elméletét és létrehozta az első galvánelemet. Ampère és Ohm munkája további ismeretekhez juttatta a tudományos világot, Michael Faraday kísérleti munkája pedig lehetővé tette a villamosság gyakorlati alkalmazását. A tudományterület további fejlődését a 19. és 20. század méltán híres kutatói (a teljesség igénye nélkül), Tesla, Edison, Morse, Siemens, Bell vagy éppen Jedlik Ányos garantálta.

Célunk a most következő dolgozattal, hogy bemutassuk a „hétköznapi”, hobbielektronika után érdeklődő személyek számára elérhető oszcilloszkópok történelmét, egy 1970-es

években forgalmazott műszeren keresztül, egy, a jelenkorban elérhető, belépő szintű oszcilloszkóp működését és a továbbfejlesztésében rejlő potenciálokat.

2 Az oszcilloszkópokról

Ahhoz, hogy a továbbiakban érdemben tudjunk írni a dolgozatunk fő témáiról, szükségesnek tartjuk az alapok ismertetését.

Az oszcilloszkóp az elektrotechnikában használt, elektromos jelek megjelenítésére szolgáló mérőeszköz. Néhány kivételes eseten kívül a mérendő feszültség időben való lefolyásának vizsgálatára használják, de kiegészítőkkel, vagy beépített kényelmi szolgáltatásokkal egyéb vizsgálatokat is el lehet végezni vele.

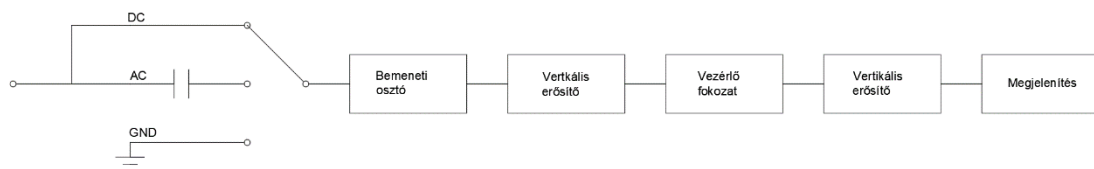
Működési szempontból két fő részre bontja a szakma az oszcilloszkópok halmazát: digitális és analóg.

2.1 Analóg oszcilloszkópok

Az analóg oszcilloszkópok felépítését szétbontanánk a függőleges-és a vízszintes csatorna külön-külön történő ismertetésére.

A függőleges csatornára érkezik a bemenő jel BNC típusú vezetéken keresztül. A fogadó foglalat után közvetlenül egy háromállású kapcsolóra érkezik a jel. GND állásban a jel megszakad, a bemenet földelődik. DC állásban a jel direkt utat kap, AC állásban egy kondenzátoron keresztül halad tovább, mely egy szűrőként kiszűri a jel egyenfeszültségű komponensét. A jel következő állomása egy attenuátor (osztó), mellyel a jel megjelenítését tudjuk beállítani. Ez a kalibráció lehet fokozatos (kapcsolókkal) vagy folyamatos (potenciométerrel).

A bemeneti osztó után következik a vertikális erősítés és az opcionálisan beépített kényelmi funkciók alkalmazása, egy arra alkalmas vezérlővel. A vertikális osztóból érkező jel vezérli a katódsugárcsövet, amely a megjelenítésért felelős. A professzionális oszcilloszkópokat általában két bemeneti csatornával látják el. Ez esetben a két csatorna felépítésileg azonos, de fizikailag különböző ágakat alakítanak ki, amelyek a katódsugárcsőnél találkoznak.



1. ábra Analóg oszcilloszkóp függőleges csatorna

A vízszintes csatorna felelős az időalap jelének generálásért és a jelek szinkronizálásáért. Az időalap leképezéséhez fűrészeletet használnak, melyet belső generátor állít elő, vagy egy bemeneten keresztül kapcsolnak rá az oszcilloszkópra. A fűrészjel amplitúdója

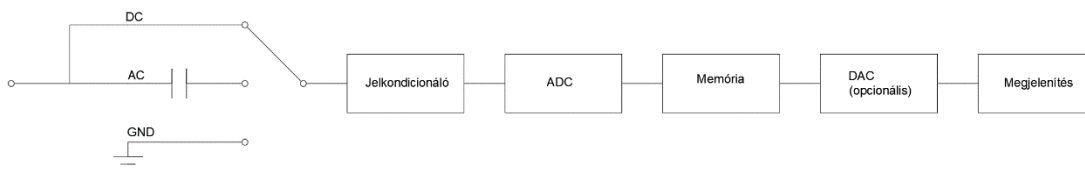
arányos a kijelző szélességével, lefutási ideje elhanyagolható. Kalibrálása hasonló módon működik, mint a függőleges csatorna bemeneti osztója, lehet fokozatos (kapcsolókkal) vagy folyamatos (potenciométerrel). E kalibráció elvégzésével állíthatjuk be az oszcilloszkóp időalapját. A megfelelő beállítás a vizsgált jeltől és a vizsgálati módszertől függ.

Periodikus jelek mérése esetén szükséges, a folyamatosan változó jelalak stabilizálása, mellyel jobb vizsgálati körülmények teremthetők. Ezt úgy tudjuk megvalósítani, ha a fentebb tárgyalt fűrészel következő impulzusa akkor indul, amikor a periodikus jel egy megadott magassági szintet (ez a trigger level (TL) vagyis trigger szint) ér el. Ezt a folyamatot nevezzük triggerelésnek. Mivel ez a beállítás nagy mértékben befolyásolja a jel leolvashatóságát, ezért fontosnak tartjuk a kalibrálási lehetőségek rövid áttekintését. A triggerelés forrása lehet belső, mely során az oszcilloszkóp a csatornák vagy a tápfeszültség jelének használatával triggerel a beállított trigger szinten, vagy külső, amikor a folyamathoz használt jelet külső forrásból (például egy jelgenerátorból) kötjük rá a műszer erre szolgáló bementére. A triggerelés lehet automatikus, egyszeri és periodikus (a jel emelkedő vagy süllyedő oldalán).

A jel megjelenítése egy ernyőn történik, melyet a katódsugárcső elektronágyújából kilőtt elektron eltalál és az ernyőn található fénypor a becsapódás helyén felvillan, majd rövid ideig utánvilágítással teszi láthatóvá a jel adott pontját.

2.2 Digitális oszcilloszkópok

A technológia ugrásszerű fejlődése lehetővé tette, hogy az oszcilloszkópokat is új alapokra helyezték a fejlesztők, átalakítva belső felépítését és működés bizonyos részeit. A bemenetre kapcsolt jeltől periódusonként többször vesz mintát a rendszer, amely mintákat analóg-digitális átalakító segítségével 8 bites digitális jellé konvertálják. Ezeket a 8 bites jeleket tárolja az oszcilloszkóp memóriája. A memóriát egy külön áramkör olvassa, és jeleníti meg a jelet az oszcilloszkóp kijelzőjén. Egyes típusú oszcilloszkópok esetén megjelenítés előtt szükség lehet a jel újbóli átalakítására, melyet egy digitális-analóg átalakító végez el.



2. ábra Digitális oszcilloszkóp függőleges csatornája

A tény, hogy a digitális oszcilloszkóp 8 bites alakban tárolja a jelet, olyan kényelmi funkciók fejlesztését tette lehetővé, melyek nem voltak megvalósíthatók az analóg oszcilloszkópok esetében. A mai modern műszerekben lehetőség van a jel teljes vagy részleges elemzésére, amelyet az eszköz végezhet automatikusan, vagy a felhasználó által megadott jelrészleten. Továbbá a digitális jeltárolás lehetővé teszi a számítógépekkel való kompatibilitást. A számítógépeken elérhető vagy létrehozható elemzőprogramoknak hála, ma már csak a fejlesztői képességek és kreativitás szab gátat a jelek minél komolyabb elemzéséhez.

A digitalizáció az oszcilloszkópok vezérlésében is újítást hozott. A leggyakrabban használtak ezek közül az új triggerelési módszerek (elő-, utó-és késleltetett triggerelés). A dolgozat további részeinek könnyebb értelmezéséhez szükséges ismeretek rövid áttekintése után a következő fejezetben bemutatjuk, hogy az 1970-es években milyen tulajdonságokkal és lehetőségekkel rendelkezett az az oszcilloszkóp, amely a magyar hobbielektronikával foglalkozó személyek számára akkoriban elérhető volt.

3 Az N-313-as oszcilloszkóp

Fejezet forrásai: [5], [6], [7], [8], [9], [10]

3.1 Bevezetés

Fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy sajnálatos módon nem volt lehetőségünk gyakorlatban kipróbálni az oszcilloszkópot! Az ismeretanyag alapja online elérhető forrásokból és szakirodalomból származik, melyeket forrásként minden esetben megjelölünk az adott fejezetben.



3. ábra. N-313-as oszcilloszkóp

A műszerből ma is elérhetők és megvásárolhatók korlátozott számú darabok. Árukban nagy a differenciálódás, az ebay nevű webáruházban található működő darab 175€-től.

3.2 Gyártói adatok

A gyártói adatok forrása: [8]

1. táblázat. N-313 gyártói adatai

Szimmetrikus jelek frekvenciatartománya	0Hz-1MHz
Időalap tartománya	1 μ s-10s
A vizsgált jelek amplitúdója	1mV-300V
Mérési tartomány	5mV-120V
Függőleges csatorna eltérítésének mértéke	$\pm 1,6$ V
Függőleges csatorna minimum osztása	2,5mV/cm
Bemeneti impedancia	500k Ω 40pF
Tápfeszültség	127V, 220V
Fogyasztás	18W
Fizikai méret	245x70x255mm
Tömeg	2,8kg
Ára (1975-ös árfolyamon)[3]	125 rubel / 4167 ft

3.3 Felépítés

A felépítés nagy részben követi azt a sémát, amelyet az előző fejezet analóg oszcilloszkópokkal foglalkozó részében röviden kifejtettünk.

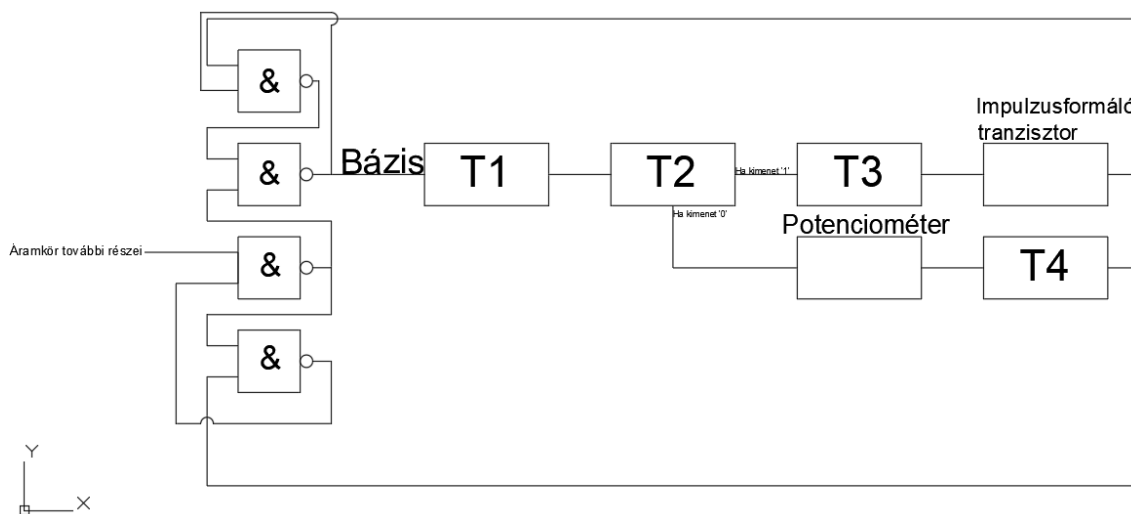
A koaxiális bemeneti foglalat után közvetlenül megtalálható kapcsoló ez esetben csak kétállású (DC és AC). A bemeneti attenuátor tizedére vagy századára képes osztani a jelet, azonban ez a lépés kikerülhető, ez esetben a jel közvetlenül megy tovább egy FET erősítőre, természetesen nagyfeszültség elleni védelmen és egy kompenzáló kondenzátoron keresztül.

A függőleges csatornán történő erősítés több lépésben történik. A 0V szint beállítása után első lépésben egy potenciométerrel és kapcsolóval választhat a felhasználó, hogy az első erősítés után egyszeresen vagy tízszeresen erősített jelet kapjunk. Következő erősítési fokozatban kétszeres, ötszörös, tízszeres vagy hússzoros erősítést végez a műveleti erősítő. Mindkét lépés során egy-egy kondenzátor frekvenciakompenzációt végez a jelen az erősítőbemenet előtt. A második erősítési fokozat után a jel a „*belső szinkron*” kapcsolódási pontra jut el a kimeneti nagyfeszültségű erősítés után, melyet egy végfokerosztó végez.

A vízszintes csatorna ebben a konkrét esetben is a szinkronizációért felelős. Ez lehetséges belső-és külső forrásból, valamint a tápfeszültséget felhasználva. A fűrészelet egy fűrészgenerátor állítja elő kondenzátorok és diódák segítségével. A kondenzátorokat állandó árammal töltjük, ellenállások és egységnyi erősítés segítségével független lesz a kondenzátorokon eső feszültségtől. Ez teszi lehetővé a feszültség egyenletes növekedését. Az időalap vezérlését különböző ellenállások, diódák és tranzisztorok végzik.

A fűrészelet ciklikusságát logikai kapcsolások alkalmazásával valósították meg az oszcilloszkóp fejlesztői. A kapcsolat alapját egy műveleti erősítő, öt darab tranzisztor és egy NAND kapu pár adja. Alaphelyzetben a műveleti erősítő kimenetén magas logikai szint van jelen. Ez a kimenet közvetlen összeköttetésben áll a most tárgyalt kapcsolat első tranzisztorának (T1) bázisával. Ez a tranzisztor nyitott állapotot tart fent, ameddig a bázisán logikai '1'-est érzékel. Ezen áramköri elem nyitáskor a korábban említett töltőkondenzátorokat kisütött állapotba állítja és megkezdődhet a töltőáram áramlása. A töltőáram ellenállásokon keresztül a második tranzisztor (T2) vezérlő elektródájára kerül. Egy további tranzisztoron (T3) keresztül a jel egy impulzusformáló tranzisztorra kerül. Az impulzusok hatására a műveleti erősítő átbillen, kimenetén logikai alacsony szint jelenik meg, az első tranzisztor záródik, a kondenzátorok elkezdnek töltődni. A lineáris feszültségnövekedés addig folytatódik, amíg a rendszer potenciométerén nem esik

minimum 0,6V. Ebben a pillanatban kinyit a kapcsolás utolsó tranzisztora (T4), ami a NAND kapu párral van kapcsolatban. A NAND kapuk átbillenek, mellyel alaphelyzetbe hozzák a kapcsolást, a kondenzátorok kisülnek.



4. ábra. Impulzusgeneráló áramkör elvi rajza

A megjelenítést az analóg oszcilloszkópok általános ismertetésénél tárgyalt módon egy 600V anódfeszültségű katódsugárcső biztosítja.

3.4 A szakirodalom gyakorlati észrevételei

A műszer fémházát földelni kell beüzemelés előtt, különben a szikrák a mérendő áramkör meghibásodását idézhetik elő (a kisülések nem életveszélyesek). A gépház szétszedése esetén feszültségmentesítés után is csak körültekintően vizsgáljuk a műszer belsejét, hiszen az esetleges nagyfeszültségek személyi sérülést okozhatnak. A nagyfeszültség okozói a tápegység elektrolit kondenzátorai, hiszen ezen alkatrészek sokáig képesek nagyfeszültséget tárolni.

