

TEKTRONIX TDS OSZCILLOSZKÓPOK HASZNÁLATA

Összeállította: Dr. Kármán Péter főiskolai adjunktus

A mérés célja, a digitális jelfeldolgozású oszcilloszkópokkal kapcsolatos fontosabb ismeretek átismétlése, elmélyítése, néhány mérési készség kialakítása, további cél néhány specifikált adat ellenőrzése.

1. Elvi alapok

Ebben a pontban áttekintjük a mérés elvégzéséhez szükséges legalapvetőbb fogalmakat. A mérésre történő felkészülés az útmutató tanulmányozásán túl, az analóg és digitális oszcilloszkópokról, (akár elméleti, akár labor tárgyakból) szerzett ismeretek újbóli áttanulmányozását is jelenti. A mérésen használt oszcilloszkópok (TDS 1000... 2000... sorozatú Tektronix műszerek) felhasználási kézi könyve a mérésen rendelkezésre áll.

A képernyő terület ábrája, és a területen található információk (kiírások, ikonok) definíciók, valamint a műszer előnézete az útmutató mellékletében megtalálhatók.

1.1. Valós idejű (real time) mérés fogalma, nem valós idejű mérés fogalma

Az oszcilloszkópos méréstechnikában **valós idejűnek** nevezzük azt a mérést, melynél a jel tetszés szerinti t és $(t+T)$ időintervallum közötti ábrázolásához (méréséhez), ugyanezen időintervallum alatt vesszük a jelből a szükséges információt. (Periodikus jelnél, T értelemszerűen a periódusidő). A **nem valós idejű** méréseknél az információ vétel ideje **nagyobb** mint a T intervallum.

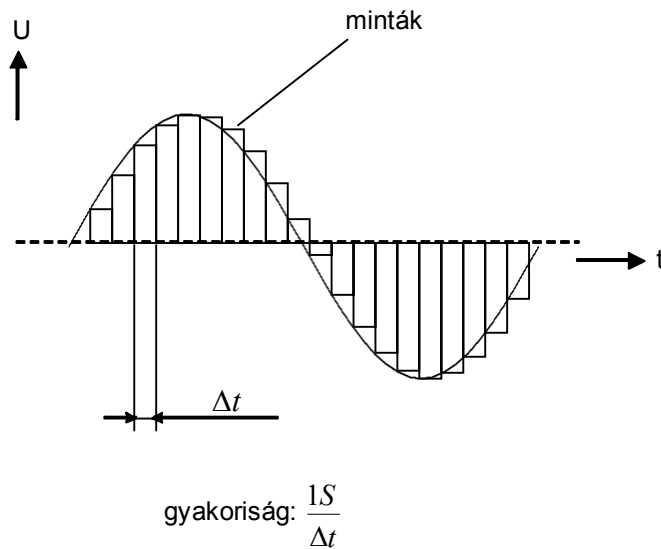
1.2. Túlmintavételezés fogalma, alulmintavételezés fogalma

A digitális oszcilloszkópok a mérendő jelből mindig mintavételezéssel veszik az információt, hiszen az analóg-digitál átalakítás (A/D), a diszkrét-pontos megjelenítés, diszkrét időpontokban történő információ gyűjtést feltételez. Ahhoz, hogy pontosan képezzünk le egy jelet, a jel mintavételezését több mint kétszeres sebességgel kell elvégezni, mint a jel legmagasabb frekvenciájú komponense. (Ez a mintavételezés egyik fontos törvénye.) A mintavételezési gyakoriságot Nyquist gyakoriságnak nevezzük, mértékegysége:

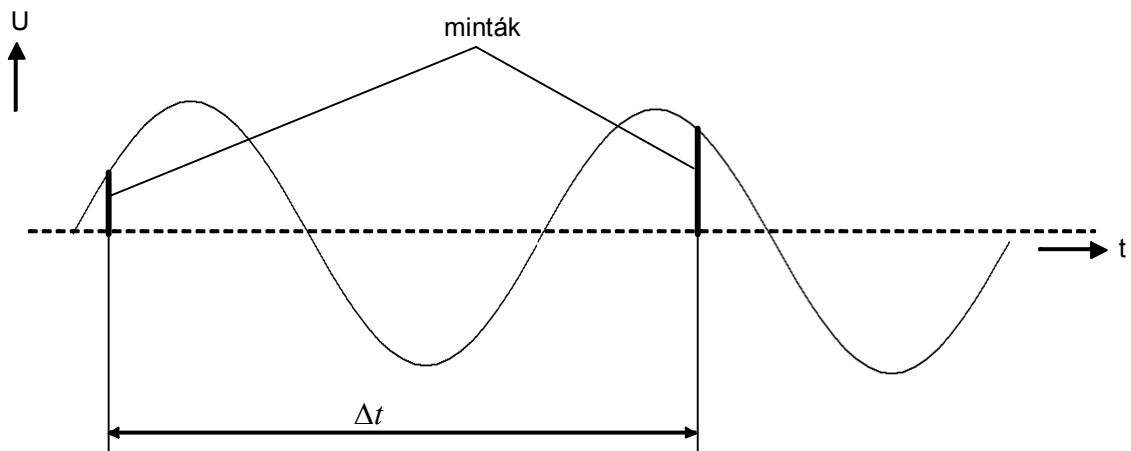
$\frac{\text{minta}}{\text{sec}} = \frac{\text{sampling}}{\text{sec}} = \frac{S}{s}$. Azt a legnagyobb frekvenciát, amelyet az oszcilloszkóp mintavételi gyakorisága elméletileg le tud képezni, Nyquist frekvenciának hívjuk. A fentiek alapján mondhatjuk, hogy az oszcilloszkóp Nyquist gyakorisága a Nyquist frekvencia kétszerese.

A túlmintavételezés mértéke azt mutatja meg, hogy adott felső határfrekvenciához a Nyquist gyakoriság hányszorosa a szükséges minimálisnak. Pl. 100 MHz-es felső határfrekvencia esetén az 1 GS/s-os Nyquist gyakoriság, 5-szörös túlmintavételezést jelent.

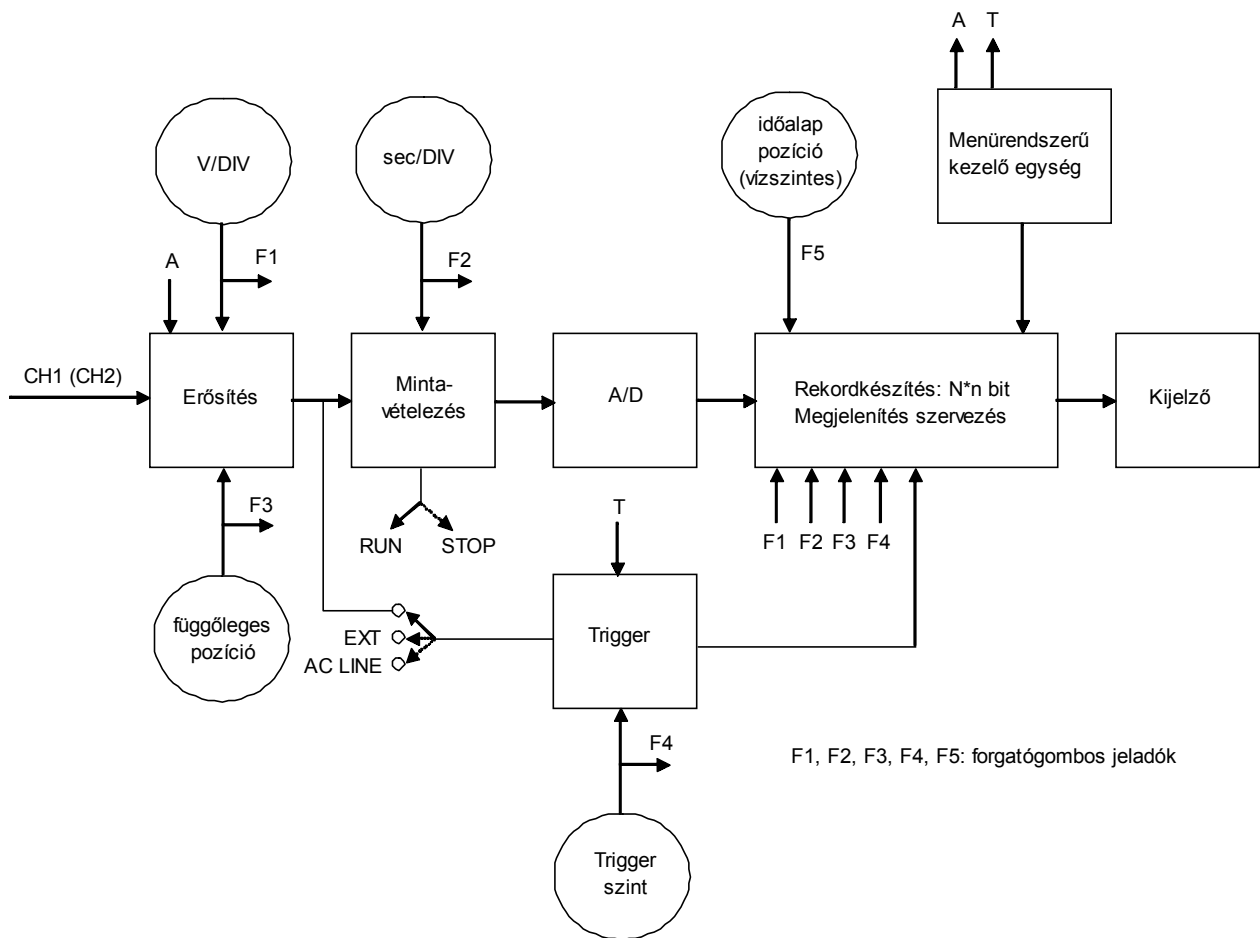
Az alul-mintavételezés esetén a Nyquist gyakoriság kisebb, mint a feldolgozandó jel max. frekvenciájának kétszerese. Tiszta szinuszos jel esetén szemlélteti az eddigieket az 1.2.a és 1.2.b ábra.