Mint bármely analóg mérőműszer esetében, az oszcilloszkópon is a legnagyobb méréshatárokból kezdjük a méréseket, majd folyamatos csökkentéssel végezzük a pontosításokat. Ezzel a technikával elkerülhető az oszcilloszkóp túlterhelése.

Az egyes és tízes osztásban a jel instabil és könnyen begerjed. Ezt a hibát az erősítő rossz kompenzációja okozhatja.

A katódsugárcső fényereje kevés, a fényerőszabályzó potenciométert maximális végkitérésbe kell állítani.

3.5 Tapasztalataink összegzése

Habár a kutatás (és saját kíváncsiságunk) szempontjából hátrányos tényező, hogy nem volt szerencsénk előben kipróbálni és tesztelni az oszcilloszkópot, de a fennmaradt

dokumentációk, feljegyzések és szakirodalom segítségével átfogó képet kaphattunk a műszer felépítéséről, működéséről. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy ez a kor újságírói és kutatói munkájának dicsérete, hiszen olyan oktatóanyagokat és ismertető cikkeket írtak a témáról, hogy az alap (esetünkben 2 féléves villamosmérnöki) szaktudással is elsajátítható úgy, hogy az N-313-assal csak papíron, szövegek és kapcsolási rajzok tengerén keresztül találkoztunk.

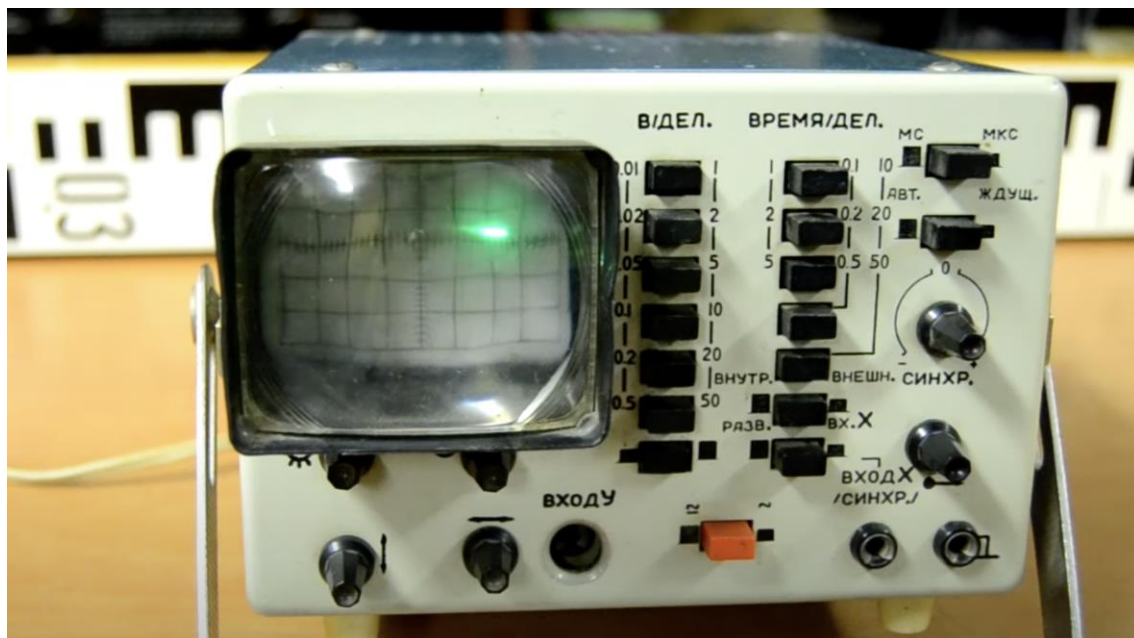
Az oszcilloszkóp fizikai megjelenése és minőségéről jó nyilatkozatokat olvastunk, a fémház masszív kialakítású, az áramköri alkatrészek megfelelő minőségűek és strapabírók. Kezeléséhez elengedhetetlen az orosz nyelv alap szintű ismerete. Bizonyos kényelmi funkciók hiányoztak a műszerből, a feljegyzésekben legtöbbször a Lissajous-módszerrel való mérési lehetőség hiányát emelik ki. Ez annak az oka, hogy a vízszintes csatorna eltérítése nem kapcsolható ki.

A műszer eredeti ára 125 rubel, valutaváltás után (1975-ös valutaváltási adatok) 4167 forint. Ez az infláció miatt szükséges korrekciók után a forint mai értéke mellett kb. 120 000 forintot [4] jelent.

3.6 Útkeresés az oszcilloszkópok fejlődése során.

Mielőtt rátérnénk a jelenkori oszcilloszkóp ismertetésére, szeretnénk röviden bemutatni két olyan műszert, melyek a kacifántos, kreatív megoldásokkal teli modernizációs átmenetben érdekes megoldásokkal emelkedtek ki a piacról. Mindkét műszert a *Rádiótechnika* folyóirat mutatta be.

Az első oszcilloszkóp az OML-2M típusú műszer [15].



5. ábra. OML-2M [14]

Ez a kompakt szovjet oszcilloszkóp kedvező ára, egyszerű használhatósága és kis kivitele miatt lopta be magát a hobbielektronikusok szívébe. Az egy katódsugárcsővel ellátott mérőeszköz 3db FET erősítőt, 4db duáltranzisztort és 54 db tranzisztort tartalmaz 3 NYÁK-lapon elosztva. Érdekesség, hogy nem alkalmaztak IC fokozatokat a tervezéshez. Legfőbb előnye az N-313-hoz képest, hogy megvalósították benne az X-Y megjelenítési módot, így alkalmas a műszer Lissajous-módszerrel való mérésre. Az oszcilloszkóp kapcsolási rajzai a mellékletek között találhatóak.

A második bemutatott oszcilloszkóp egy kísérleti darab, melyet az 1981-es *Rádiótechnika* [16] évkönyvben mutatott be az elkészítője. Legkiemelkedőbb tulajdonsága, hogy a korban elterjedt katódsugárcsőves megjelenítési megoldás helyett LED-mátrixot alkalmazott. Ennek a felépítési módnak az alapja egy rendkívül komplex és bonyolult logikai rendszer, melynek a megértő leírása akár egy egész dolgozatot is igényelhetne, ezért csak rövid kulcsmondatokban foglalnánk össze a leglényegesebb részleteket. Az analóg bemenő jelet különböző szintekre osztja a rendszer, majd minden szinthez hozzárendel egy bináris számot. A jelet innen továbbküldik egy dekódoló áramkör bementére, mely a LED-mátrixszal áll közvetlen kapcsolatban. A könnyebb leolvashatóság érdekében két túlfolyást jelző LED-et is beépítettek, melyek akkor villannak fel, ha a jel nem jelenik meg teljes függőleges kiterjedésével a kijelzőn. Az előbb ismertetett rendszer egyébként a digitális oszcilloszkópokban található analóg/digitális átalakító korabeli megoldása. A LED-mátrix egy speciális kijelzőrendszer, melyben minden elemi pontot egy LED valósít meg. A vezérlése a sorok és oszlopok egyidejű, megfelelő fáziskülönbségű feszültség alá helyezéssel működik. A vízszintes csatorna hasonlóan bonyolult logikai kapcsolás segítségével épül fel, mint a függőleges, viszont fontos kiemelni, hogy már az N-313 is tartalmazott ezen szekciójában logikai áramköröket az impulzusformálsához. Természetesen nem teljes mértékben összehasonlítható a kettő, hiszen a két műszer az oszcilloszkópok két külön halmazát képviselik.

Ha az OML-M2 egy amatőr, kezdők számára is használható műszer, akkor ez a digitális oszcilloszkóp sziklaszilárd szakmai tudást igénylő projektfeladat az elektronika megszállottjainak.

4 A DSO-138-as oszcilloszkóp

4.1 Bevezetés

A mai modern elektrotechnika világában fogant komplex eszközök működésének megértéséhez talán a legegyszerűbb út, ha a hobbielektronikus már a megépítés fázisában elkezd tanulni a műszer megoldásait.

A DSO-138-as oszcilloszkóp fő varázsai közé tartozik az alacsony ára (kb. 20€), egyszerű felépítése, felhasználóbarát dokumentációja és hogy DIY (angol betűszó, jelentése „csináld magad”) csomagban is kapható. Ha a vásárló ezt a megoldást választja, magának kell összeraknia az oszcilloszkópot. Ez a megoldás mindamellett, hogy remek szórakozás, fejleszti a felhasználó forrasztási és kapcsolási rajz értelmezési képességeit.

Következőkben hasonló részletességgel fogjuk tárgyalni a műszer témáját, mint ahogy az N-313-as oszcilloszkóp esetében tettük, kiegészítve természetesen az újonnan megjelenő funkciókkal, és a megépítés folyamatának ismertetésével.

4.2 Gyártói adatok

forrás: [4]

2. táblázat. DSO-138 gyártói adatai

Analóg sávszélesség	0Hz-200kHz
Mintavételi ráta	1Mpsps
Érzékenység	10mV/div-5V/div
Érzékenységi hiba	<5%
Időalap	10μs-500s
Kijelző felbontása	320x240 pixel
Maximális bemeneti feszültség	50Vpp
Bemeneti csatornák száma	1
Bemeneti impedancia	1MΩ
Tápfeszültség	9V (8V-12V) DC
Tápáram	120mA
Fizikai méret	117x76x15
Tömeg	70g
Ára	Kb. 20€

Beépített kényelmi funkciók:

- Bemeneti lehetőségek: DC, AC GND

- Trigger módok: AUTO, NORMAL, SINGLE
- Trigger típusok: a jel emelkedő vagy csökkenő élén
- PC-hez való kapcsolódási lehetőség
- Beépített tesztjel

4.3 Az oszcilloszkóp megépítése és beüzemelése

Az oszcilloszkóp megépítéséhez szükséges információk többsége megtalálható a műszer dobozában mellékelt használati utasításon. Az összeállításhoz szükséges az ellenállások és fojtó induktivitások színkódjának ismerete, ehhez nem mellékelt ismertető anyagot a gyártó.

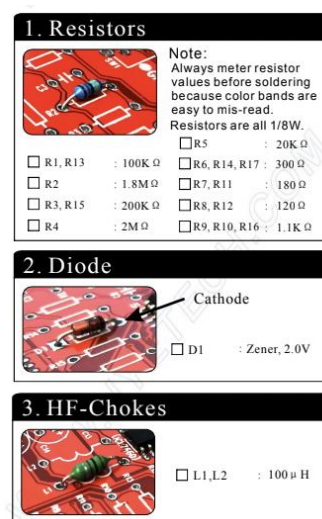
A fejlesztő ezen felül kiemeli, hogy megfelelő forrasztási tapasztalatok hiányában nem garantálható a mérőeszköz működése.

Az oszcilloszkóp megépítéséhez szükséges továbbá forrasztópákára, ónra (forrasztáshoz), feszültség és ellenállás mérésére alkalmas eszközre, csavarhúzóra, csípőfogóra és csipeszre.

A gyártó két részre osztja a folyamatot. Első lépésben a műszer összeszerelésével foglalkozik, a másodikban teszteléssel. Az oszcilloszkóp megépítése egy 22 pontból álló utasítássorozaton keresztül történik. Minden lépés képekkel van illusztrálva, melyekhez a komplikáltabb esetekben szöveges magyarázatot is mellékelnek. Lépéscsoportok sorrendje szerint haladva a megépítés következőképpen történik: kisebb áramkörti elemek (ellenállások, induktivitások, kapacitások, LED) beépítése, tranzisztorok, szabályozható és elektrolit kondenzátorok felhelyezése, csatlakozóaljzatok és kapcsolók

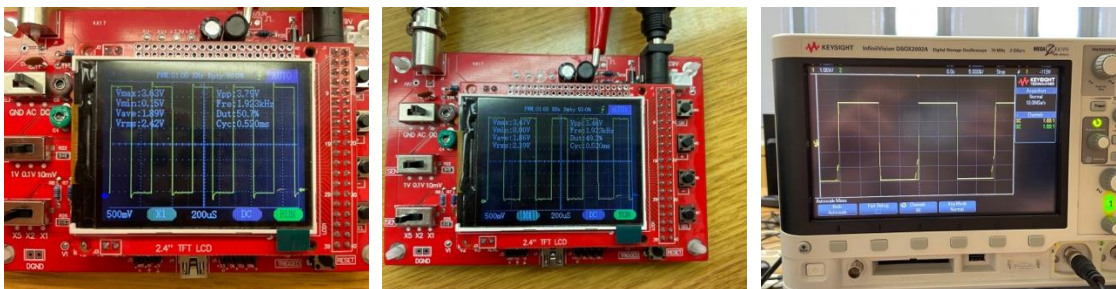
illesztése. Kérjük, hogy az oszcilloszkóp megépítéséhez pontosan kövesse a gyártó által javasoltakat! 2. lépésben a tesztelést már feszültség alatt kell végezni, ezért körültekintő módon kell a feszültségméréseket elvégezni. A sikeres mérések és a feszültségmentesítés után csatlakoztathatjuk az LCD kijelzőt.

Ha az összeépítés sikeres volt, az oszcilloszkóp ettől a ponttól működőképes. A pontos mérések érdekében javasoljuk a műszer kalibrálását, amihez a használati utasítás szintén



6. ábra. Részlet a használati utasításból [11]

pontos leírást ad. A folyamat két kondenzátor (esetünkben C4 és C6) kalibrálásával történik.



A beállítás folyamata (a kijelző bal felső sarkánál látható a két állítható kondenzátor)

A beállítás célja, hogy minél simább élű négyszögjelet kapjunk. Az első kép a kalibrálás előtt, a második és harmadik kép kalibrálás után készült. A harmadik képen a jelet kivetítettük a KEYSIGHT DSOX2002A típusú oszcilloszkópra.

4.4 Felépítés és működés

A következőkben azonos módon haladunk a végig az oszcilloszkóp kapcsolási rajzának fontos részein, mint ahogy a 3.3. bekezdésben tettük, összevetve a digitális oszcilloszkópok elméleti felépítését a gyakorlati megvalósításával.

A digitális fejlődés lehetővé tette a hobbi oszcilloszkópok rohamszerű fejlődését és kompaktabbá válását is. Erre nagyszerű példa a DSO-138-as, főleg az N-313-as ismeretének tükrében.

Az oszcilloszkóp egyetlen BCN típusú bemenete közvetlenül egy háromállású kapcsolón (DC, AC, GND) jut be a jel a műszer analóg csatornájába. A kapcsoló második pólusával a processzort vezérli.