Túl-mintavételezés
1.2.a ábra



Alul-mintavételezés
1.2.b ábra



F1, F2, F3, F4, F5: forgatógombos jeladók

1.3.a ábra

1.3.1. A digitális oszcilloszkóp készenléti (trigger váró, READY) állapota

A READY állapotban, (az állapotot a szkóp, a display felső sorában READY felirattal jelzi) a SEC/DIV gombbal beállított időalapnak megfelelő mintavételezési sebességgel folyamatos a mintavételezés, és ugyancsak folyamatos az analóg-digitál (A/D) átalakító kimenetéről a szám adatok beírása a rekord tárolóba. A rekord tároló egy N*n bites (N: a rekord hossz vagy rekord szám, n pedig az A/D konverter bit-száma), regiszter típusú tároló. Minden mintavételezési ütemnél egy új szó kerül beírásra, az összes többi szó pedig egyet lép. Ily módon minden időpillanatban a vizsgálandó jelről a tárolóban egy N*n bites információs tömb áll rendelkezésre. Mind a rekordhossz, mind pedig a bit szám nagyon fontos jellemzője a digitális oszcilloszkópoknak. A TDS 1002 típusnál N:2500; n=8. (Megjegyzendő, hogy sok modellnél n=12, ill. nagyobb, N pedig 10^5 nagyságrendű is lehet!) Fontos, hogy a használandó oszcilloszkópnál ismerjük ezeket az adatokat, mert ezek szükségesek a méréseknél megfontolásokhoz, számításokhoz.

1.3.2. A triggerelés mint a megjelenítés feltétele, vízszintes pozíció, pretriggerelés

Az oszcilloszkóp leggyakoribb (ún. normál triggerelésű) üzemében ahhoz, hogy a rekord tárolóban levő adatok felhasználásával stabil, kiértékelhető hullámvonalak legyenek a display-n, valamilyen trigger eseménynek kell bekövetkeznie. Az esemény bekövetkeztét – amit úgy is szoktunk fogalmazni, hogy az oszcilloszkóp triggerrel talált, triggerelés történt – a display felső sorában megjelenő: Trig'd jelzi. A megjelenítés feltétele többféle lehet: a jel érjen el valamilyen szintet, (ezt a LEVEL gombbal lehet beállítani); impulzusnál előírható olyan feltétel, hogy pl. az impulzus szélessége legyen valamilyen értéknél nagyobb; külső jel szintjéhez ill. meglétéhez is köthető feltétel (est trigg), stb. A triggerelés feltételeiről a felhasználói könyvben részletes leírás található. **A trigger esemény bekövetkezése pillanatának, a display-n levő helyzete a vízszintes pozícióval állítható, megválasztható.** A beállított helyzetet a mérőháló felső vonalánál található kis nyíl jelzi (M pozíció). Az alkalmazásoknál, a **nyíl leggyakoribb helyzete** a mérőháló vízszintes vonalának **közepén van.** (M poz=0) Így középtől balra 5 osztás tartományban a triggerelés előtt mért jelalakot vizsgálhatjuk jobbra 5 osztásban, a triggerrel követő jelalakot. A triggerelést megelőző jelzések ábrázolását **pretriggernek** hívjuk. A triggerelést megelőző információ-gyűjtést és feldolgozást az 1.3.1. pontban leírt READY állapot lényege, a **folyamatos jelfelvétel** teszi lehetővé. Ennek különösen egyszeri lefutású jelek vizsgálatánál van nagy jelentősége. (Lsd. még a mérési feladatoknál tárgyalta.)

1.3.3. A SEC/DIV tartalmáról részletesebben, csúcsérték detektálás

Az 1.3.a ábrán látható (az 1.3.1. pontban pedig már érintőlegesen szó volt róla), hogy a SEC/DIV forgató gombbal a **mintavételi gyakoriságot** állítjuk. Mivel a rekordhossz rögzített érték, (pl. 2500) nagy mintavételi gyakoriság gyorsabb időalapnak (kisebb SEC/DIV-nek) felel meg. (Analog oszcilloszkópon szemlélettel a nagy mintavételi gyakoriság gyors vízszintes eltérítésnek felel meg.)

Az 1.2. pontban kifejtettek alapján megállapíthatjuk, hogy **az időalap lassítása** (növekvő SEC/DIV értékek) **az oszcilloszkóp sáv szélességének csökkentését is jelenti,** hiszen a Nyquist gyakoriságot csökkentjük! Ez nem csupán elvi kérdés, hanem gyakorlati következményekkel is jár, pl. az alulmintavételezés lehetősége növekszik, előfordulhat az aliasing jelensége. A jelenség felismerésével és kiküszöbölésével kapcsolatban a magyar

nyelvű felhasználói könyv 20-23 o. terjedő részében található hasznos fejtegetés, továbbá külön mérési feladatban foglalkozunk ezzel.

Az alulmintavételezésen kívül a sávszélesség csökkenésének másik következménye, hogy lassú folyamatok vizsgálatánál elvesznek a jelben előforduló, **gyors** részletek! E hiányosság kiküszöbölésére szolgál az ún. „**peak detekt**”-es (csúcserték detektálásos) jelfelvétel. Ennek lényege az, hogy minden mintavételezési intervallumból a legnagyobb, (ill. a legkisebb) amplitúdó kerül detektálásra és megjelenítésre. A TDS 1002-es modell pl. csúcserték detektálásos jelfelvételnél képes a leglassabb időalagnál is min 10ns széles impulzust („tüskét”) érzékelni és jelezni.

Az analóg (katódsugárcsőves) oszcilloszkópoknál lassú időalagnál ugyan nincs sávszélesség csökkenés, de gyakorlatból is emlékezhettünk rá, hogy milyen nehéz pl. 20 Hz-es jelnél, nagyságrendben 10 ns széles impulzust észrevenni. (Nagyon nagy a fényerő különbség a gyors részlet, és a lassú jelzések között, a gyors alig látható.) Digitális szkópnál „peak-detekt” esetén ugyanolyan a gyors és lassú jelzés kontrasztja és fényereje, kisebb a valószínűség, hogy elkerüli figyelmünket valamilyen nagyítandó, tovább vizsgálandó jel részlet.

1.3.4. Átlagolásos jelfelvétel

Átlagolásos jelfelvételnél az oszcilloszkóp kiválasztható számú (4, 16, 64, 128...) jelalakot felvételez (kiválasztható számú rekordot készít), átlagolja azokat és az átlagértékek kerülhetnek megjelenítésre. (Természetesen az átlagolás mintánként történik.) Ezzel a jelfelvétellel, a **jellel korrelációban nem álló** zavarokat, zajokat jelentősen csökkenthetjük!

Analóg oszcilloszkópnál zaj csökkentésére aluláteresztő szűrőt használhatunk. Ez a sávszűkítés a jelre nézve is csökkenti a sávszélességet. Digitális szkópnál más a helyzet, a digitális jelfeldolgozás eredményekét **számítástechnikai eszközökkel** elvégzett átlagolás (szűrés) minőségileg más eredményt ad: **a jelre nézve változatlan marad a sávszélesség!** A zajcsökkentés mint a vizsgálandó jel zaj összetevőire, mind az oszcilloszkópban belül keletkező zaj komponensekre hatásos. (A belső zajok elég jelentősek, különösen MS/s-nél nagyobb mintavételi gyakoriságoknál.)