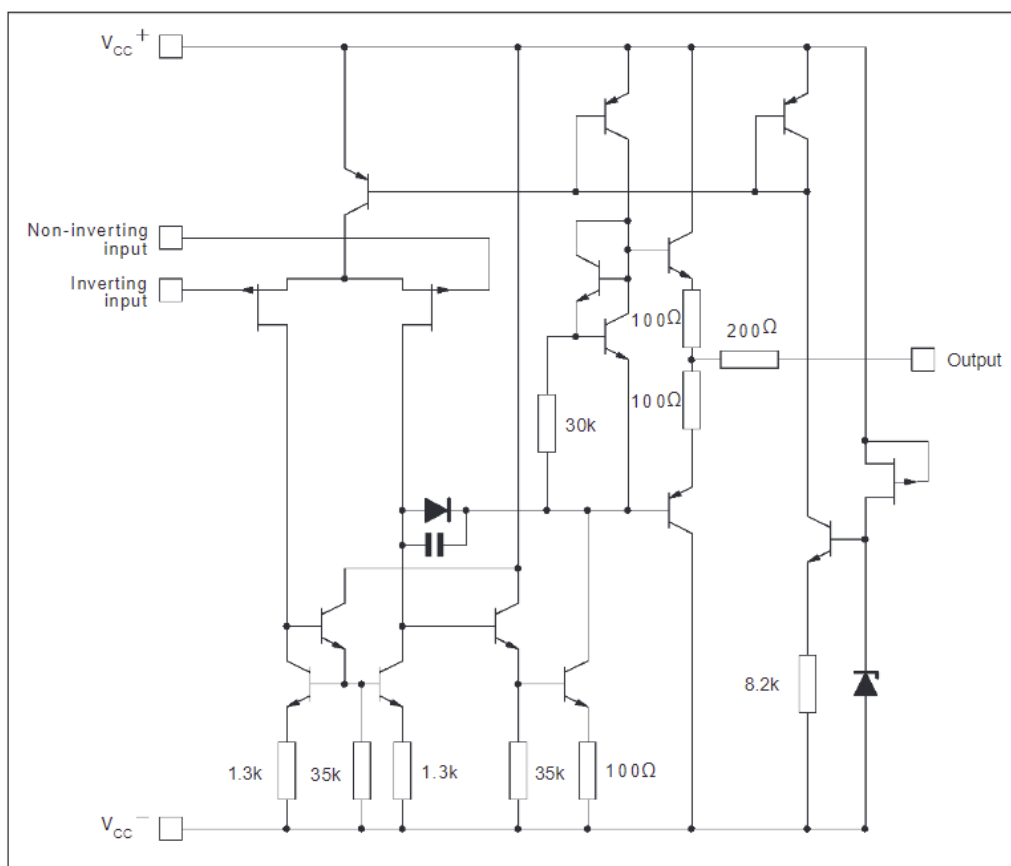
A következő szekció a függőleges csatorna érzékenységét kalibrálja. A második háromállású kapcsolóval 10mV/100mV/1V méréshatárok közül választhat a felhasználó. A feszültségosztót különböző nagyságú ellenállások alkotják, az osztó frekvenciakompenzációjáért kondenzátorok felelősek. Érdekesség, hogy a két nagyobb kondenzátor állítható kapacitású, ezekkel végezzük az oszcilloszkóp kalibrálását, amelyet a beüzemeléssel kapcsolatos bekezdésben tárgyaltunk. A kapcsoló ebben az esetben is második pólusával a processzort vezérli. Következő, egyben utolsó háromállású kapcsoló az utolsó méréshatárállítási lehetősége a felhasználónak. x1-es állásban a kapcsoló direkt utat nyit a jelnek, x2-es állásban egy ellenállást, x5-ös állásban kettőt kapcsol rá. Ez a kapcsoló is vezérli a processzort.

Ezen tapasztalatok alapján belátható, hogy az oszcilloszkóp maximum 25V amplitúdójú jelet képes teljes terjedelmében megjeleníteni. Legnagyobb méréshatárban a műszer 5V/div beállításon működik, ha ezt megszorozzuk a 10db függőleges osztással 50V-ot kapunk.

Az oszcilloszkópban egy TL084 típusú műveleti erősítő végzi el a jelerősítési feladatokat. Az erősítő első fokozata invertáló és egyszeres erősítéssel bír. A kapcsolásban látható, hogy a fokozat kimenete megszakítás nélkül rá van kötve az egyik bemenetre. Ez azt jelenti, hogy a kimeneti jel azonos fázisban követi a bemenő jelet. Ezt a megoldást a TL084 feszültségkövető módjának nevezik. A fokozat nagy bemeneti, de kicsi kimeneti impedanciával rendelkezik, ami azért előnyös tulajdonság, mert ezzel a beállítással nem terheli az erősítő a kimenete mögötti áramkört. Ez egyben azt is jelenti, hogy az erősítő ellenállása nem befolyásolja a mérést. A kimeneti visszacsatolás továbbá azért is előnyös, mert megakadályozza, hogy a jel begerjedjen az erősítés hatására.

A második fokozat a TL084 nem invertáló erősítője, amely a jel 0V szintjét 1,6V-ra konvertálja. Erre azért van szükség, mert a processzorban található analóg digitális átalakító 0V és 3,8V közötti jelet tud fogadni. Azzal, hogy ennek azt intervallumnak a közepére állítja be az erősítő a jel 0 szintjét a processzor a vizsgálandó jel minimumát kb. 0V-nak, maximumát kb. 3,8V-nak fogja látni.

A TL084 utolsó fokozata a triggerszintet hasonlítja össze a bemenő jellel és megindítja a triggerelési folyamatot, ha a kettő megegyezik és teljesülnek a meghatározott beállítások. Az erősítő kapcsolási rajza [13]:



7. ábra. A TL084 műveleti erősítő felépítése [13]

A DSO-138-as oszcilloszkóp lelkét egy Cortex-M3 ARM processzor adja. A processzortípus 2006-os megjelenésekor a 32 bites piacot célozta meg számos olyan funkciókkal, melyek csak csúcskategóriás termékekben voltak elérhetőek korábban. Fontos tulajdonságai a nagyobb teljesítmény-hatékonyság, alacsony fogyasztás, nagyobb kódsűrűség, alacsony ár és bővített továbbfejlesztési lehetőségek. Fejlesztői eszközök széles választéka elérhető az architektúrához, valamint a C nyelven való programozás tovább könnyítette és gyorsította a fejlesztési feladatokat. Három fő profiljába tartozó 'A' profilt nagy teljesítményű nyílt alkalmazásplatformokhoz tervezték (mobiltelefonok), az 'R' profil beágyazott valós idejű rendszerekhez használható (merevlemez vezérlés), az 'M' profilt beágyazott mikrokontrollerekhez tervezték (mint például a DSO-138).

4.5 Mérések előtti tapasztalataink

A DSO-138 esélyes arra, hogy egy remek eszköz legyen, olyan hobbielektronikával foglalkozó személyek számára, akik meg szeretnék ismerkedni az oszcilloszkópos mérések világával. Megépítése szórakoztató időtöltés, működése mélyére ásva sincs szükség komoly szaktudásra, de mégis olyan megoldásokat mutat be, melyekkel nagy valószínűséggel egy „kezdő” még nem találkozott.

Előzetes várakozásaink szerint alacsony frekvenciás-és/vagy feszültségű méréseknél a pontossággal nem lehet problémája a műszernek, de minél magasabb tartományba érünk ezen mennyiségekkel, annál valószínűbb, hogy fellépnek mérési és/vagy megjelenítési hibák. E feltételezésünk magyarázatához tegyük fel, hogy egy 50Vpp feszültségű jelet szeretnénk vizsgálni. A korábban tárgyaltakban leírtuk, hogy a mikrokontroller 0V és 3,8V-t közötti jeleket fog látni, hiszen ezt a tartományt tudja befogadni. Ez azt jelenti, hogy ami a valós jelben 1V-t, az ebben a méréshatárban a processzor számára $\sim 0,076V$ lesz. Kérdés, hogy ez a konvertálás milyen következményekkel fog járni. Azonban fontos megjegyezni, hogy egy hobbielektronikus aligha fog olyan méréseket végezni ilyen „magas” feszültségen, amihez oszcilloszkópot fog használni, ezért inkább elméleti a kérdés, de mégiscsak hozzátartozik az oszcilloszkóp megbízhatóságához és pontosságához.

5 Mérések a DSO-138-as oszcilloszkóppal

A DSO-138-as digitális oszcilloszkópon végzett tesztjeinknek és méréseinknek fő célja a műszer megbízhatóságának, pontosságának és a gyártó által kiadott adatok ellenőrzése volt, nem az, hogy minél látványosabb, komplexebb és professzionálisabb kísérleteket végezzünk. Egyrészt úgy gondoljuk, hogy a komoly szintű munkához komolyabb szintű felszerelés dukál, mint egy kb. 20€-s eszköz, másrészt a gyártó sem ilyen feladatokra tervezte az eszközt, valamint a hobbielektronikával foglalkozók vagy rádióamatőrök sem ilyen alkalmazási célok miatt vásárolják meg.

Minden mérésünk során készítettünk mérési jegyzőkönyvet, melyben részletesen fel vannak sorolva a használt mért-és segédeszközök és dokumentálva vannak benne a beállítások, a mérés menete és eredménye.

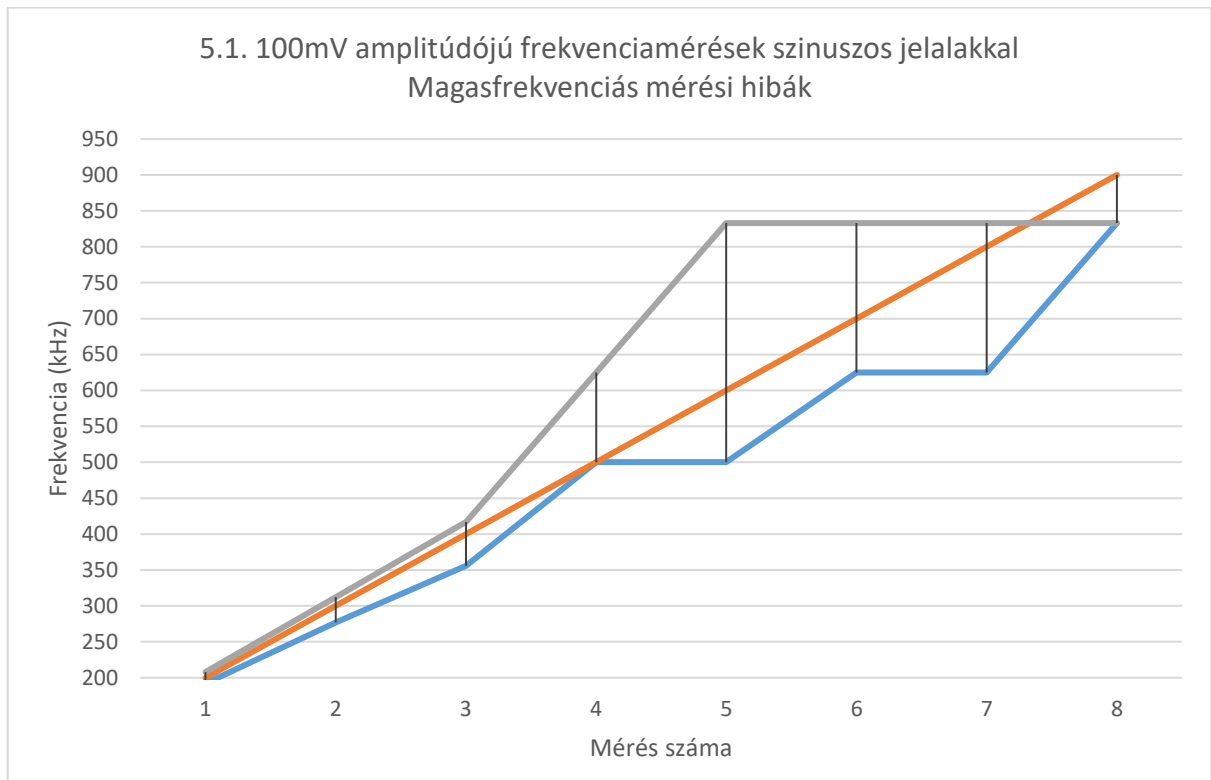
5.1 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szinuszos jelalakkal

Ez a mérés volt az első „szárnypróbálgatásunk” az oszcilloszkóppal, ezért mindamellett, hogy részletesen bemutatjuk a mérésünk eredményét, leírjuk tapasztalatainkat arról, hogy éles helyzetben hogyan kezelhető a rendszer és milyen hibákat lehet vele elkövetni, melyek komoly mérési hibákat eredményezhetnek.

Az oszcilloszkóp meglepően pontosan mér megfelelő méréshatár-, időalap-és trigger beállításokkal a gyártó által megadott intervallumon belül. Méréstechnikai alapbölcsesség, hogy a függőleges csatorna beállítását úgy kell megválasztani, hogy a jel minimum és maximum pontja között pontosan kitöltse az oszcilloszkóp kijelzőjét, és periodikus jel esetén egy-két periódus kerüljön megjelenítésre. A valóságban pedig ízlés és megszokás kérdése, hogy ki milyen beállításokkal végzi a méréseket, ennél a műszernél fontos, hogy mind a méréshatár, mind az időalap a jel amplitúdójának és periódusidejének nagyságrendjébe kell, hogy essen. Ellenkező esetben az oszcilloszkóp nem mér vagy megjelenítésben és mérésben is teljes mértékben pontatlan. E tudás birtokában azt a megállapítás tehetjük, hogy teljesen ismeretlen jel mérésére nem alkalmas az eszköz, hiszen nem tudjuk mikor mutat és mér pontos értékeket.

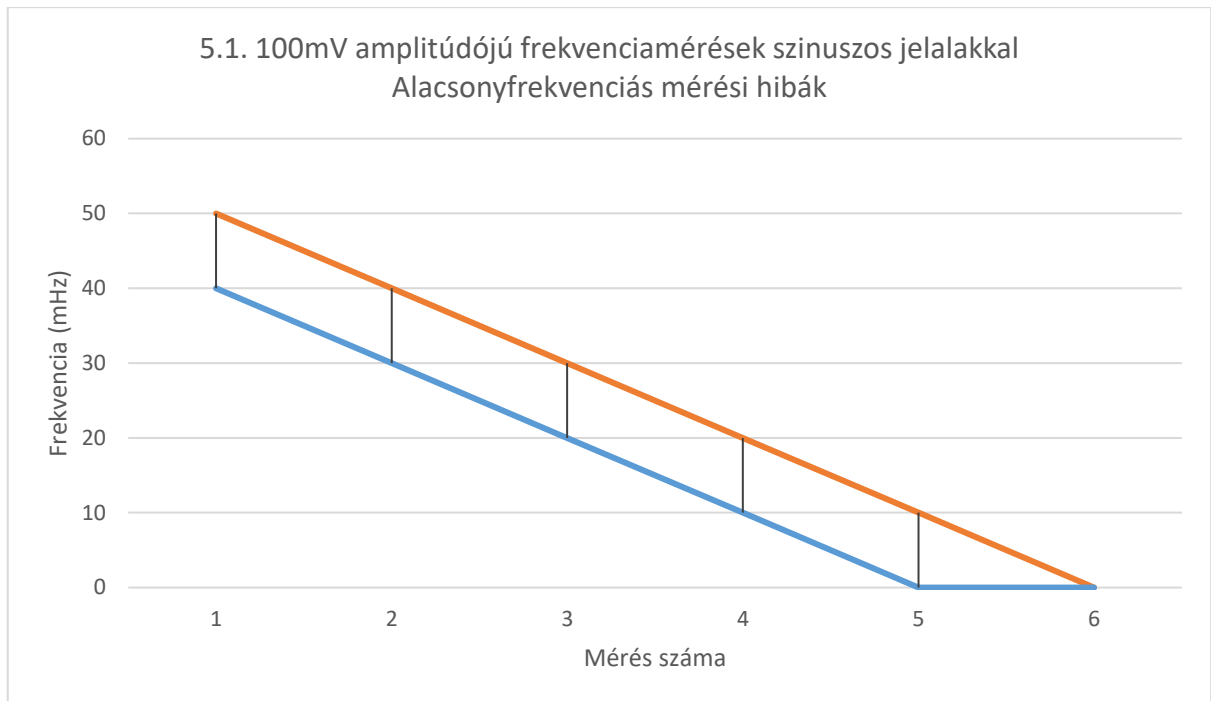
A méréshez használt jeleket a HEWLETT PACKARD (HP) 33120A típusú jelgenerátorral állítottuk elő. A jelek amplitúdója minden esetben 100mV volt. A méréseket 100kHz frekvenciáról kezdtük először folyamatosan növelve a jel frekvenciáját. A pontos mérés határa valóban a gyártó által meghatározott 200kHz, eddig a szintig a műszer pontosan mér. 200kHz-en vagy afelett a mérőeszköz a jel értéke körül, egy annál kisebb és egy annál nagyobb értékek között differenciálódik. A mért adatokat

100kHz-enként jegyeztük fel. Könnyebb értelmezés és bemutatás érdekében ábrát készítettünk a bizonytalan tartományban mért adatokról.