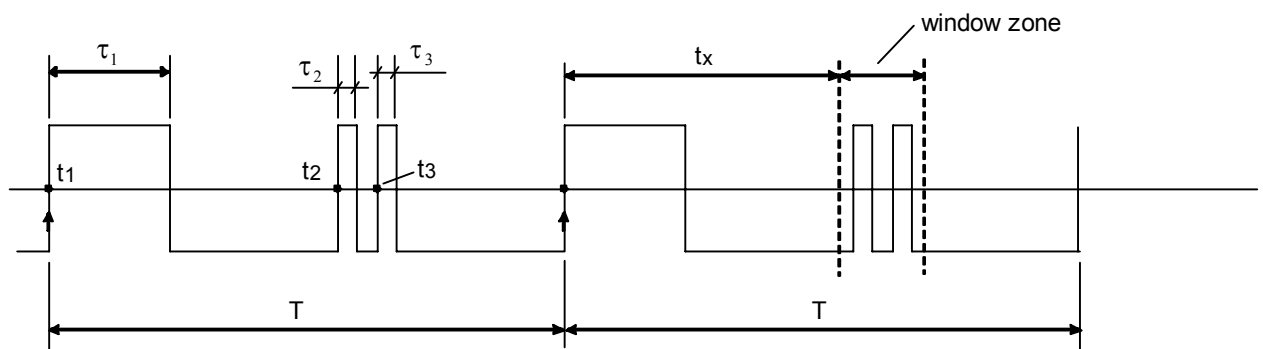
Összefoglalva, a digitális oszcilloszkópoknak három alapvető jelfelvételi üzemmódjuk van:

- az egyszerű mintavételezés, ezt szokás a működés alapértelmezését jelentő mintavételezésnek nevezni,

- csúcserték-detektálásos mintavételezés (1.3.3. pont),
- és az e pontban tárgyalt átlagos jelfelvételi üzemmód.

1.3.5. Kettős időalap (késleltetési időalap)

A kettős időalap használata azt biztosítja, hogy a triggerelést követő időtartományban valamely jelrészlet az időalapot tekintve nagyítva (nyújtva) legyen vizsgálható. Fontos értenünk, hogy ezt az üzemmódot miért is kellett kidolgozni akár az analóg, akár a digitális jelfeldolgozású oszcilloszkópos mérés technikában. A probléma lényege az, hogy nagyon sok olyan jel van, amelynél **a triggerelés feltételét nem lehet egyértelműek kijelölni**. Ezeket **összetett jeleknek hívjuk**. Az 1.3.5.a ábrán egy jellegzetes összetett jelet láthatunk.



(t_1 , t_2 , t_3 : lehetséges triggerelések a beállított triggerszinthez)

1.3.a. ábra

Ha t_1 -nél történik a triggerelés, nem tudjuk kellő pontossággal megmérni sem τ_2 sem τ_3 impulzus szélességeket. Csak a szerencsén múlik az, hogy az indítás t_2 -nél vagy t_3 -nál történik. (Ha sikerülne, az időalapot nyújthatnánk, és nagy pontossággal mérhetnénk.) Az említett példához képest a gyakorlatban sokkal bonyolultabb összetett jelek is előfordulhatnak. Ki kellett tehát dolgozni egy olyan eljárást, mely **tetszés szerinti sikeres triggerelés esetén** biztosítja, hogy a képernyőn megjelenő triggert követő teljes időtartományban bármely jelrészlet vizsgálható legyen. Digitális oszcilloszkópoknál a kettős időalap használata rendkívül egyszerű. (1.3.5. a ábra jobboldali része). Megjeleníthető egy ún. ablak (Window zone), melynek a képernyőn való helyzete és szélessége is állítható. Egyetlen opciógomb megnyomásával a kijelölt részlet a teljes képernyő felületre kerül nagyítva.

1.3.6. Auto ill. SCAN üzemmód, jelfelvétel megállítása

Digitális oszcilloszkópoknál is létezik a triggerelés auto üzemmódja: ha nincs trigger, úgy a szkóp generál trigger, ha van trigger átmegy az üzemmód normálba. Auto üzemet DC méréseknél kell használni (trigger nélkül is van adott csatornához megjelenített vonal).

Amennyiben auto üzemben az időalapot **100 ms-ra, ill. ennél lassabbra állítjuk** az oszcilloszkóp ún. SCAN üzemmódba kerül. Ilyenkor **nincs megjelenítés triggereléshez kötve**, gyakorlatilag a mintavételezéssel egyidőben kijelzésre kerül a mért érték a képernyőn, balról jobbra haladva, a mintavételezés sebességnek megfelelő ütemben. A képernyő végére érve, kis késleltetés után a folyamat indul előlről. (Ezt az üzemmódot, pásztázó üzemenk is nevezik.) A SCAN üzemmód lassú folyamatok vizsgálatához, nagyon praktikus lehet.

Bármely üzemmódban a RUN-STOP gomb megnyomásával a jelfelvétel megállítható. Ilyenkor a képernyőn a megnyomás pillanatában ábrázolt állapot marad meg, tárolódik. (A gomb ismételt megnyomásával újra indul a jelfelvétel.) Gyakran használt gomb, különösen kettős időalappal végzett mérésnél (ld. a mérési feladatoknál), nem véletlenül található e nyomógomb ergonómiailag kitüntetett helyen, az előlap jobb felső sarkában.

1.4. A TDS 1002-es modell néhány specifikált adata (jellemzője) és azok értékelése

E pont elején megemlítjük, hogy a gyártó által összeállított specifikáció pontos, alapos, áttekinthető, érdemes tanulmányozni!

1.4.1. Rekordhossz, bitszám, képernyő felbontás

Az LCD képernyő térháló részéhez tartozó felbontás: vízszintesen 250 pixel, függőlegesen 200 pixel.

Összevetve ezen adatokat a 2500-as rekordhosszal ill. az A/D 8 bites felbontásával a következő megállapításokat tehetjük:

- Mivel 10 vízszintes osztás (DIV) van, minden osztásra 250 minta jut, 1 osztás pedig 25 pixel, így minden tizedik minta kerül kijelzésre. Ez pedig azt jelenti hogy **tárolt adatoknál** (pl. megállított jelfelvételt követően) **tízszeres időalap nyújtást** tudunk végezni, úgy, hogy még a felvett adatokkal dolgozunk. Azt a jellemzőt, hogy osztásonként 250 minta van, azért is célszerű fejből ismerni, hogy így számíthatjuk ki adott SEC/DIV állásnál a mintavételi gyakoriságot. (Az oszcilloszkóp csak a SEC/DIV értéket írja ki.) A

mintavételi gyakoriság ismerete, mint láttuk azért lényeges, hogy érzékelhessük az adott SEC/DIV álláshoz tartozó legnagyobb feldolgozható frekvenciát. Pl. 250 ms-os időalapnál, $\frac{250ms}{250} \rightarrow \frac{1S}{ms} = \frac{1000S}{s}$ -os a mintavételi sebesség, a maximális frekvencia pedig 500 Hz!

- Függőleges irányban 8 osztás van. Amennyiben feltételezzük, hogy a mért amplitúdó csúcstól-csúcsig kb. 8 osztás értékű, a 8 bitből adódó 256-os felbontás és a 200 pixel egybevetésével mondhatjuk, hogy kb. az LSB 1 pixelnek felel meg. (A képernyő felbontása és az A/D felbontása kb. egyenértékű.)

1.4.2. Analóg sávszélesség

A specifikáció szerint, TDS 1002 típusnál ezen jellemző értéke: 60 MHz, 1:10-es mérőfej alkalmazásánál. (1:1-es mérőfejnél a sávszélesség csupán 6 MHz!) Az adat azt jelenti, hogy 60 MHz-es szinuszos jelent 3 dB-nél nem nagyobb csillapítás mellett még kiértékelhetően megjelenít az oszcilloszkóp. A digitális oszcilloszkópoknál hasznos tudni, hogy a megadott sávszélesség utáni frekvenciákon **az amplitúdó menet lassan csökken**. Mondhatjuk, hogy egy 60 MHz-es digitális szkóp sávszélesség szempontjából, kb. megfelel egy analóg 100 MHz-es szkópnak.

100 MHz-es szinuszos jelnél a TDS1002 kb. 4-5 dB-t csillapít, és ez 5 ns/DIV – leggyorsabb időalap, **1 kis osztás 1ns** – állásban öt periódust jelenít meg. Ilyenkor természetesen a mintavételezés gyakorisága maximális: 1 Gs/s. Egy kis osztásra 1 minta jut, 1 DIV-re 5 minta. A hiányzó 20 mintát, interpolációval állítja elő az oszcilloszkóp.