A mellékelt vonaldiagram függőleges tengelye frekvenciát, a vízszintes tengely a mérés sorszámát ábrázolja. A narancssárga függvény a jelgenerátoron beállított frekvenciát ábrázolja, a szürke és a kék az oszcilloszkóp által jelzett értékeket. A műszer nem képes megjeleníteni és nagyságrendileg sem tud megmérni 833,333 kHz-nél nagyobb frekvenciájú jelet.

A felső határfrekvencia megállapítása után a mérést a 100kHz alatti tartomány vizsgálatával folytattuk. Az oszcilloszkóp 50mHz-ig pontos mérést végez, 50mHz-en vagy az alatt -10mHz-et téved. Vonaldiagramon ábrázolva, az előző ábra logikáját követve:

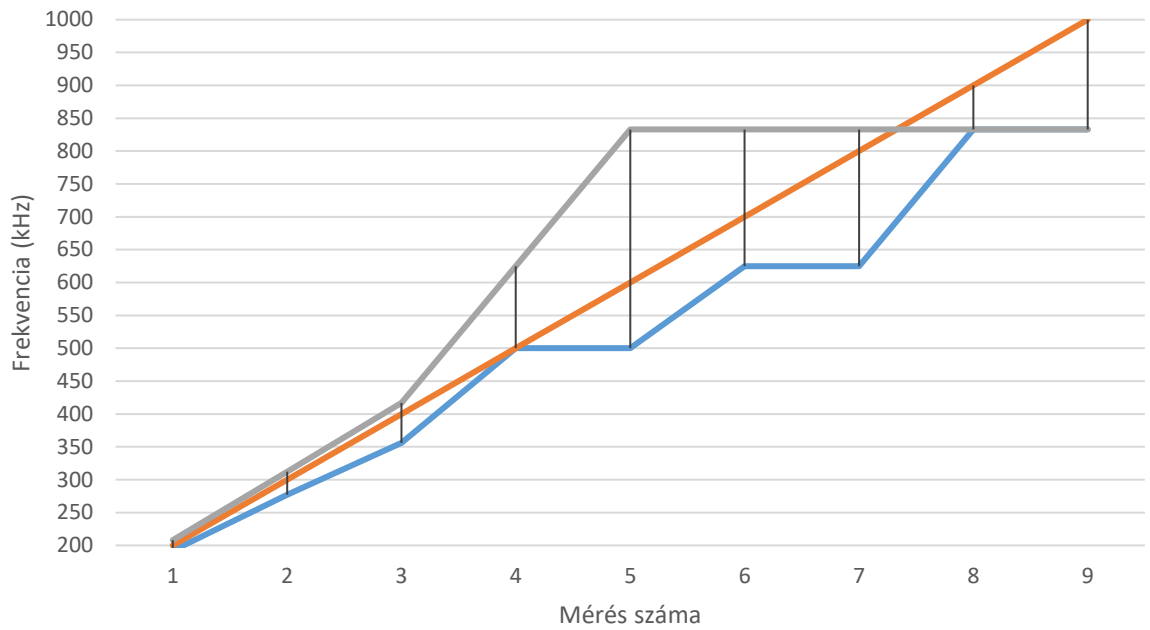


5.2 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szimmetrikus négyszögjellel

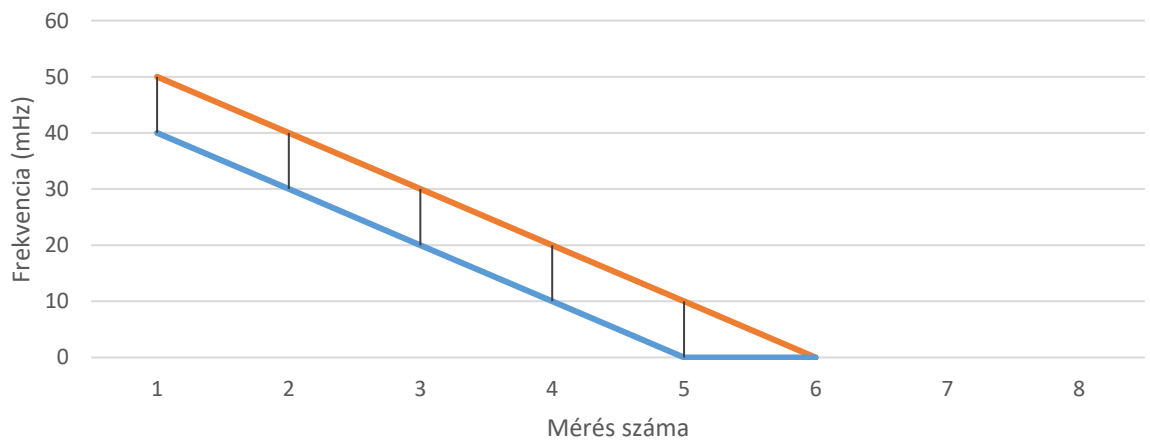
A szimmetrikus négyszögjellel végzett méréseinkhez továbbra is a HP 33120A jelgenerátort használtuk 100mV amplitúdójú beállítással.

Az oszcilloszkóp hasonló módon viselkedik, mint szinuszzel való mérés esetén. Legszembetűnőbb eltérés, hogy ebben az esetben a jel sokkal észrevehetőbben torzul. Ezen torzítás csökkenthető az oszcilloszkóp minél pontosabb kalibrálásával (lásd a 4.3. bekezdésben) azonban teljes mértékben nem szüntethető meg. Szimmetrikus négyszögjel esetén is ugyan azon jelenségek figyelhetők meg 200kHz felett és 50mHz alatt, mint szinuszos jel esetében. A mérési hibákat itt is vonaldiagramok segítségével szemléltetjük.

5.2. 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szimmetrikus négyszögjellel
Magasfrekvenciás mérési hibák

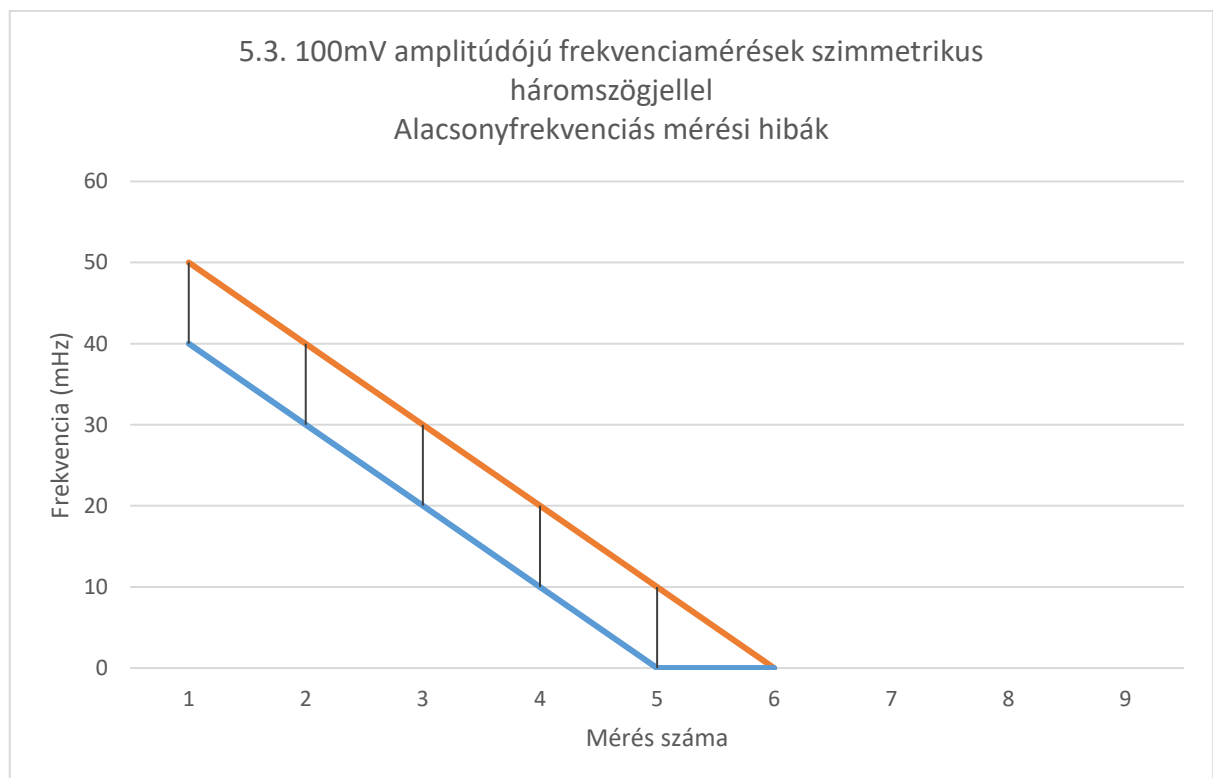


5.2. 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szimmetrikus négyszögjellel
Alacsonyfrekvenciás mérési hibák



5.3 100mV amplitúdójú frekvenciamérések szimmetrikus háromszögjellel

A szimmetrikus háromszögjellel végzett méréseinkhez továbbra is a HP 33120A jelgenerátort használtuk 100mV amplitúdójú beállítással. Mivel a generátor nem képes 100kHz-nél nagyobb háromszögjel előállítására, nem végezhattük el ugyan azt a magasfrekvenciás hibaelemzést, mint az előző esetekben. Mindenesetre az oszcilloszkóp pontos mérést végez 100kHz-en, alacsonyfrekvencián pedig hasonló karakterisztika rajzolható ki az eredményekből, mint az előző két mérésnél. Vonaldiagramon ábrázolva:



5.4 100mV amplitúdójú mérések fő tapasztalatainak összegzése

Az oszcilloszkóp 100mV amplitúdó esetén a gyártó által megszabott hibahatárokat nem lépte át. A hibajelenségek mindhárom mérés esetében hasonlóak voltak, minimális eltérés a jelzett értékek változása miatt lehetséges. Eddigi mérések alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a jelalak nem befolyásolja az oszcilloszkóp frekvenciamérésének pontosságát, viszont megjelenítés szempontjából a négyszögjelben nagyobb torzulás mutatkozott, mint a másik két esetben.

Mint azt már korábban a 4.5. bekezdésben kifejtettük, az oszcilloszkóp felső feszültségmérő méréshatárának közelében előfordulhatnak komolyabb pontatlanságok a feszültség szint konvertálása miatt. A következő mérésekben erre az elméletre próbálunk

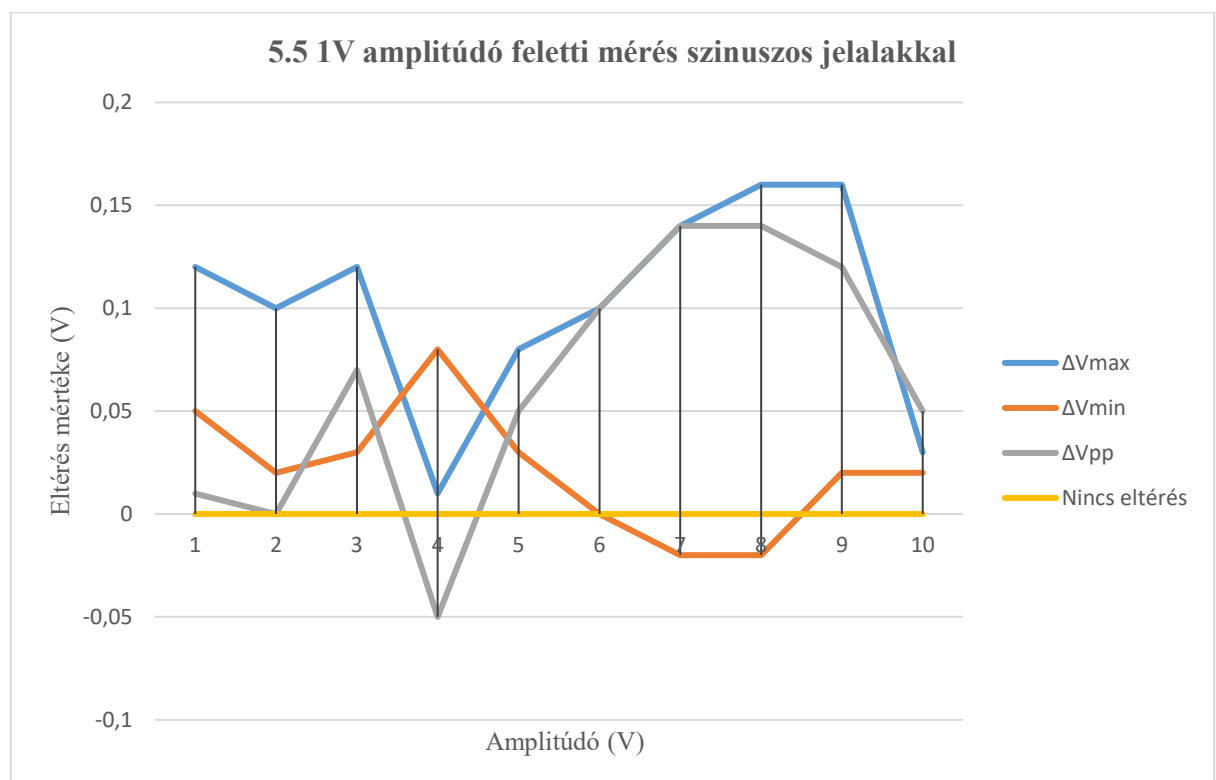
igazolást találni, illetve arra a kérdésre keresünk választ, hogy az esetlegesen tapasztalható hibajelenségek mennyiben hasonlítanak az előző három bekezdésben leírtakhoz.

A vonaldiagramok szemléltetésre szolgálnak, a pontos értékek a mellékelt mérési jegyzőkönyvekben megtekinthetők.

5.5 1V amplitúdó feletti mérés szinuszos jelalakkal

Mivel a korábbi vizsgálataink mindegyikét 100mV amplitúdójú jellel végeztük, ezért nincs még tiszta képünk arról, hogy milyen pontossággal mér az eszköz nagyobb feszültségű jelek esetén.

A mérés során 1V-tól, 1V-ként növeltük az amplitúdót a HP 33120A jelgenerátoron, egészen 10V-ig. Ezt az értéket tudta maximálisan előállítani a generátor. A jel frekvenciájának 100kHz-et választottunk. A mérési hibákat grafikonon ábrázoltuk.