Érdeemes elgondolkodni az 1 Gs/s-os adaton is. Az adat azt sugallja, hogy az A/D konverternek 1ns áll rendelkezésére 8 bitben valamely analóg érték átalakítására. Ez közvetlen nem lehetséges. Az oszcilloszkópban gyors analóg tárolót alkalmaznak, amelyből az adatok kiolvasása olyan ütemben történik, mely mellett az A/D már tartalékkal képes üzemelni (Megjegyzendő, hogy a korszerű digitális jelfeldolgozást alkalmazó mérés technikában az analóg tárolóknak kulcsszerepük van.)

1.4.3. Időmérés pontossága, átfogása

A precízen közölt adatokból „kiszűrhető”, hogy 50 ns-nál lassabb időalapoknál, a teljes rekord időre vonatkoztatva, nyújtás nélkül mérőhálón való leolvasás esetén a pontosság

kb. 4 ezrelék. Ez jó érték. Külön ki kell itt emelni, hogy frekvenciát pontosabban lehet mérni. Jó triggerelés esetén a triggerfrekvencia – **melyet hat digitben mindig kijelez az oszcilloszkóp** – a jel frekvenciájával megegyezik, a kijelzett érték pontossága pedig kb. 50 ppm!

A leggyorsabb időalap 5 ns/DIV a leglassabb 50 s/DIV. Az időmérés átfogása így 10^{10} , ami szintén nagyon jó. Általában megállapítható, hogy digitális szkópoknál az idő és frekvenciamérés pontossága min. egy, de inkább több nagyságrenddel jobb, mint az analóg oszcilloszkópoknál elérhető pontosság.

1.4.4. DC mérés pontossága

A specifikáció szerint legalább 16 hullámalak átlagolása, és nullánál levő függőleges pozícióval a DC mérés pontossága: $\pm(3\% * \text{leolvasott érték} + 0,1 \text{ DIV} + 1 \text{ mV})$ (1)

Digitális oszcilloszkópnál a **nulla függőleges pozíciót** a mérőháló bal oldalánál levő **nyíl helyzetének nulla pozícióbeli állása jelenti!** (Amikor a függőleges pozíció gombot állítjuk, az oszcilloszkóp kiírja az aktuális pozíció értékeit.) Ettől általában eltér a megjelenített csatorna-vonal pozíciója, mivel az abszolút DC mérésnek offszet hibája van. A nulla helyzet maximális hibáját (1) összefüggésből úgy kapjuk meg, hogy az első tagot elhanyagoljuk, hiszen a mérőfejet rövidre zárva kb. 0 V-ot mérünk. Tehát: offszet maximum nullánál $\approx \pm(0,1^2 \text{ mV} + 1 \text{ mV}) = \pm 1,2 \text{ mV}$ -on belül kell lennie!

2 V/DIV állásban már csak az első tag számít, a megjelenített vonalnak $\pm(0,1^2 \text{ V}) = \pm 200 \text{ mV}$ -on belül kell lennie, nulla pozíciónál.

Megjegyezzük, hogy a DC mérés pontosságát a gyártó igen szigorúan specifikálta, a tapasztalat azt mutatja, hogy a megadottnál kedvezőbben az értékek, kb. 2 %-on belül biztonsággal lehet mérni. A készülék képes automatikus hitelesítésre, e program – mely kb. 1 percig tart – fő eleme, az egyes V/DIV állásokhoz tartozó nulla helyzet optimalása.

1.5. Röviden az oszcilloszkóp felépítéséről

A TDS 1002 (ill. a modell sorozat többi eleme) a következő egységekből áll:

- alaplapp
- kezelő egység
- tápegység
- LCD Display megvilágítással

Az alaplap az oszcilloszkóp legértékesebb egysége, a készülék alján helyezkedik el, egy nyolc rétegű nyák, az összes LSI áramkörrel és a bemeneti csatlakozókkal. Rendkívül precíz kivitelű, lényegében az egész egység egy integrált áramkörnek tekinthető. Minden más egység az alaplaphoz csatlakozóval kapcsolódik.

A kezelőegység nyomógombos és forgató gombos jeladókat tartalmaz. A nyomógombok hasonlók a jó minőségű rádiótelefonoknál alkalmazott nyomógombokhoz, nagy megbízhatóságú „gumi” érintkezők. A forgatógombok végállások nélkül körbejárnak, feladatuk információt adni arról, hogy valamely érték növekedjen, vagy csökkenjen. (Pl. SEC/DIV vagy V/DIV.)

A Display 145 mm átlójú folyadékkristályos, a felbontásról már az 1.4.1.-ben részletesen volt szó. A képernyő kontrasztja állítható és hőmérséklet kompenzált. A háttérvilágítást kb. 120 mm hosszú fénycső biztosítja.

A tápegység közvetlen a képernyő mögött helyezkedik el, természetesen kapcsolóüzemű. (A frekvencia 40 kHz és 50 kHz között van, szépen mérhető, ha mérőfejre hurkot csatlakoztatunk és közelítjük a készülék bal oldala felé.)

A felépítés részleteiben és egészében is a XXI. századi technológiát mutatja. Ez teszi lehetővé, hogy a szervíz nem áll másból, mint egy, esetleg több egység cseréjéből. A szervíz másik „kötelessége”, hogy a hibás egységet visszaküldi a gyártónak, ahol a tapasztalatokat feldolgozzák, a további gyártás tökéletesítéséhez felhasználják.

2. Mérési feladatok

Minden mérési feladatnál érvényesek a következők:

- A mérési feladatokat az oszcilloszkóphoz tartozó 200 MHz-es mérőfejes kábelekkel kell elvégezni. (A mérőfej osztó beállítása 1:10, ettől való eltérés külön jelzésre kerül az adott feladatnál.) A mérőfejes kábelek rövid garancia idejű, mégis nagyértékű – 50, 100 ezer forint értékű – eszközök. Csak kíméletesen és szakszerűen szabad ezeket az eszközöket használni!
- Az oszcilloszkóp kezelő szerveihez is kíméletesen, óvatosan nyúljunk. A képernyő műanyag szűrő felületét ne tapogassuk kézzel, még véletlenül se érintsük ceruzával, tollal ill. bármivel, ami karcolódást okozhat!

2.1. F. Az oszcilloszkóp kezelésének megismerése, néhány egyszerűbb mérés elvégzése

E mérési feladatban a **mérésvezető segítségével** ismerkedjünk meg a menürendszerű kezelés használatával. A kezelés logikus, gyorsan elsajátítható. A menürendszerű kezelés lényege egy mondatban megfogalmazható: a nyomógombok túlnyomó többsége egy-egy menüt jelöl ki, (a menü elnevezése magára a nyomógombra van írva), a menühöz tartozó opciók a képernyő jobb szélén jelennek meg, a mellettük található jelzetlen (multifunkcionális) nyomógombokkal az egyes opciók kijelölhetők. A következő menüvel célszerű megismerkedni: **csatorna menü, trigger menü, cursor és display menü**. E feladatban kell megismerkedni a **Default Setup** és az **Autoset** funkciókkal. **Egyéb menük és funkciók a későbbi mérési feladatoknál szerepelnek** és a méréseknél a szükséges beállításokat megadjuk!

Ellenőrizzük a mérőfej kompenzációjának helyességét a kalibráló jel felhasználásával. Ezután Autoset segítségével mérjük meg generátorból kivett, tetszés szerinti négyszögjel frekvenciáját, felfutási idejét, lefutási idejét, amplitúdóját. (A további mérési feladatokban az autoset funkciót már nem használjuk!)

2.2.F. Jelfelvételi üzemmódok, és a megjelenítés szervezés tanulmányozása

A vizsgálatokhoz szükséges egy kézi indítású impulzus generátor (impulzus szélesség tartomány: 20 ns...100 μ s, amplitúdót: 3...4 V között), továbbá egy funkció generátor.

2.2.1.F. Állítsuk be az oszcilloszkópon a következő értékeket: (használt csatorna CH1), V/DIV=1 V; SEC/DIV:1sec trigger: felfutó és (Rising), normál üzem, forrás CH1, LEVEL: 0,5...1 V, függőleges pozíció: 0 V, M pozíció: 0 sec, jelfelvételi üzem (acquire): **peak detekt.**

- Adjunk egyetlen kézi indítású impulzust (kb 10 μ sec időtartamút) a CH1 bemenetre, és **figyeljük a triggerállapot kijelzőt**: a gomb megnyomásakor a READY felirat Trig'd-re vált, majd 5 s múlva megjelenik az impulzus az ernyőn, és a trigger kijelző ARMED állapotot jelez 5 s időtartamig. A 10 s-os rekord idő végén, ismét a READY felirat jelenik meg.
- Toljuk el az M pozíciót balra 3 osztással és a READY megjelenése után adjunk ismét egy kézi impulzust a CH1 bemenetre. Ekkor 8 másodpercet kell várunk a megjelenítésre, és 2 másodpercig tart az ARMED állapot.
- Az ARMED állapotban nem fogad triggert az oszcilloszkóp, hiszen rekord időtartamonként (jelen esetben 10 s-onként) **csak egyetlen trigger érvényesíthető**. Fontos tudnunk, hogy **az ARMED állapotban is történik jelfelvétel!** Erről a következőképpen győződhetünk meg: Állítsuk vissza az M pozíciót 0-ra, és indítsunk el

egy jelfelvételt egy kézi impulzussal. Amint megjelenik az ARMED jelzés, kb. 1 másodpercenként mindaddig adjunk impulzusokat, amíg a Trig'd meg nem jelenik. Amennyiben helyesen jártunk el, a megjelenítés után valamennyi triggerelést megelőző (az ARMED állapotban bevitt) impulzus látható lesz a mérőháló baloldali tartományában. (Pretrigger információk a display-n)

A fentieknek megfelelően működik az oszcilloszkóp folyamatosan érkező impulzusok esetén is, azzal a különbséggel, hogy 25 ms-nál gyorsabb időalap esetén a trigger állapot jelzőn már csak a Trig'd kijelzés jelenik meg.

2.2.2.F.

Állítsuk át a jelfelvételi ütemet egyszerű mintavételezésre. Adjunk egyetlen kézi indítású **4 μ sec** időtartamú impulzust a CH1 bemenetére. Tapasztalhatjuk, hogy a triggerelés bekövetkezik, de a megjelenítést követően a képernyőn nem látható az impulzus. Ennek oka a következő: 1 s-os időalaphoz két mintavételezés közötti idő: $1 \text{ s} / 250 = 4 \text{ ms}$. Annak a valószínűsége, hogy 4ms-onként 4 μ sec-os időintervallumba betalálunk $4 \mu\text{sec} / 4 \text{ msec} = 10^{-3}$. (Ezért kellett az előző mérési pontban a peak detektet használnunk, lsd. az elvi összefoglalóban írtakat.) Az előzőek alapján állítsuk be azt az időalapot, melynél **kb. 50 % eséllyel történik az impulzus** megjelenítése, majd olyan időalapot, melynél már nemcsak az impulzus megjelenése biztos, hanem a szélessége is jól mérhető.

2.2.3.F.

A csúcserték detektálás részletesebb vizsgálatához válasszuk ki az ACQUIRE menüből a peak detekt opciót, és a TRIGGER menüből az AUTO opciót. Az időalapot állítsuk 250 ms-ra, ily módon SCAN üzemmódban használható az oszcilloszkóp. A kézi indítással adott 4-5 μ s-os impulzusok az indítógomb megnyomásával egyidejűleg, (rögtön) megjelennek a képernyőn. Természetesen az 1 pixel szélességű vonalak az impulzus szélességéről nem adnak információt, **de az amplitúdójáról, (csúcsertékéről), igen.** Vizsgáljuk meg, hogy elnyújtott időalaphoz (amikor az impulzus szélessége is értékelhető) mért csúcserték mennyire egyezik a lassú (250 ms-os) időalaphoz mért „vonalhosszúságoknak” megfelelő fesz. értékekkel! Azt kell tapasztaljuk, hogy az eltérés 2-3 %-on belül lesz, mindaddig, amíg az impulzus szélessége két-háromszáz ns-nál nem rövidebb. 20 ns széles impulzusnál az eltérés már jelentősebb lehet, vizsgáljuk meg ezt is!

Ügyeljünk arra, hogy a mérőfej 1:10 állásban legyen, hogy az oszcilloszkóp sávshélessége 60 MHz lehessen.

Amennyiben mód van a laboratóriumban 20 ns-nál keskenyebb impulzusok bevitelére, keressük meg azt az impulzusszélességet, aminél még a detektálás egyáltalán bekövetkezik. Vessük össze az így mért értéket a specifikálttal!

2.2.4. F.

Az **átlagolásos jelfelvétel** vizsgálatához a funkciógenerátorból 100-200 mV amplitúdójú néhány MHz-es négyszögjelet vegyünk ki, és vizsgáljuk az oszcilloszkóppal. (ACQUIRE menü, average opció). Vizsgáljuk a felfutó élt, látható lesz, hogy az átlagolt jelfelvételek számát növelve (4, 16, 64, 128) a **zaj csökken, a sávszélesség nem változik**, (a felfutási idő változatlan marad)!

2.3. F.

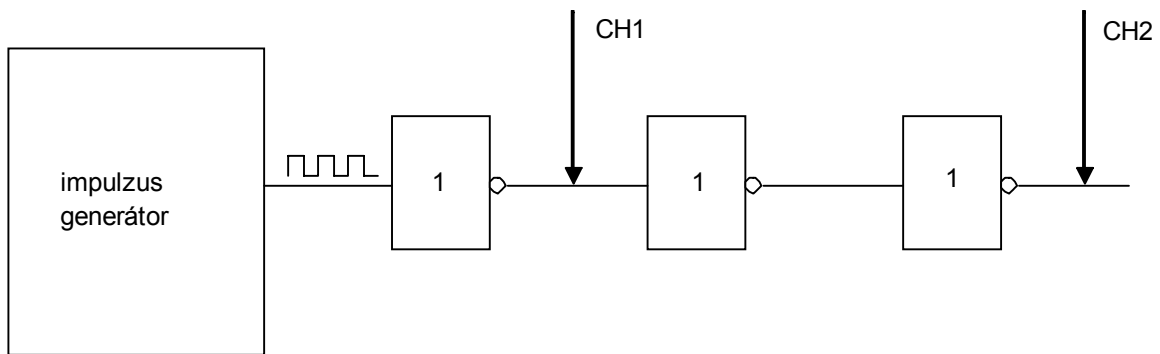
Alulmintavételezés előidézése (aliasing), nem valós idejű megjelenítés tanulmányozása.

A vizsgálatokhoz funkció generátor szükséges. E feladat során az oszcilloszkópot SCAN üzemmódban használjuk. (időalap: sec/DIV=250 ms; V/DIV:1 V; trigger: AUTO ACQUIRE: **egyszerű mintavételezés**, „SAMPLE”)

Adjunk CH1 bemenetre kb. 3 V csúcsértékű 1 kHz-es szinuszos jelet. Figyeljük a trigger frekvencia kijelzőt, finom óvatos szabályozással állítsuk a jel frekvenciáját kevéssel 1 kHz fölé. Az állítás közben megindul a képernyőn egy hosszú periódusú szinusz jel megjelenítése. (Nem valós idejű megjelenítés). Amint ezt tapasztaljuk, hagyjuk abba a frekvencia állítását. A működés megfelel az elvi összefoglaló 1.2.c. ábráján bemutatott $n=1$ esetnek. Ezt egyszerű számítással igazolhatjuk: 250 ms-os időalapról $250 \text{ ms}/250=1 \text{ ms}$ -onként vesz mintát az oszcilloszkóp, az 1 kHz-es frekvencia 1 ms-os periódusidőt jelent, ha a frekvenciát kicsit növeljük a periódusidő $1 \text{ ms}-\Delta\tau$ -ra csökken, vagyis előállhat az alulmintavételezés. A megjelenített jel alapján számítsuk ki, hány valós periódust használtunk egyetlen (nem valós idejű) periódus ábrázolásához! Próbáljuk meg tudatosan (előzetes számítás alapján) más frekvencián is (tehát nem 1 kHz-en) alulmintavételezést előidézni! Ismét megemlítjük, ha az aliasing véletlenszerűen fordul elő – **mivel real time oszcilloszkópról** van szó – káros, és kiküszöbölendő.

2.4.F. Késleltetési idő mérése

A vizsgálandó áramkör TTL (lehetőleg schotky), és/vagy CMOS invertereket tartalmazó IC. A mérés elrendezése (minden esetben) a 2.4.F.a ábrán látható.



2.4.F.a ábra

Az 1-es kapu biztosítja, hogy áramkör-családon belüli élhez képest mérjünk késleltetést, a 3-as kapu pedig azt a célt szolgálja, hogy felfutó élhez képest felfutó él, lefutó élhez képest lefutó él késleltetését mérhessük. A mérést folyamatos órajellel célszerű végezni, **átlagolós jelfelvételi** üzem mellett. (átlagolt rekordok száma min. 16) A frekvencia – mivel tárolós oszcilloszkóppal mérünk – nagyon széles tartományban választható. 5 V-os tápfeszültséget feltételezve a triggerelési szintet célszerűen 0,5...1 V értékre állítsuk. A méréshez használjuk az idő kurzorokat!

A felhasználói kézikönyvben a delta idő mérés pontosságára megadott adatok alapján, adjuk meg az elvégzett időmérések pontosságát!