Példa a grafikon értelmezéséhez: vegyük a 2V amplitúdójú mérési pontot. Ebben az esetben a hiba nélküli mérési eredmények a következők lettek volna:

$$V_{max} = 2V; V_{min} = -2V; V_{pp} = 4V$$

A következő képlet felhasználásával kiszámíthatók a mért értékek:

$$V_{mért} = V + \Delta V$$

Így meghatározott mért értékek:

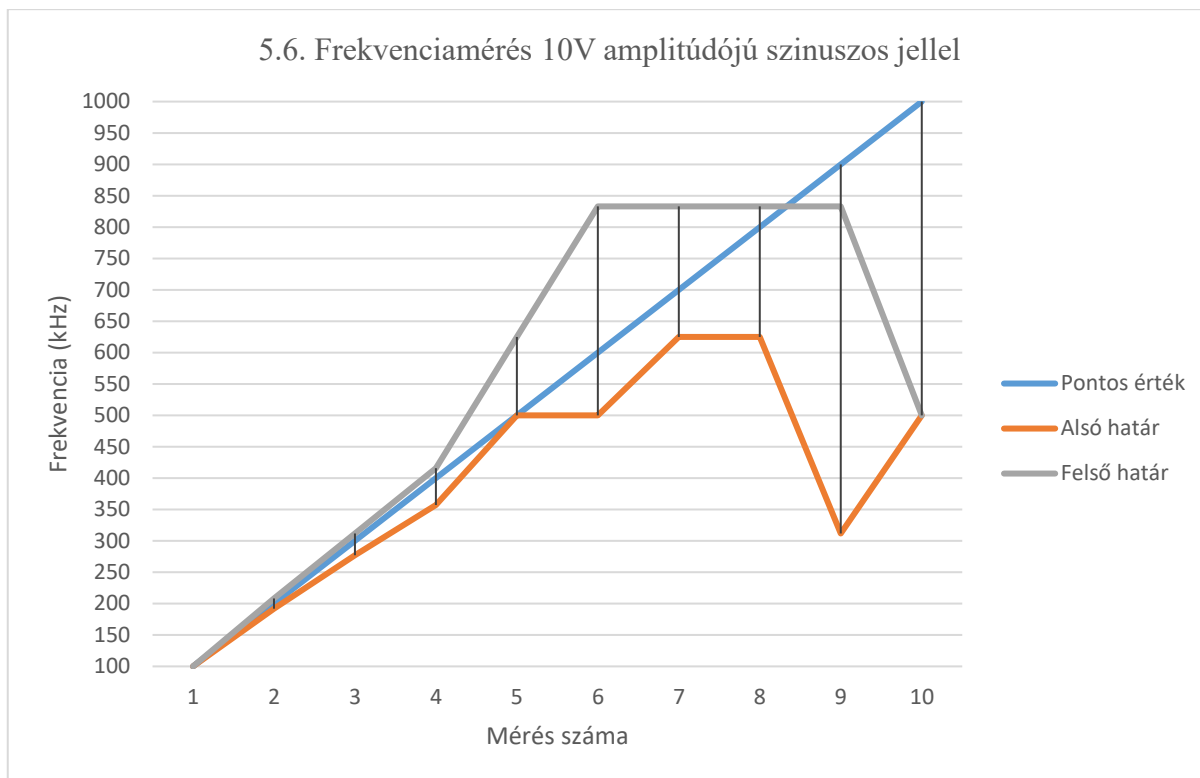
$$V_{maxmért} = 2,1V; V_{minmért} = -1,98V; V_{ppmért} = 4V$$

A szemléltetésnek szánt ábrán is látszik, hogy nem figyelhető meg törvényesség vagy arányosság, mely alapján magyarázatot tudnánk adni a jelenség miértjére vagy meg tudnánk jósolni a nagyobb feszültségek esetén tapasztalható hibákat.

Megjegyzés: a pontos értékek megtalálhatók a mérési jegyzőkönyvekben.

5.6 Frekvenciamérés 10V amplitúdójú szinuszos jellel

A következő mérés célja, hogy felmérjük mennyire amplitúdófüggők a korábban tapasztalt magasfrekvenciás hibajelenségek. Jelgenerátornak továbbra is a HP 3312A típusú eszközt használjuk, 10V amplitúdójú szinuszjelekkel. A méréseket 100kHz felett végeztük, mindig 100kHz-es lépésekkel haladva 1MHz-ig. Számításunk szerint ilyen feltételek mellett sem lesz képes az oszcilloszkóp 833,33kHz-nél nagyobb értéket megjeleníteni, ezért nem tartottuk szükségesnek magasabb értékek mérését. A mérési eredményeket a korábbiakkal azonos elrendezésű vonaldiagramon ábrázoltuk.



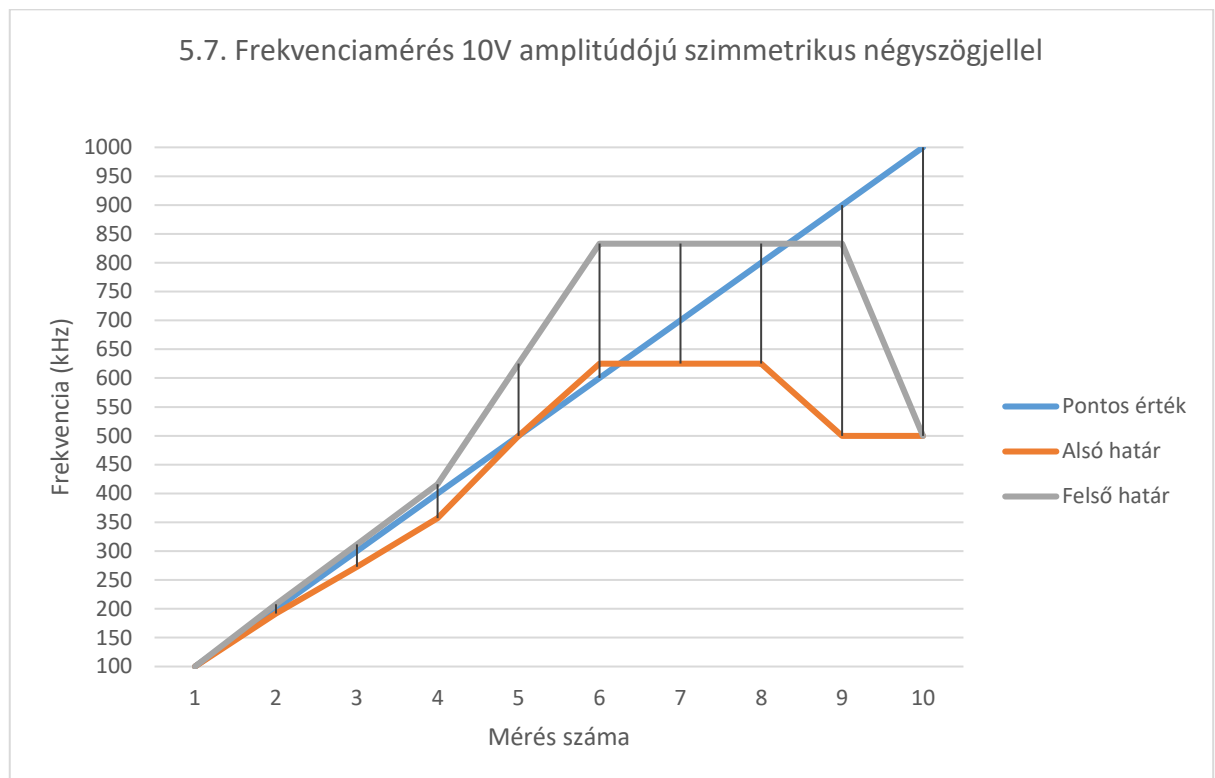
Az ábra alapján látható, hogy mérési hibák karakterisztikái némileg eltérnek 100mV amplitúdójú mérésekhez képest, de az oszcilloszkóp ebben az esetben sem tud 833,33kHz-nél nagyobb frekvenciát megjeleníteni. A lényeges különbség a 900kHz és 1MHz méréseknél jelentkezik. 100mV-os amplitúdó mellett mindkét esetben az oszcilloszkóp 833,33kHz-en megállt a frekvenciamérés, azonban most a frekvenciamérés elmozdul erről az értékről. Ez azért lehet problémás, hiszen míg 100mV esetén tudtuk, hogy a frekvencia meghaladja a 833,33kHz-et, 10V-nál nem biztos, hogy egy teljesen ismeretlen jel mérésénél is erre a következtetésre jutunk. Ez a tapasztalat tovább erősítette azt a véleményünket, hogy az oszcilloszkóppal nem praktikus és kifejezetten nehéz olyan jel mérését elvégezni, melyről semmilyen információnk nincs, ami viszonyítási alapot nyújthatna a vizsgálat eredményének igazolásához.

5.7 Frekvenciamérés 10V amplitúdójú szimmetrikus négyszögjellel

Mostanára már három esetben is láthattuk, hogy az oszcilloszkóp magas frekvenciákon minden esetben hibajelenségeket mutat. A mérés célja ennek tükrében az volt, hogy megvizsgáljuk, hogy 10V amplitúdó esetén befolyásolja-e a jelalak a hibákat.

A HP 33120A ebben az esetben is 10V amplitúdójú jelet állított elő, viszont jelalakja szimmetrikus négyszög volt. A mérés menete azonos volt, mint az eddigi hasonló jellegű

méréseknél, 100kHz-től haladtunk 1MHz-ig, 100kHz-es lépésekben. Az eredményeket a szokásos vonaldiagrammal ábrázoltuk.



Mivel jelentős eltérést nem tapasztaltunk a szinuszos jellel való méréshez képest (csupán 600kHz és 900kHz esetén), megállapíthatjuk, hogy a frekvenciamérést nem befolyásolja a jelalak semmilyen amplitúdó esetén sem.

5.8 1V-től 10V-ig terjedő mérések fő tapasztalatainak összegzése

A feszültségmérési hibák vizsgálatánál nehézséget okozott a mérőműszer pontos méréshatárainak beállítása. Furcsa módon az oszcilloszkóp akkor mérte a legpontosabb értékeket, ha a jel teljes terjedelmével kitöltötte, vagy túllépte a kijelző által szabott határokat. Abban az esetben, ha a jel jól látható volt és négy-öt osztást fedett le, a műszer teljesen félremérte a feszültségértékeket.

A frekvenciamérések nem szolgáltattak új gyakorlati tapasztalatokkal, de megerősítették azon ismereteinket, melyeket korábban leírtunk ezzel a területtel kapcsolatban.

5.9 Mérések kiértékelése

Véleményünk szerint a kísérletek során rengeteg olyan információt szereztünk, melyek fontos hibákra mutatnak rá az oszcilloszkóp működésében. E tapasztalatok

összefoglalással kezdjük ezt a bekezdést. Reméljük, ha valaki a DSO-138 megvásárlása mellett dönt és esetleg eljut hozzá ez az írás, a mi hibáinkból tanulva pontos mérésekkel tudja megkezdeni oszcilloszkópos karrierjét. Hiszen sajnos hibákat vétettünk bőven, melyeket most meg is osztunk a Tisztelt Olvasóval.

Nem tudjuk eléggé hangsúlyozni, hogy milyen fontos a megfelelő beállítások kiválasztása a mérés előtt. Habár külön-külön írtunk már erről, most szeretnénk egyben összefoglalni az ezzel kapcsolatos tapasztalatainkat. Ha a függőleges méréshatár vagy az időalap nem esik a jel azonos tulajdonságainak nagyságrendjébe, az oszcilloszkóp rosszul vagy nem mér. Ha a triggerreléssel kapcsolatos beállítások nem megfelelőek, szintén hibás mérési eredmények születhetnek. Mivel mi ezen ismeretek hiányában végeztük el első méréseinket, sokkal rosszabb eredményeket kaptunk az 5.1., 5.2, és 5.3 jelölésű kísérletek első verziójában. Ezen első méréseknél a pontos frekvenciamérés felső tartományainak minden esetben 1kHz-t állapítottunk meg. Ha ez nem lett volna szembetűnően furcsa, akkor, ha a frekvenciamérésnél a mértékegység átváltott kHz-re a műszer nem mért tovább. Emiatt kezdtük el komolyabban vizsgálni, hogy a különböző beállítások hogyan befolyásolják a mérési eredményeket és jutottunk ezekre a következtetésekre. Véleményünk szerint az oszcilloszkópnak ez a szintű „kényessége” eléggé nehézkessé és időigényessé teszi az egyszerű méréseket is.

Mindemelett, ha a felhasználó ráérez arra, hogy hogyan működik a mérőműszer, vannak előzetes ismeretei a mérendő jelről és annak tulajdonságai azokba a korábban meghatározott tartományokba esnek, melyeken belül az oszcilloszkóp pontosan mér, a DSO-138 továbbra is egy remek eszköz lehet egy hobbiamatőr gépparkjában.

6 A DSO-138 gyakorlati alkalmazhatósága

A mérések és az általuk szerzett tapasztalatok levonása után feltehetjük a kérdéseket:

„Milyen mérési körülmények között használható a DSO-138-as digitális oszcilloszkóp?”

„Milyen felhasználói csoportnak célszerű beszerezni az eszközt?”

A felhasználói igények felmérése érdekében egy rövid, szűk körű, nem reprezentatív felmérést végeztünk a *Rádióamatőr témák és csere-bere* Facebook csoport tagjai között. A kérdések pontosabb megválaszolása érdekében először a kutatás rövid ismertetése következik.

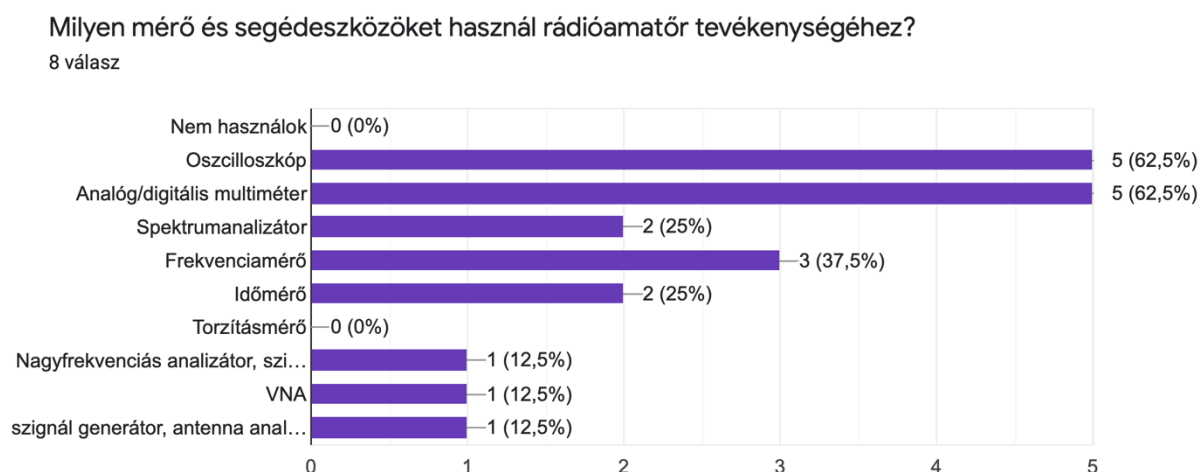
6.1 Amatőr oszcilloszkópok tulajdonságai kérdőív kiértékelése

A felmérés egy nyolc kérdésre a Google Forms rendszerén keresztül volt lehetősége válaszolni a kitöltésre vállalkozóknak. A kérdőív teljesen anonim és tapasztalataink alapján 5 perc alatt elvégezhető volt.

Az első kérdése így szólt:

„Milyen mérő-és segédeszközöket használ rádióamatőr tevékenységéhez?”

A válaszadók 8 lehetőség közül választhattak, egyet vagy többet: nem használok, oszcilloszkóp, analóg/digitális multiméter, spektrumanalizátor, frekvenciamérő, időmérő, torzításmérő, egyéb: kérjük adja meg az eszköz nevét. Az eredményt a Google Forms által generált grafikonon szemléltetjük:



8. ábra. 1. kérdés válaszai

Mint ahogyan azt az ábra is szemlélteti a leggyakrabban adott válaszok az oszcilloszkóp és az analóg/digitális multiméter lehetőségek voltak. Kutatásunk szempontjából fontos tapasztalat, hogy a kitöltők nagy aránya használ oszcilloszkópokat.

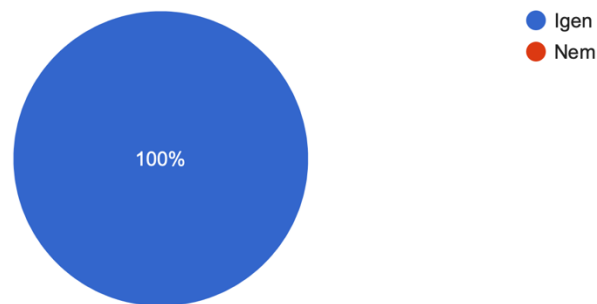
A második kérdés így szólt:

„Véleménye szerint használható mérő/segédeszköz az oszcilloszkóp a rádióamatőri feladatok elvégzéséhez?”