2.5.F. Egyszeri lefutású jelek vizsgálata

Az egyszeri lefutású jel, ritkán érkező (kis gyakoriságú) jelet jelent, ahol a ritkaság szélsőséges esetben összesen egyszer lejátszódó jelenség vizsgálatát is jelentheti. Gondoljunk egy berendezésre, aminek valamely egysége – pl. elektromechanikus egysége – kb. csak 10 percenként üzemel. Külön említésre méltó az **ún. burst vizsgálatok köre**. Ilyenkor a vizsgálandó eszközön a mérés során bekövetkező disszipációt tetszés szerint csökkenthetjük a vizsgálati gyakoriság helyes megválasztásával. Ily módon nyílhat lehetőség kísérletekben pl. extrém nagy áramok és feszültségek hatásainak vizsgálatára. Hosszasan sorolhatóak a példák, kijelenthető, hogy az egyszeri lefutású jelek vizsgálhatósága mind a kutatásban, fejlesztésben mind a szervíz jellegű feladatokban nagyon nagy jelentőségű. Ennek megfelelően e pontban a feladat változik viszonylag bő, amit az is indokol, hogy e méréseket kizárólag csak digitális tárolós oszcilloszkópokkal lehet elvégezni.

Az alábbi feladatok során gyakran használjuk az oszcilloszkóp SINGLE SEQ jelzésű nyomógombját. E gomb megnyomását követően, az oszcilloszkóp automatikusan **normál triggerre vált**, csakis **egyetlen trigger** érvényesít, tehát a megjelenítést követően **leállítja a jelfelvételt**. (Az utóbbi mozzanatot ACQ COMPLETE kiírással jelzi.)

2.5.1. F. Kézi indítású impulzus felvétele egyszeri lefutású üzemmódban

A generátort állítsuk be úgy, hogy készen álljon 50 ns széles, 3...4 V amplitúdójú impulzus kiadására. Csatlakoztassuk a generátort a CH1 mérőfejéhez. Az oszcilloszkópon állítsuk be a szükséges csatorna érzékenységet, állítsuk be a helyes trigger opciókat (normál; forrás CH1; felfutó él; DC), állítsuk be a LEVEL értékét 0,5...1 V közötti értékre, válassza meg a helyes időalapot az ACQUIRE menüben a SAMPLE-t jelöljük ki.

Nyomjuk meg a SINGLE SEQ gombot és várjuk meg a Ready trigger kijelzést! Ezt követően a generátor kézi indításával végezzük el a jelfelvételt.

Újabb vizsgálathoz az ACQUIRE menüből az átlagos üzemmódot válasszuk, 4-es átlag számmal. A SINGLE SEQ megnyomása után indítsunk új mérést. A jelfelvétel csak akkor fejeződik be (az **Acq Complete** kijelzés csak akkor jelenik meg), ha a generátorból mégegyszer indítottunk impulzust.

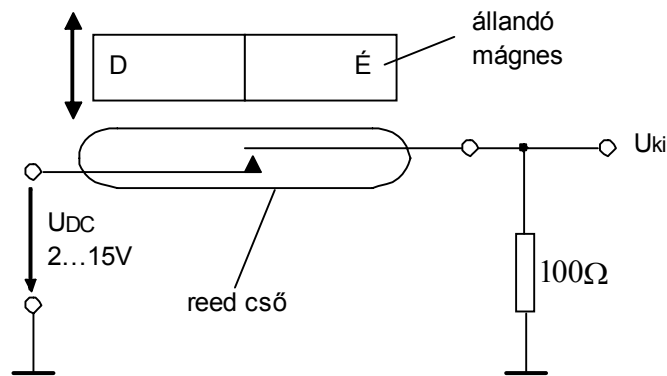
Az egyszeri lefutású jelek vizsgálatához alapértelmezésben mindenképpen az egyszerű mintavételezéses (esetleg peak detekt) jelfelvétel tartozik.

A továbbiakban mindig ezeket használjuk!

E pontban leírt mérési metodikával kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy általában minden mérésnél célszerű és helyes előre megbecsülni, hogy milyen eredményeket várunk, és ez alapján a műszeren előzetes beállításokat elvégezni. Egyszerű lefutású jelek vizsgálatánál a metodika kulcsfontosságúvá válik, hiszen elképzelhető, hogy a következő mérést esetleg órák múlva tudjuk csak elvégezni.

2.5.2.F. Reed relé bekapcsolásának vizsgálata

A mérési elrendezés a 2.5.2.F.a ábrán látható.



2.5.2.F.a ábra

A relé **bekapcsolását** a permanens mágnes közelítésével végezzük el, az U_{DC} feszültség megválasztásával a kapcsolt áramot (20 mA...150 mA-ig) állíthatjuk be.

Ismeretes, hogy a reléknél a pergés (prel) jelensége fordulhat elő. A konkrét pergés kép függ a kapcsolt áram nagyságától. (Kisebb áramoknál valószínűbb a jelenség, nagyobb áramoknál esetleg nem is jelentkeznek.) Várhatóan 500 μ s-nál tovább nem tart a prel. Ezt, továbbá a mérési elrendezést figyelembe véve, végezzük el az előzetes beállításokat az egyszeri lefutású jel felvételéhez. (Válasszuk meg a trigger opciókat, állítsuk be LEVEL értékét és az időalap értékét, az ACQUIRE menüből célszerűen a Peak detektet jelöljük ki, a függőleges érzékenységet a választott U_{DC} -nek megfelelően állítsuk be). A SINGLE SEQ megnyomását követően (ready állapotban) közelítsük a mágneszt a reed csőhöz, és végezzük el a jelfelvételt. Ha nem kapunk jól értékelhető eredményt, gondoljuk át mit állítottunk be rosszul. Ha értékelhető eredményt kapunk, azt kell meggondolnunk, hogy a beállítások módosításával lehetővé válik ez a jelenség alaposabb, pontosabb vizsgálata. Legalább 3-4 áramértéknél végezzünk mérést, továbbá az első bekapcsolási élt, nyújtott időalappal is vizsgáljuk meg!

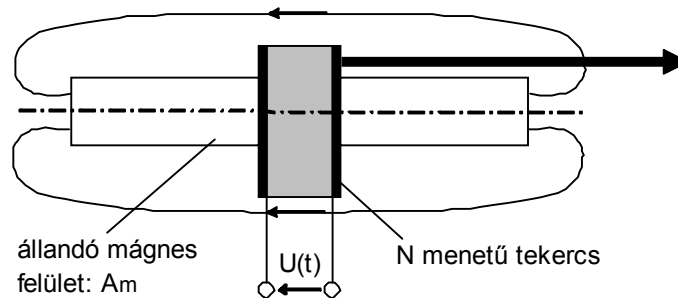
2.5.3.F Piezo sugárzó rezonancia frekvenciájának mérése

E feladatban egy kb. 25 mm átmérőjű piezo kristály (pl. riasztóban használatos sugárzó) rezonancia frekvenciáját mérjük, egyszeri lefutású jel felvételének módszerével. A rezonancia frekvencia értéke várhatóan 4 kHz és 12 kHz között van. A kristály kivezetéseit úgy csatlakoztassuk a mérőfejhez, hogy maguk a vezetékek tartsák levegőben a sugárzót (ne feküdjön fel az asztalon szabadon rezeghessen). A kristályt tollal v. ceruzával finoman megütve néhány száz mV-tól néhány V-ig terjedő tartományban lecsengő váltakozó feszültséget ad a kivezetésein. Végezzünk néhány kísérletet, ha szükséges korrigáljunk az

előzetes beállításokon, és egy jól kiértékelhető tárolt ernyőképen mérjük meg a frekvenciát időkurzorok felhasználásával.

2.5.4.F. Permanens mágnes fluxusának mérése rekord integrál felhasználásával

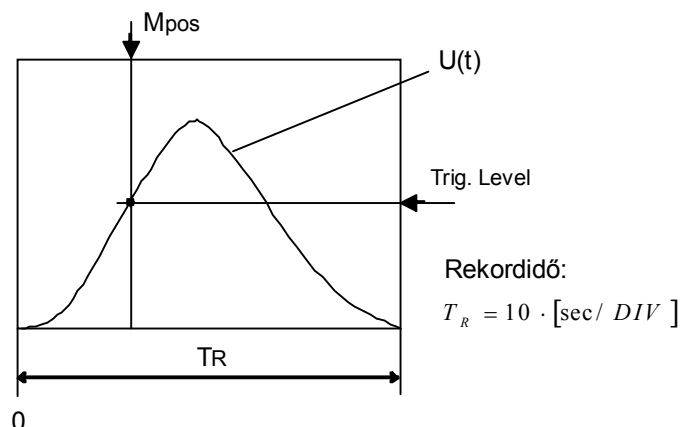
A mérés során az egyszeri lefutású jel felvételi lehetőségén túl kihasználjuk az oszcilloszkóp azon képességét, hogy a „mean” típusú automatikus mérésben kiszámítja az aritmetikai közép feszültséget a teljes rekordra. A mérés elrendezése a 2.5.4.F.a ábrán látható.