Ebben az esetben az eldöntendő kérdésre a válaszadók 100%-a az „igen” választ adta.

Véleménye szerint használható mérő/segédeszköz az oszcilloszkóp a rádióamatőri feladatok elvégzéséhez?

8 válasz



9. ábra. 2. kérdés válaszai

Ez az eredmény tovább erősítette azt a tapasztalatunkat, hogy a rádióamatőrök mindamelllett, hogy használnak oszcilloszkópokat, fontos eszköznek tartják őket a mérőműszeri repertoárjukban.

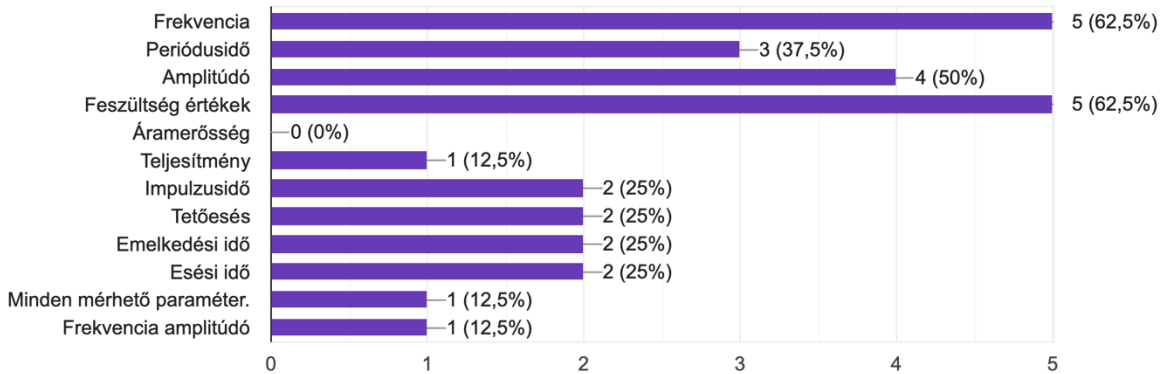
A harmadik kérdés megfogalmazása:

„Milyen tulajdonságok mérése fontos a számára?”

E kérdésnél arra voltunk kíváncsiak, hogy a jelek milyen tulajdonságait tartják mérési szempontból legfontosabbaknak a válaszadók. Az előre megadott válaszlehetőségek közül egyet vagy többet választhattak: frekvencia, periódusidő, amplitúdó, feszültségértékek, -áramerősség, teljesítmény, impulzusidő, tetőesés, emelkedési idő (rise time), esési idő (fall time), egyéb: kérjük fejtse ki. Az eredményt továbbra is a Google Forms diagramjaival szemléltetjük

Milyen tulajdonságok mérése fontos a számára?

8 válasz



10. ábra 3. kérdés válaszai

Az eredmény rendkívül szerteágazó véleményünk szerint és egyben egy fontos tanulságot is le tudunk vonni belőle, amit fel lehet majd használni a DSO-138 esetleges továbbfejlesztésekor. Mindamellett, hogy a válaszadók fontosnak tartják a jel fő mennyiségeinek mérését (frekvencia, amplitúdó, feszültségértékek), a válaszadók nem elhanyagolható részét érdekli a jel egyéb tulajdonságai is (impulzusidő, tetőesés, rise time, fall time). Az oszcilloszkóp továbbfejlesztése esetén egy kutatási cél lehetne a műszer mérési repertoárjának bővítése ezen mennyiségekkel.

A negyedik és ötödik kérdésekben a válaszadók által használt frekvenciatartomány meghatározása volt a cél. A beérkezett legkisebb és legnagyobb érték által határolt tartomány 0Hz és 500Mhz közé esik. A kérdőív anonimitása miatt nem tudunk részletesebb, személyenként meghatározott frekvenciatartományokat ismertetni. Azt, hogy az oszcilloszkóp e tartomány mekkora részét fedi le a következő számításokkal kalkuláltuk ki:

100mV amplitúdójú jel esetén:

$$\Delta f_{\text{tartomány}} = 500\text{MHz}; \Delta f_{\text{DSO-138}} = 200\text{kHz} - 50\text{mHz} = 199,99995\text{kHz}$$

$$\text{lefedettség} = \frac{\Delta f_{\text{DSO-138}}}{\Delta f_{\text{tartomány}}} \cdot 100\% = 0,0399999\% \approx 0,4\%$$

A számítás alapján az oszcilloszkóp pontos frekvenciamérésének alacsony feszültségen vett tartománya a válaszadók által megadottnak 0,4%-át fedi le.

10V feszültségen:

$$\Delta f_{\text{tartomány}} = 500\text{MHz}; \Delta f_{\text{DSO-138}} = 200\text{kHz} - 50\text{mHz} = 199,99995\text{kHz}$$

$$\text{lefedettség} = \frac{\Delta f_{\text{DSO-138}}}{\Delta f_{\text{tartomány}}} \cdot 100\% = 0,039999\% \approx 0,4\%$$

A számítás alapján az oszcilloszkóp pontos frekvenciamérésének 10V feszültségen vett tartománya a válaszadók által megadottnak 0,4%-át fedi le.

A hatodik és hetedik kérdésben a válaszadók által használt feszültségtartomány meghatározása volt a cél. A legkisebb és legnagyobb megadott válasz alapján ez a tartomány 0V és 1kV közé esik. Hasonló módon számíthatunk. Lefedettséget, mint a frekvenciák esetében:

$$\Delta U_{\text{tartomány}} = 1\text{kV}; \Delta U_{\text{DSO-138}} = 50\text{V}$$

$$\text{lefedettség} = \frac{\Delta U_{\text{DSO-138}}}{\Delta U_{\text{tartomány}}} \cdot 100\% = 5\%$$

Az oszcilloszkópon megjeleníthető tartomány a válaszok által meghatározott intervallum 5%-át fedi le.

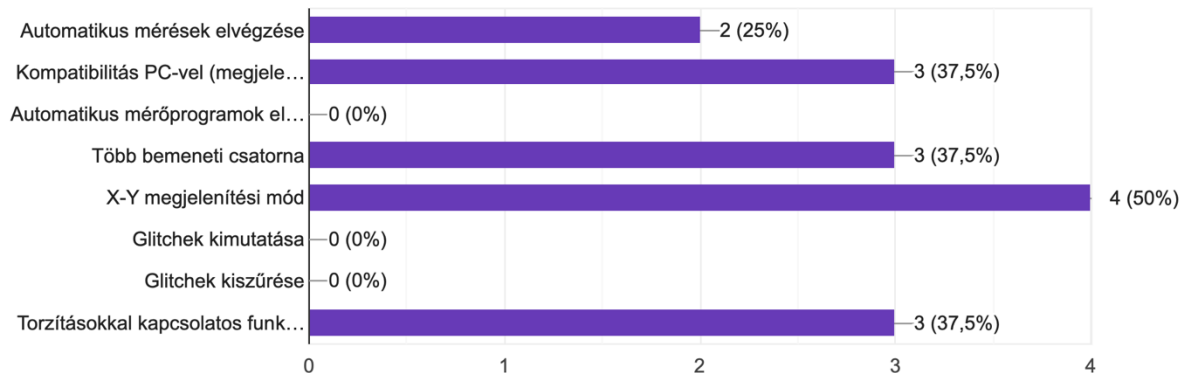
A nyolcadik és egyben utolsó kérdés szövege:

„Milyen kényelmi funkciókat tart fontosnak egy oszcilloszkópban?”

A válaszadók egy listából választhattak egy vagy több lehetőséget: automatikus mérések elvégzése, kompatibilitás PC-vel, több bemeneti csatorna, X-Y megjelenítési mód, automatikus mérési programok lefuttatása, glitchek kimutatása, glitchek kiszűrése, torzításokkal kapcsolatos funkciók. Az eredményeket a Google Forms által generált ábrán szemléltetjük:

Milyen kényelmi funkciókat tart fontosnak egy oszcilloszkópban?

8 válasz



11. ábra. 8. kérdés válaszai

A legtöbb válasz (számunkra meglepő módon) az X-Y megjelenítési módra érkezett, megelőzve a több bemeneti csatorna, PC-vel való kompatibilitás és torzításokkal kapcsolatos lehetőségeket. Ezen tapasztalat kiértékelését az oszcilloszkóp fejlesztési potenciáljával foglalkozó témakörben fejtenénk ki.

6.2 A DSO-138-as digitális oszcilloszkóp használati lehetősége

Az oszcilloszkóp gyártója által megadott adatok szerint a műszer olyan jelek mérésére alkalmas, melyek a 0Hz-től 200kHz-ig terjedő frekvenciatartományba esnek, amplitúdójuk pedig nem nagyobb, mint 25V. Méréseink során legjobb tudásunk és lehetőségeinkhez mérve próbáltuk tesztelni a gyártó által meghatározott értékeket. Mint ahogy azt már korábban említettük, az általunk használt jelgenerátor korlátozta lehetőségeinket. Háromszögjel esetén maximum 100kHz frekvenciát tudtunk előállítani, és minden esetben maximum 10V amplitúdójú jellel volt lehetőségünk dolgozni.

Mint ahogy azt már korábban részletesen tárgyaltuk az általunk meghatározott pontos frekvenciamérési tartomány 50mHz és 200kHz közé esett. 50mHz alatt az oszcilloszkóp „megbízhatóan” -10mHz-et tévedett, a 200kHz feletti hibákat pedig mindig ábrázolással bemutattuk. 100mV amplitúdó esetén nagyságrendileg meghatározható a jel 200kHz frekvencia felett is, azonban ugyan ez nem mondható el 10V amplitúdó esetén. Érdekes kutatási kérdés lehet, hogy ez a 0Hz és 200kHz közötti tartományra korlátozás azért történt, mert az oszcilloszkóp feldolgozórendszere nem képes nagyobb jel elemzésére, vagy az időalapot nem tudjuk eléggé csökkenteni a pontos méréshez. Korábban többször említettük, hogy az oszcilloszkóp akkor mér pontosan, ha a kijelzőjébe egy-két teljes

periódus látható. A legkisebb beállítható időalap $10\mu\text{s}/\text{div}$, és a vízszintes csatorna 12 osztással rendelkezik.

$$\Delta t = \text{időalap}_{\min} \cdot N_{\text{div}} = 10 \frac{\text{ms}}{\text{div}} \cdot 12 \text{div} = 120\mu\text{s}$$

Lássuk, hogy hogyan viszonyul az eredmény a 100kHz és 200kHz-es szinuszjel periódusidejéhez.

$$T_{200\text{kHz}} = \frac{1}{f} = \frac{1}{200\text{kHz}} = 5\mu\text{s}; \quad N_{200\text{kHz}} = \frac{\Delta t}{T_{200\text{kHz}}} = \frac{120\mu\text{s}}{5\mu\text{s}} = 24$$

$$T_{100\text{kHz}} = \frac{1}{f} = \frac{1}{100\text{kHz}} = 10\mu\text{s}; \quad N_{100\text{kHz}} = \frac{\Delta t}{T_{100\text{kHz}}} = \frac{120\mu\text{s}}{10\mu\text{s}} = 12$$

Habár, mint ahogy a mellékelt számítás is mutatja, egyik esetben sem 1-2 periódus fér bele a tartományba, a 100kHz esetben mégis pontosan mér az eszköz, míg 200kHz esetén ez nem mondható el. Sajnos ezzel az elméleti síkon elhelyezkedő gondolatmenettel nem kaptunk megdönthetetlen választ a kérdéseinkre, ezért további kutatások szükségesek. Sajnos idő hiányában nem tudtunk ezzel a témával többet foglalkozni a dolgozat lezárásáig.

Feszültségmérés szempontjából tapasztalatunk szerint 1V alatt nincs probléma a műszerrel, felette rendszertelen hibákat tapasztaltunk, melyek néhol százados, néhol tizedes eltéréseket okoztak. Feltételezésünk szerint 25V-ig hasonló hibajelenségeket lehet tapasztalni. Fontos megjegyezni, hogy 200kHz felett a feszültségmérési eredményei teljesen rosszak az oszcilloszkópnak.

Javaslatunk szerint, a műszert olyan mérések esetén érdemes használni, ahol nagyságrendileg ismerjük a jel tulajdonságait (a megfelelő beállításokhoz) és jellemzői a következő intervallumokba esnek:

$$f \in [0\text{Hz}; 200\text{kHz}] ; U_{\text{amplitúdó}} \in]0\text{V}; 1\text{V}]$$

6.3. Milyen felhasználói csoportnak célszerű beszerezni az eszközt?

Minden nyilvánvaló hibája és pontatlansága miatt minden olyan hobbielektronikával foglalkozó személynek ajánljuk a DSO-138-at, akik most kezdenek ismerkedni az oszcilloszkópos mérések világával. Nagyon jó tanulási lehetőség és szórakozás a vele eltöltött idő és segíti a kezdőket, hogy megismerkedjenek ennek a szakterületnek a kezdeti szintjeivel. Alap mérések elvégzésére elegendő és ha valaki tovább szeretne lépni egy komolyabb eszköz irányába, a DSO-138-cal megszerzett tapasztalatok segíthetnek a megfelelő következő oszcilloszkóp kiválasztásában.

7 Az oszcilloszkóp továbbfejlesztésében rejlő potenciálok

7.1 Milyen fejlesztési lehetőségeket enged meg az oszcilloszkóp felépítés?

A 6.1.-es bekezdés végén említettük, hogy a kérdőív utolsó kérdésének tapasztalatait itt szeretnénk kifejteni. Hiszen lehet, minél kreatívabb, mesteribb és komplexebb fejlesztési ötleteket kitalálni az oszcilloszkóphoz, ezek vajmi keveset érnek, hogyha felépítése miatt nem megvalósíthatók. Régen emeltük ki, de még mindig egy kb. 20€-s eszközről beszélünk. És ezen alacsony ár miatt, sajnos kimaradtak fontos funkciók a szerkezetből, melyek közül talán egy második csatorna hiánya a legfájóbb.

A kérdőív utolsó kérdésében a többség fontosnak tartja az X-Y megjelenítési lehetőséget és a több csatornabemenetet. Muszáj kiemelnünk, hogy az X-Y megjelenítési módnak az a lényege, hogy két jel fáziseltérését ábrázolja a frekvenciák függvényében. Következésképpen egy bemenettel nincs értelme ilyen mérési lehetőségről beszélni.

Habár az interneten található rá példa, nekünk a dolgozat leadásáig nem sikerült megoldani a PC-hez való csatlakozást, se USB, se UART proton keresztül, se Windows 10, se Linux rendszerrel. Ez a tény különösen nagy érvágás a kutatás szempontjából, hiszen a mérések dokumentálása és az oszcilloszkóp mélyebb potenciáljának feltárása is könnyebb feladat lett volna.

Az oszcilloszkóp megfelelő méréshatár, trigger-és időalapbeállítás esetén automatikusan méri a jel fő tulajdonságait. A további mennyiségek és torzítással kapcsolatos kiegészítések fejlesztése valószínűsíthetően programozási feladatok, melyekre a következő bekezdésben térnek ki.

7.2 Potenciális fejlesztési lehetőségek

Első lehetőségként folytatnánk a pár sorral feljebb megkezdett gondolatmenetet, miszerint ezzel az oszcilloszkóppal foglalkozva, valószínűsíthetőleg főleg programozási kihívásokon át fejlesztve a DSO-138 mérési lehetőségeit. Az oszcilloszkóp gyártói honlapjáról⁶ letöltött forráskód mappa tartalmazza a műszerhez írt programokat. Kutatásunk alapján megállapítható, hogy a mérőműszer vezérelhető C programnyelvvel, azonban ezen fejlesztésekhez magas szintű programozási és logikai hálózatok ismeretre van szükség, melyekkel mi egyelőre nem rendelkezünk. Mindenesetre komoly fejlődési lehetőségek rejlenek ebben az útban, mind az oszcilloszkóp, mind a mi szaktudásunk bővítésének szempontjából.

Ennél még eggyel grandiózusabb projekt lehetne, egy új, bővebb lehetőségeket tartalmazó DSO-138 klón vagy prototípus tervezése és megvalósítása felhasználva a kutatás során szerzett tapasztalatainkat és a megismert megoldási lehetőségeket, esetleg más ötletekkel

és kreatív megoldásokkal vegyítve. Természetesen ez a lehetőség is főként a „fejlesztő” tudásának bővítéséről és saját felhasználására való készítéséről szólhatna, ha más okok miatt nem is, de az esetlegesen felmerülő jogi problémák elkerülése miatt biztosan.

Ha esetleg a Tisztelt Felhasználónak nincsenek ekkora ambíciói, de szívesen bővítené különböző tulajdonságokkal a megvásárolt eszközét, örömmel ajánljuk a hobbielektronika.hu-n található „*rascal*” nevű felhasználó által írt *Külső trigger készítése DS0138 oszcilloszkóphoz* [12] című bejegyzését, melyben részletesen dokumentálja egy második bemeneti csatorna elkészítését, majd a cikk végén további fejlesztési lehetőségeket ad az olvasónak. Azonban fontos kiemelni (mint ahogy azt a szerző is megteszi), hogy bármilyen nemű átalakítással elvesz az oszcilloszkóp garanciája.

8 A dolgozat lezárása

8.1 Az ismeretanyag összefoglalása

A dolgozat fő célja az volt, hogy minél több ismeretet átadjon az oszcilloszkópok világáról az olvasó számára. Egy rövid bevezető után tárgyaltuk a mérőműszerek két fő, analóg és digitális csoportjait, mindkét esetben bemutatva a fő részek feladatait és a köztük lévő kapcsolatokat.

Következőekben az első csoportot bemutattuk a gyakorlatban is, az N-313-as oszcilloszkópon keresztül. Láthattuk, hogy milyen komplex megoldásokkal valósították meg, amit korábban megismertünk elméletben. A legkülönlegesebb része az oszcilloszkópnak számunkra a vízszintes csatorna megoldása volt.

A digitális oszcilloszkópokat a kutatásunk főszereplője, a DSO-138-as oszcilloszkóp képviselte. Hasonló módon ismertettük felépítését, mint azt az analóg oszcilloszkópoknál tettük, bemutatva a műszer fő részeit és legérdekesebb megoldásait.

Az ötödik fejezetben bemutattuk azt a hat darab egyszerű mérést, mellyel a mérőműszer pontosságát teszteltük. Meghatároztuk azokat a tartományokat, amikor elhanyagolható vagy semmilyen hibát nem észleltünk az oszcilloszkóp működésében és vizsgáltunk olyan eseteket, amikor túlléptük ezeket a határokat. Eredményeket ábrázoltunk vonaldiagramokon, tapasztalatokat vontunk le, összegeztük a megszerzett ismereteket, hogy a hatodik fejezet nagy részében tárgyalt amatőr közvélemény-kutatásunkkal szerzett tudás tükrében a hetedik fejezetre rátérhessünk a lehetséges utakra, mellyen ez a kutatás tovább léphet.

8.2 Mit adott nekünk a dolgozat megírása?

Ez a következő pár sor már nem fog tartalmazni több kutatási részletet, elméleti feltevést, gyártói adatot, vonaldiagramot vagy bekezdésnyi összetett mondatot a pontos frekvenciamérés feltételeiről. Inkább egy rövid, személyes összegzést szeretnénk átadni az olvasónak, hogy mit tanultunk abból a néhány hétből, amíg a kutatásunkat végeztük, ezzel is keretes szerkezetbe foglalva a dolgozatot.

Mint három, második féléves villamosmérnök hallgató, ha őszinték akarunk lenni, fel sem merült a TDK-n való indulás gondolata. Úgy gondoltuk, hogy még úgy sem rendelkezünk egy versenyképes dolgozat megírásához szükséges szaktudással, hogy ketten gimnáziumból komoly elméleti tudást halmoztunk fel, egyikünk pedig technikusként mély gyakorlati ismeretekkel rendelkezünk. Végül mégis beleálltunk a feladatba, konzulensünk felkérésére és elkezdtük a kutatási feladatokat. Ezúttal is szeretnénk megköszönni Dr. Fehér András Tanár Úrnak a segítségét! Visszatérve, a folyamat végén

úgy gondoljuk, hogy egy versenyképes dolgozatot írtunk? Nem. Megfelelő és mindenre kiterjedő szaktudást szereztünk a tárgyalt témakörökben? Biztosan nem. Azonban pont a TDK-ra való felkészülés ébresztett rá minket arra, hogy számunkra ez a folyamat egy újabb tudományterület megismerését, megtanulását jelentette, mindezt úgy, hogy érdekes feladatokat végeztünk csapatként. Ha ennek a dolgozatnak nem lesz semmilyen utóélete vagy következménye a jövőre nézve, mi akkor is örömmel fogunk visszaemlékezni rá, hiszen olyan villamos mérés technikában alkalmazható tapasztalatokat szereztünk, melyek segítségével, már nem csak olyan áramköri megfigyeléseket tudunk elvégezni, melyekben az a bizonyos „halványan fölszálló füstcsík” vállal főszerepet.

Köszönjük, hogy időt szánt dolgozatunk elolvasására:

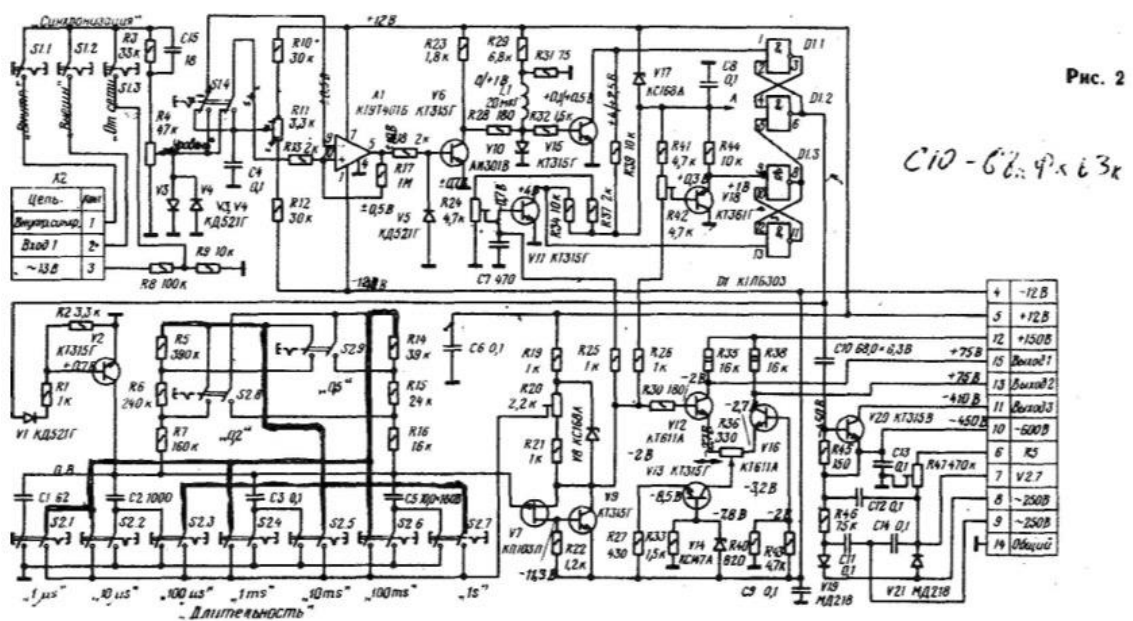
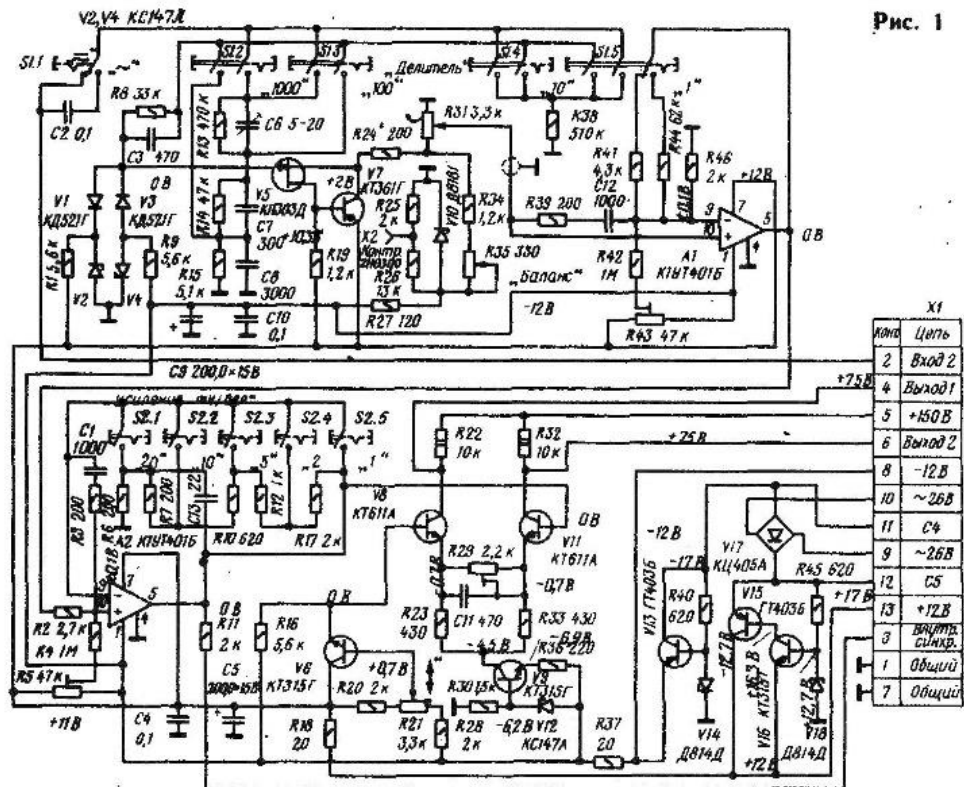
Jandó Bence, Juhász Botond, Lampert Levente

9 Irodalom

- [1] György István és Kálmán Péter (1979): Az N-313 típusú oszcilloszkóp. *Rádiótechnika*, **XXIX.** 3. sz. 39-40.
- [2] <https://hun.lists.elektro.narkive.com/yJtqyHaU/regi-szkop-xy-mod>
letöltve: 2022-04-10
- [3] <https://arfolyam.iridium.hu/en-US/SUR/1975-09>
letöltve: 2022-04-10
- [4] <https://www.inflationtool.com/calculator>
letöltve: 2022-04-09
- [5] György István és Kálmán Péter (1979): Az N-313 típusú oszcilloszkóp. *Rádiótechnika*, **XXIX.** 3. sz. 39-40.
- [6] György István és Kálmán Péter (1979): Az N-313 típusú oszcilloszkóp 2. *Rádiótechnika*, **XXIX.** 5. sz. 28-30.
- [7] György István és Kálmán Péter (1979): Az N-313 típusú oszcilloszkóp 3. *Rádiótechnika*, **XXIX.** 7. sz. 42-44.
- [8] <https://priborazbor.ru/oscillograf-n313-radiolyubitelya/>
letöltve: 2022-04-09
- [9] https://www.radiomuseum.org/r/unknown_oscillograf_n313h31.html
letöltve: 2022-04-09
- [10] <https://onlineelektrik.ru/elaboratoriya/eizmereniya/oscillograf-n313.html>
letöltve: 2022-04-09
- [11] <https://www.manualslib.com/manual/1427100/Diy-Dso-138.html#manual>
letöltve: 2022-03-11
- [12] https://www.hobbielektronika.hu/cikkek/kulso_trigger_keszitese_dso_138_oszcilloszkophoz.html?pg=8
letöltve: 2022-04-13
- [13] https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Tl084%20datasheet&gclid=CjwKCAjw6dmSBhBkEiwAW-EoODzyOi9-rsFz4Wvj6c-93ShMMA2hMWr64mh7FqWg1XMFJcw6lcTjxoCVUkQAvD_BwE
letöltve:2022-04-12
- [14] <https://www.youtube.com/watch?v=6e1sxB6wols>
letöltve:2022-04-14
- [15] Kapui Róza és Kapui Gyula (1984): OML-2M típusú oszcilloszkóp. *Rádiótechnika*, **XXXIV.** 6. sz. 30.-32. o.
Kapui Róza és Kapui Gyula (1984): OML-2M típusú oszcilloszkóp 2. *Rádiótechnika*, **XXXIV.** 7. sz. 36.-37. o.
- [16] Bucsás Péter (1981): Digitális oszcilloszkóp. *Békei-Bucsás-Sipos-Stefanik: A Rádiótechnika évkönyve 1981*, **XXXI.** 202.-208. o.