2.5.4.F.a ábra

A permanens mágnesről lehúzzható **tekercsen** középhezletben a mágnes teljes fluxusa áthalad. Miután lehúzzuk a tekercset a mágnesről és kellő távolságra visszük, a fluxus kb. nulla lesz. A tekercs mozgatása közben a CH1 csatornán, felvesszük a keletkezett feszültség hullámot. A feszültség hullám alatti terület arányos lesz a fluxussal. Az integrálást (a területszámítást) az oszcilloszkóp automatikusan elvégzi, a rekordra számolt közép feszültséget kijelzi.

Jól késleltethető, célszerű pozíció beállítással felvett hullámot ábrázol a 2.5.4.F.b ábra.



2.5.4.F.b ábra

A kiértékeléshez tartozó összefüggések a következők:

$$|U| = \left| N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \right| \quad (1)$$

Az oszcilloszkóp által kiszámolt középérték: (MEAN)

$$MEAN = \frac{1}{T_R} \int_0^{T_R} U(t) dt \quad MEAN > 0 \text{ a tekercs megfelelő polaritásával biztosítható}$$

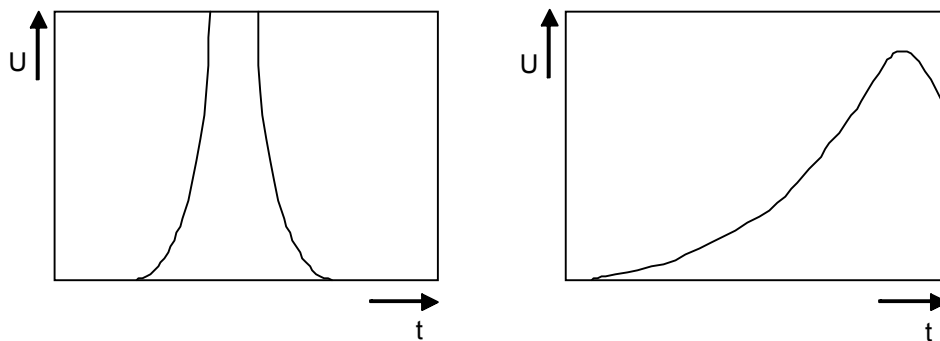
U(t) helyébe beírva (1)-et és rendezve:

$$T_R \cdot (MEAN) = \int_0^{T_R} \left| N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \right| dt = N \cdot |\Phi(T_R) - \Phi(0)| = N \cdot |\Delta\Phi|$$

$$|\Delta\Phi| = \frac{T_R \cdot (MEAN)}{N}$$

a Sec DIV és V/DIV értékek megválasztását össze kell hangolni (adott mágnes ill. tekercs esetén) a tekercs lehúzásának gyorsaságával. A helyes mód feltétele egyszerű: a felvetett jel Y irányban nem határolódhat, és az ernyő jobb szélénél vissza kell térjen kb. nullára.

A 2.5.4.F.c ábra bal oldala „túl gyors” lehúzás, jobb oldala „túl lassú” tekercs lehúzást mutat.



2.5.4.F.c ábra

A tekercs menetszámát, és a célszerűen beállítandó kiindulási értékeket kérjük meg a mérésvezetőtől. Ezt követően néhány kísérlet (próbálkozás) után a 2.5.4.F.b ábrához közeli (optimális) jelfelvétel elvégezhető. A jelfelvétel előtt ne felejtsük el a MEASURE (automatikus mérések) menüből forrásként CH1-et, típusként pedig a Mean opciókat kijelölni. Értékeljük ki a mérési eredményeket.

2.6.F. Mérések kettős időalappal (késleltetett időalappal)

2.6.1.F. A kettős időalap kezelésének elsajátítása, gyakorlása

Függvénygenerátorból vigyünk a CH1 csatornára 150 Hz-es 3 V-os, 50 % kitöltésű négyszögjelet. Trigger beállítások: forrás CH1; csatolás AC; felfutó él; LEVEL: 1V.

Függőleges érzékenység 1 V/DIV; időalap: 1 ms. Időalap pozíció (M pozíció) közepén (0,00 s) ACQUIRE: egyszerű mintavételezés (SAMPLE).

A feladat során a triggereléshez használt felfutó élhez legközelebb eső első lefutó élt vizsgáljuk késleltetett időalappal. Ehhez nyomjuk meg a HORIZONTAL menü gombot, és válasszuk a Window Zone (ablak zóna) funkciót. Ilyenkor két függőleges kurzor jelenik meg (melynek kis ablak zóna időnél nagyon közel lehetnek egymáshoz, ill. egybeeshetnek). Az ablak zóna időt az oszcilloszkóp kijelzi. A Window Zone opcióban a vízszintes pozícióval az ablak zóna helyzetét lehet állítani (csak a triggereléstől jobbra első tartományban, hiszen **késleltetésről** van szó), a SEC/DIV forgató gombbal pedig a két kurzor közötti időt (vagyis az ablak zóna időt).

Állítsuk be az ablakzónát 100 μ s-ra, és pozícionáljuk úgy, hogy a **zónába az első lefutó él beleessen.**

Ezután nyomjuk meg a Window opciót. Ekkor a kiválasztott jelrészlet nagyítva, a 100 μ s-os időalapban jelenik meg.

Tovább nagyíthatunk úgy, hogy a **pozícióval középre hozzuk a lefutó élt**, és a SEC/DIV-et a rövidebb időalapok felé állítjuk. Ahogy a nagyítást növeljük azt tapasztaljuk, hogy a vízszintes pozíciója a jelrészletnek egyre bizonytalanabb „mocarog”. (Ez elsősorban a jel frekvenciájának ingadozásától származik). 1 μ s-os SEC/DIV állásnál a bizonytalanság 4-5 vízszintes osztás is lehet. Ilyen mértékű nagyításnál nyomjuk meg a STOP gombot (állítsuk meg a jelfelvételt). Az így „elkapott” lefutó élt **ismét hozzuk középső pozícióba!** Ezutáni nyújtás **a tárolt adatok felhasználásával történik.** Nyújtsuk az időalapot 100 ns-ig. Összességében az elvégzett nagyítás: $1 \text{ ms}/100 \text{ ns}=10^4$. Kellő gyakorlattal több ezerszeres nagyítás is elvégezhető az oszcilloszkóppal! Láthatjuk, hogy kettős időalappal történő mérésnél is milyen nagy a jelentősége a rekord számnak, hiszen a nagyítás második szakasza a tárolt adatokon történik. A TDS 1002-vel (2500-os rekord hossz) a feladatban 1 μ s-tól 100ns-ig tudtunk nagyítani. 25000-es rekord hossz mellett (ugyanezen sávszélességű oszcilloszkóppal) 10ns-ig nagyíthatunk volna. (Számos ilyen teljesítményű modell létezik a piacon.)

E feladat végén felhívjuk a figyelmet arra, hogy nagy nagyításoknál **kizárólag a SAMPLE, vagy a Peak detek-es jelfelvételt** szabad használni, átlagolószós jelfelvétel teljesen hamis eredményt ad!

2.6.2.F. Háromszög-jel „csúcsának” nagyított vizsgálata

Függvénygenerátorból vigyünk a CH1 csatornára 10 kHz-es 500 mV csúcsértékű háromszög-jel. A beállításokat önállóan végezzük el, nem „próba-szerencse” alapon, hanem ha kell lassabban, de mindenképpen tudatosan átgondolva! Folytassunk vizsgálatot úgy, hogy függőlegesen min 10-szeres, vízszintesen min. 100-szoros nagyítást végezzünk!

Az autoset gomb használata TILOS!

2.6.3.F. Összetett jel vizsgálata

A méréshez összeállított teszt áramkör adatairól, a mérendő jellemzőkről kérjen információt a mérésvezetőtől.

2.7.F. FFT-s vizsgálatok

A spektrum analízátoros üzem, vagy másképpen gyors Fourier transzformációs (Fast Fourier Transformation – FFT) üzemmód, a digitális oszcilloszkópok nagyon értékes teljesítménye. Lényeges tudnunk, hogy az oszcilloszkóp a spektrumot a felvett adatokból **számítás** eredményeként állítja elő. (Itt megint előtérbe kerül a digitális jelfeldolgozás nagy előnye, az analóg spektrumanalízátorok bonyolultak és drágák.)

2.7.1.F. FFT funkció kezelése, háromszög-jel spektrumának kiértékelése

Csatlakoztassunk a CH1 mérőfejéhez generátorból kivett $f=5$ kHz frekvenciájú 1V csúcsértékű **szimmetrikus háromszög-jel**.