10 Melléklet

10.1 N-313 kapcsolási rajza [5][6][7]



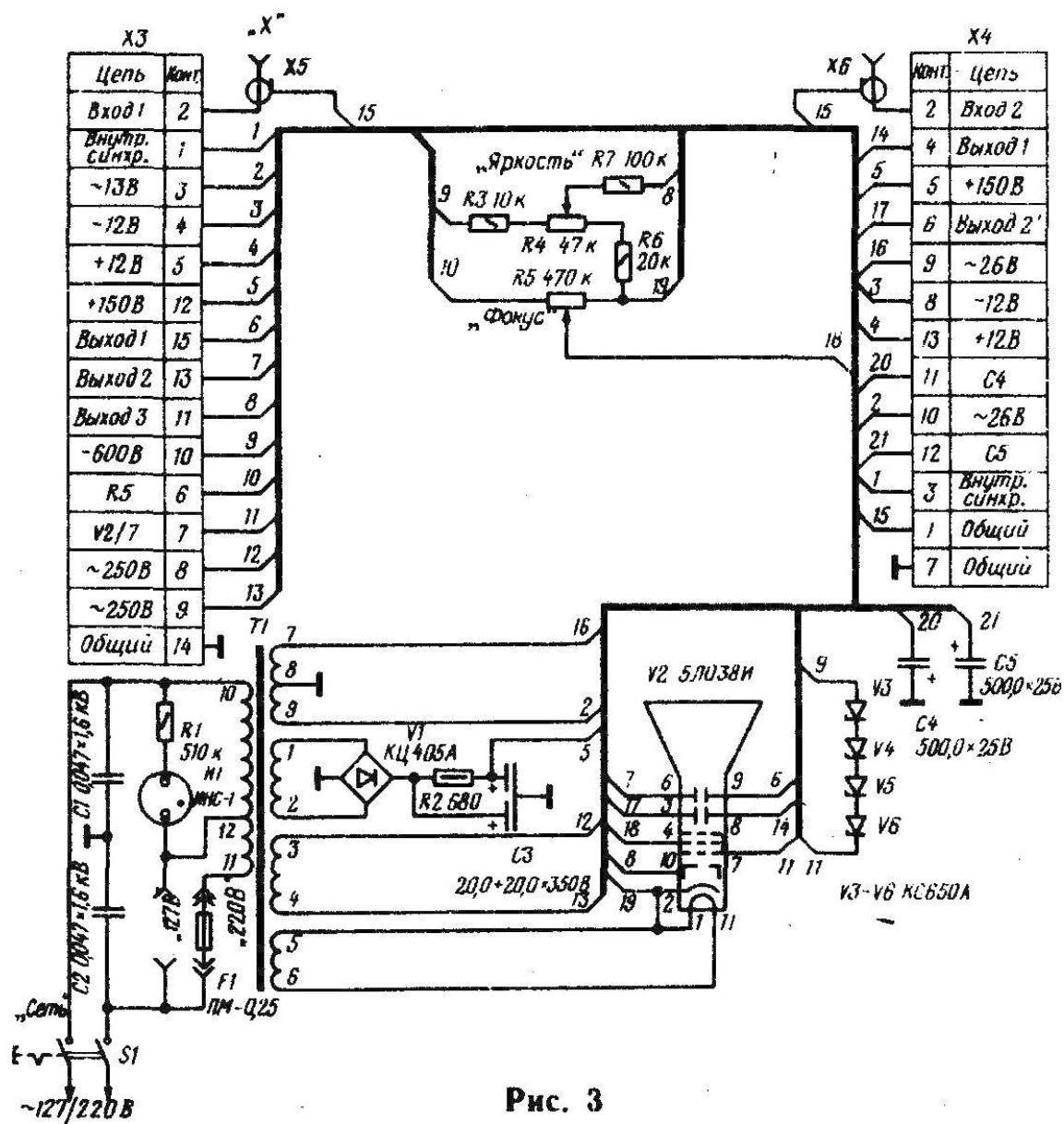
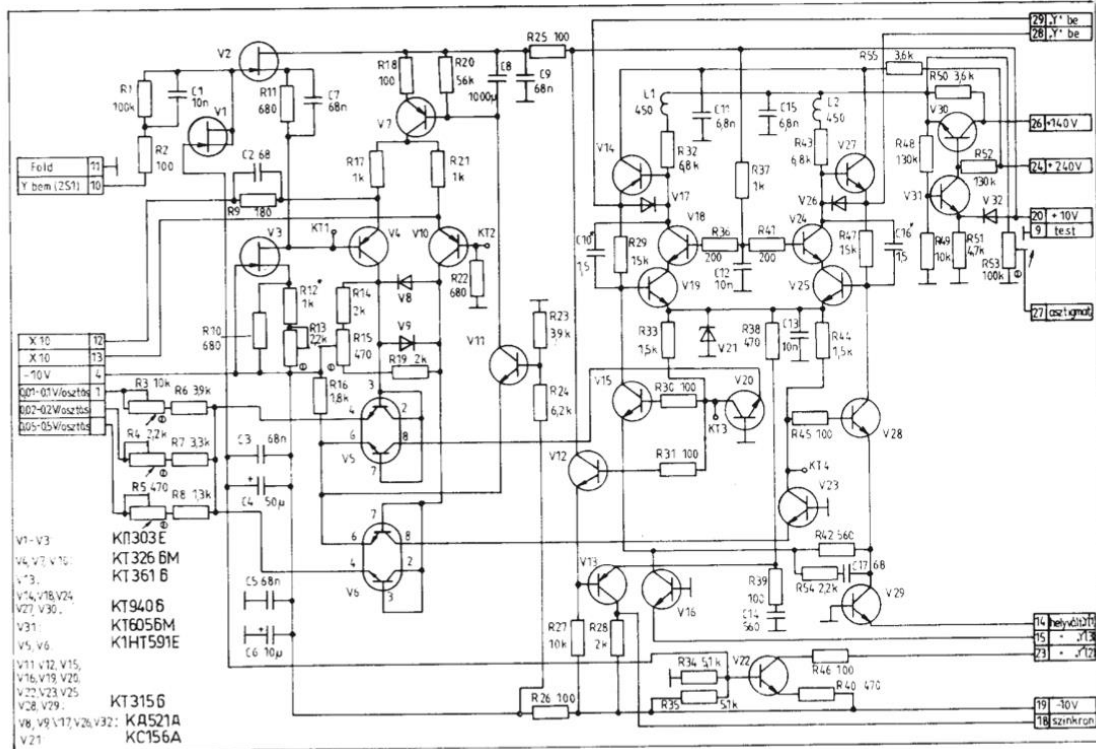
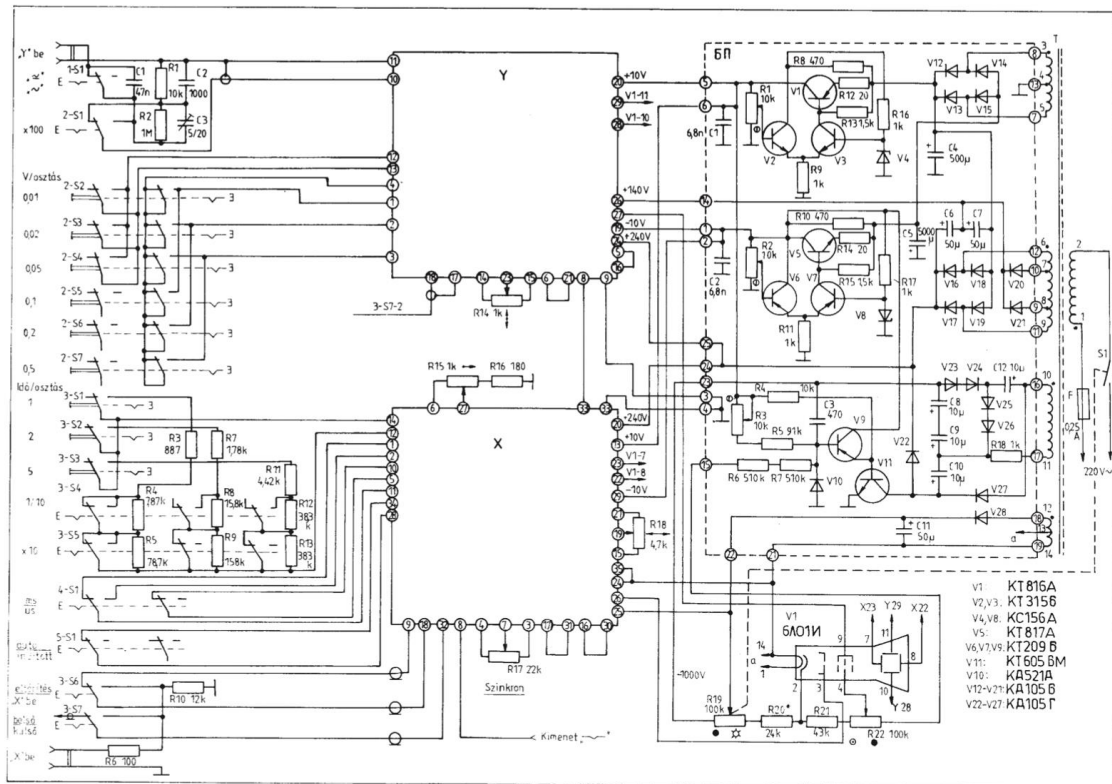
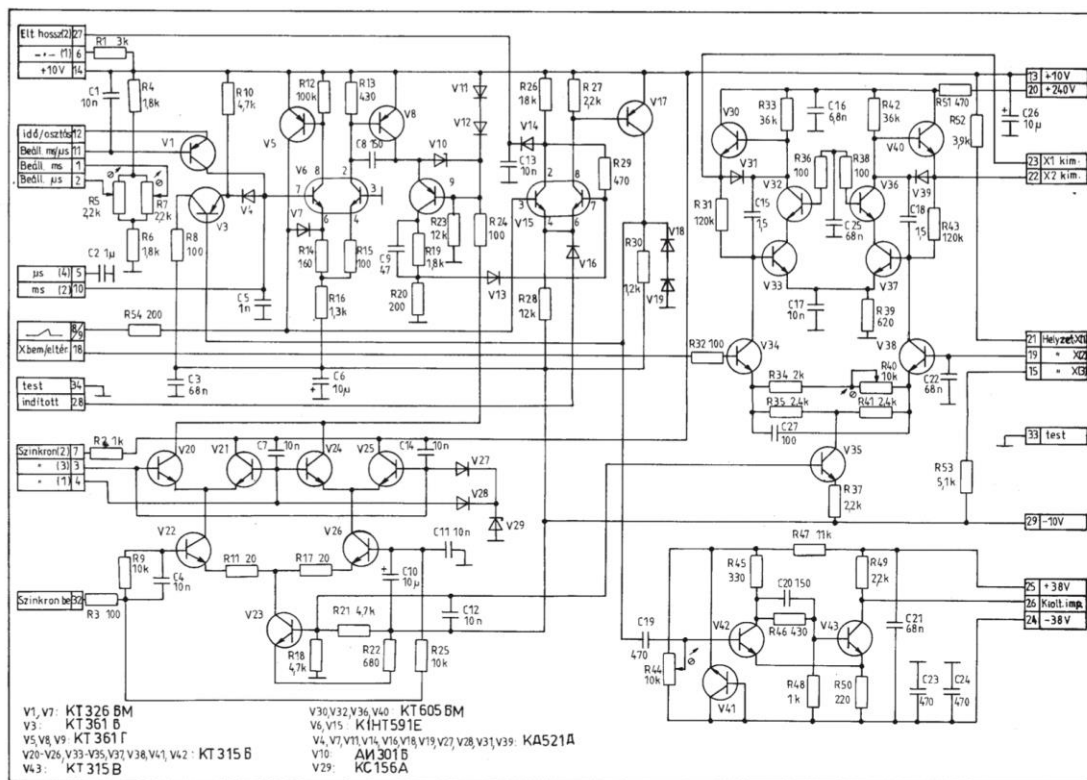


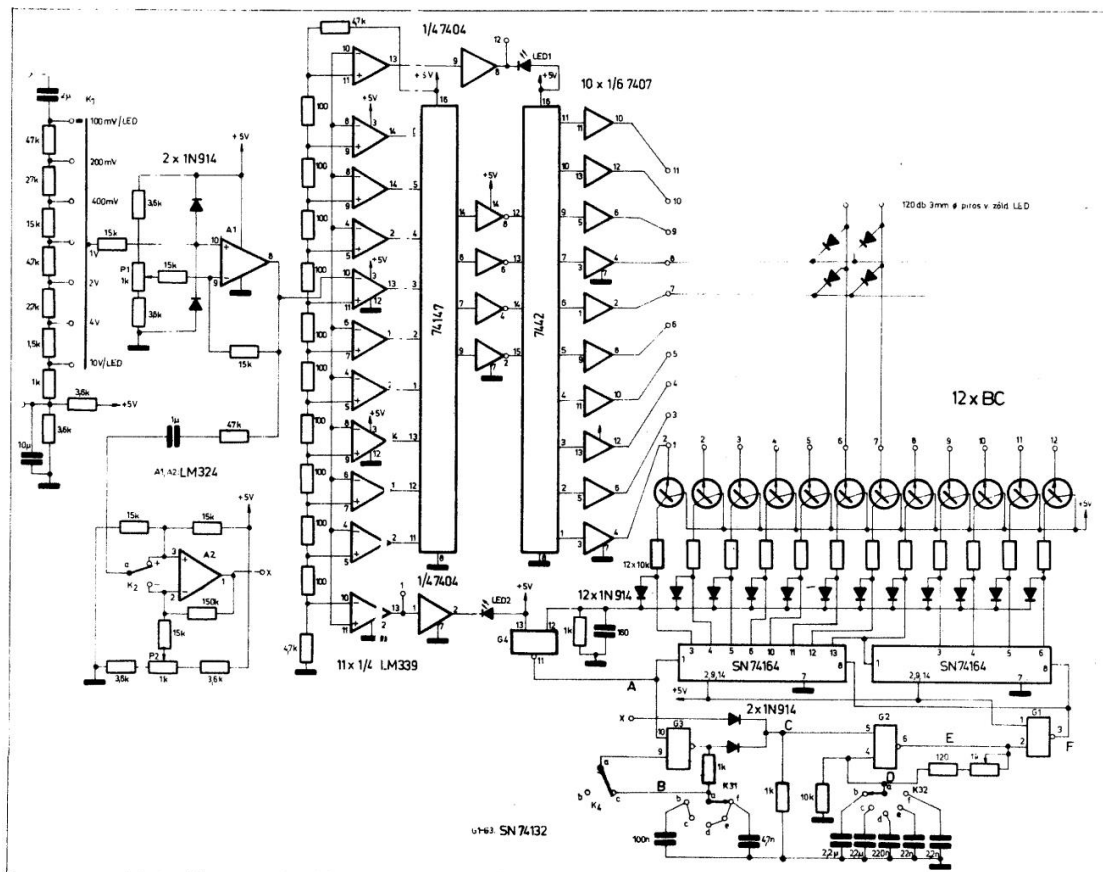
Рис. 3

10.2 OML-M2 kapcsolási rajza [15]

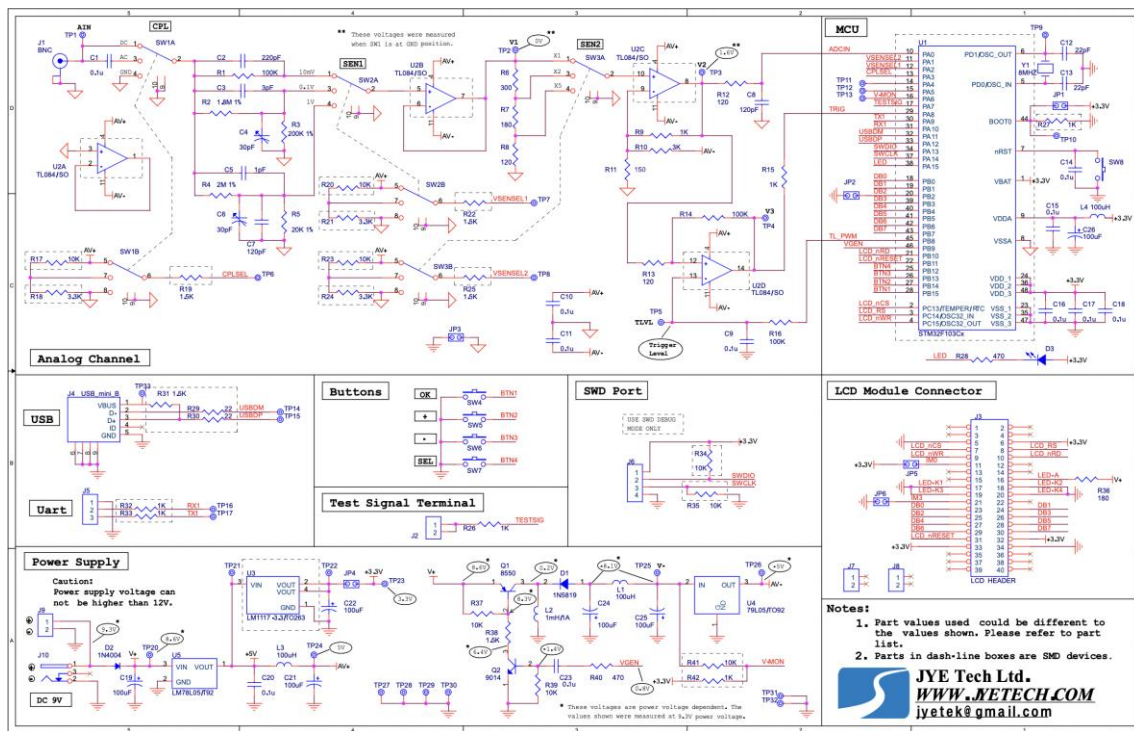




10.3 Digitális oszcilloszkóp [16]



10.4 DSO-138 kapcsolási rajza



Forrás: <https://jyotech.com/wp-content/uploads/2018/07/dso138-user-manual-13803k-13804k.pdf>