Kiinduló beállítások: CH1: AC; V/DIV=1 V; BW Limit Off; ACQUIRE: 16-os átlag; TRIGGER: felfutó él; LEVEL: 100 mV; forrás CH1; AUTO SEC/DIV: 1 ms, $M_{poz}=0.005$

Amikor a fenti beállításokkal az oszcilloszkóp megjelenítette a jelet, nyomjuk meg a MATH (matematika) menü gombját.

Az „operation” opcióból válasszuk az FFT-t. A source opcióból a CH1-t; Window (ablakszűrés): Hanning; FFT Zoom: X1.

Miután megjeleníti az oszcilloszkóp a spektrumot a képernyő feliratok módosulnak: **Alul:** (balra) a jelforrás csatornája (CH1); mellette a függőleges lépték dB-ben (10 dB); ezt követően a vízszintes lépték (frekvencia/DIV: 12,5 kHz) végül zárójelben a mintavételi gyakoriság. **Felül:** a nyíl ikon helyzetéhez tartozó frekvencia érték található. (Poz: 62,5 kHz).

A spektrum megjelenítésekor a SEC/DIV gombbal a **frekvencia léptéket állíthatjuk**. Az állítással a „Poz” értékek is változnak, hiszen baloldalt a skála 0 Hz-el indul. (Feltéve, hogy a felső nyíl ikon **középen van!**) **Minél durvább léptéket választunk az időtartományban** (időalap lassítás), átkapcsolva a spektrum képre, **annál finomabb frekvencia léptéket**

tapasztalunk. (A magyarázat egyszerű: a frekvencia és az idő fordított arányban áll egymással.) További technikai részleteket (ablakszűrés, típusok, pozíció állítások, nagyítások) a felhasználói kézikönyv és a mérésvezető segítségével sajátítsuk el!

Végezzük el a vizsgált háromszög-jel spektrumának értékelését 5 kHz-es frekvencia lépték, Zoom: X1 és Poz: 25 kHz beállítások mellett. A Fourier analízis szerint egységnyi amplitúdójú szimmetrikus háromszög-jel függvény sora:

$$f(t) = \frac{\delta}{\pi} \left[\sin \omega t - \frac{1}{3^2} \sin 3\omega t + \frac{1}{5^2} \sin 5\omega t - \dots \right]$$

- Ellenőrizzük, hogy a mért páratlan harmonikusok mennyire egyeznek az elméleti értékkel!
- Milyen és mekkora a formában nem szereplő komponenseket is tapasztalunk a mért spektrumban?

2.7.2.F. Külső zavarok spektrumban történő megjelenésének vizsgálata

Először **időtartományban** vizsgáljunk a CH1 csatornán 50 kHz-es, 1 V csúcsertékű szinuszos jelet, úgy hogy a **funkció generátor kimenetével kössünk sorba egy 10 kΩ-os ellenállást!** (A nagy kimeneti ellenállásra azért van szükség, hogy a zavarérzékenység növekedjen.) A mérésnél **ACQUIRE-ben a SAMPLE-t válasszuk!** 10 μs-os időalapnál mérve, fogjuk meg **kézzel** ezt az ellenállás **mérőfejhez csatlakozó végét,** és vizsgáljuk a zaj növekedését. Ezután állítsuk át az oszcilloszkópot spektrum analizátoros üzemre. A **frekvencia léptéket 50kHz-re** válasszuk! (Poz. 250 kHz). Fogjuk meg ismét az ellenállást, ekkor a zavarokból származó vonalak is megjelennek a spektrumban. **Egy vonal különösen felismerhető lesz, a 470 kHz-es „Kossuth adó”!** A fenti egyszerű „kísérlet” is megmutatja a spektrális elemzés nagy előnyét: **a frekvencia tartományban végzett vizsgálatoknál a jeleken bekövetkező kis változások is, szignifikánsan egyértelműen kimutathatók.** Adjunk indoklást arra, hogy miért választottuk e mérési feladatnál a jelfelvételi üzemmódok közül a SAMPLE-t! A felhasználói kézikönyv segítségével ismerjük meg, és alkalmazzuk azon kezeléseket, melyekkel eltárolhatjuk a zajos spektrumot és egyszerre megjelenítve vizsgálhatjuk az eredeti spektrummal! (SAVE/RECALL menü)

2.8.F: DC mérések

Digitális oszcilloszkóppal történő DC mérések fontosabb szabályai a következők:

- Az oszcilloszkópot AUTO trigger üzemmódban kell használni, a SEC/DIV nagyobb legyen mint 250 μs. Az utóbbi beállítási előírás azért fontos, mert így biztosítható, hogy a megjelenített vonal 1 pixel vastagságú lehet. (A legtöbb digitális oszcilloszkópnál AUTO

üzemben gyors időalapoknál a megjelenített vonat zajos. Kevésbé ismert az, hogy e jelenség semmilyen hátránnyal nem jár, ugyan amint triggerelés van – tehát pl. nem DC-t mérünk – a zaj megszűnik, lassú idő

- A helyes jelfelvételi üzemmód: **átlagolósos**, min. 16 átlagszámmal. (Ez is szükséges az 1 pixel vastagságú vonal megjelenítéséhez.)
- A mérőfej osztási arányát (Probe) 1:1 kell állítani (Kivéve, ha nagy feszültséget mérünk, vagy feltétlen szükség van a 10 M Ω -os bemeneti ellenállásra.) Az 1:1-es állásban a mérésnél kiesik az osztó néhány ezrelékes hibája.
- DC mérésnél mindig használjuk az automatikus mérések közül ez a közép feszültség mérést (Mean). **Ezen üzemmódban kiírt számértéket tekintjük a mérési eredmény mérőszámának.**
- DC méréseket lehetőleg **mindig 0 függőleges pozíciónál végezzük.** (A pontosság ekkor lesz maximális.)

2.8.1.F. Nulla helyzetre adott specifikáció ellenőrzése

Az elvi összefoglaló 1.4.4. pontjában tárgyaltak alapján ellenőrizzük végig (valamennyi V/DIV értéknél mindkét csatornánál) hogy a megjelenített vonal nulla helyzete megfelel-e a specifikálnak! (Ha eltérést vagy eltéréseket tapasztalunk, végeztessünk az oszcilloszkóppal „automatikus hitelesítést”.)

2.8.2.F ΔV mérés pontosságának ellenőrzése néhány esetben

Négy-öt V/DIV állásban végezzünk ΔV DC méréseket úgy, hogy egyszerre mérünk az oszcilloszkóppal és egy legalább 4 digités voltmérővel. Szerezzünk tapasztalatot a DC mérések pontosságáról.

2.9.F. XY üzem vizsgálata

Az XY üzemmód a Display menüből az „XY format” opció választásával jelölhető ki. Ebben az üzemmódban a képernyőn **vízszintes és függőleges** irányban is **feszültség** kerül ábrázolásra. Az 1-es csatorna VOLTS/DIV és Vertical Position kezelő szervei a vízszintes léptéket és pozíciót állítják be, a kettes csatorna megfelelő kezelő szervei pedig a függőleges léptéket és pozíciót.

Az XY üzemmódot transzfer karakterisztikák – $U_{ki}=f(U_{be})$ v. $U_Y=f(U_X)$ – felvételekor használjuk. Ezen üzemmódban **lényeges eltérés** az analóg oszcilloszkópokhoz képest az, hogy a két csatorna **teljesen egyenértékű** mindkettő a maximális sáv szélességig használható.

(Analog oszcilloszkópoknál a vízszintes eltérítés jellemzői kb. 1 nagyságrenddel rosszabbak a függőlegesénél.)

A digitális oszcilloszkóp XY üzemmódjának másik nagyon értékes képessége, hogy **tárolt adatok felhasználásával is ábrázolja a transzfer karakterisztikát.** (Kétsatornás üzemben megállított jelfelvételt követően, vagy egyszeri jelfelvétel után az $U_Y=f(U_X)$ függvény ábrázolható.)

A fentiekről egyszerű vizsgálattal meggyőződhetünk. Generátorból vigyünk mindkét csatornára azonos jelet. (A maximális sávszélesség miatt a mérőfejek osztásaránya 1:10 legyen). Ha mindkét csatorna érzékenységét azonosra választjuk, egy 45° -os egyenest kell látnunk.

Nem változhat az ábrázolt egyenes, ha azonos csúcsértékű szinusz, háromszög, v. négyszög-jellel vizsgálódunk. (Négyszög-jelnél az utánvilágítást állítsuk végtelenre.)

Teszt áramkör transzfer karakterisztikájának felvételekor, az áramkörről az elvégzendő feladatokról, kérjünk információt a mérésvezetőtől.