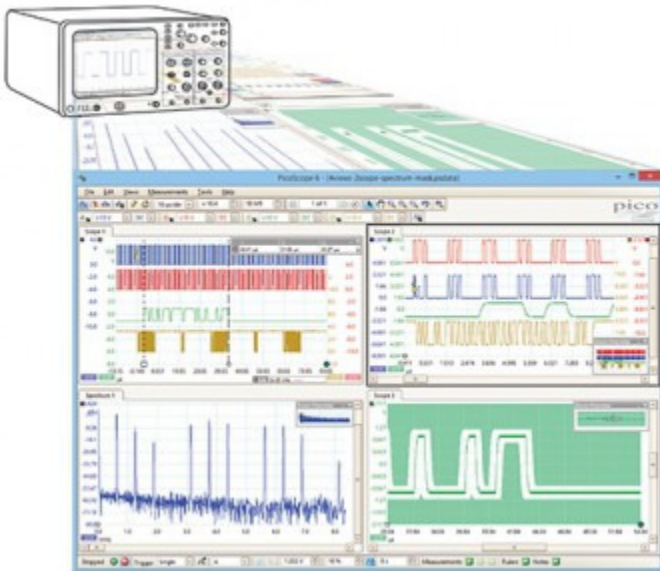


## Mire figyeljünk oszcilloszkóp választáskor?



### Bevezetés

Sok mérnök számára próbatétel lehet egy új oszcilloszkóp választása, több száz modell közül lehet választani, nagyon eltérő költségekkel és specifikációkkal. Ez a cikk végigvezeti Önt a megfontolások labirintusán, és remélhetőleg segít elkerülni a felesleges költségeket.

### Először is

Az oszcilloszkóp kiválasztásának első lépése nem a reklámok megnézése, vagy a terjedelmes specifikációinak áttekintése, inkább az, hogy szánjon rá egy kis időt arra, hogy gondolkodjon azon, mire fogja használni, és hol.

- Hol fogja használni az oszcilloszkópot (egy padon, egy ügyfél asztalán, netán egy autó motorháztetője alatt)?
- Hány jelet kell mérnie egyszerre?
- Milyen maximális és minimális amplitúdót kell mérni?
- Mi a legmagasabb frekvenciája a jelnek, amelyet meg kell mérni?
- A jelek ismétlődőek vagy egyszeri lefutásúak?
- Meg kell nézni a jeleket a frekvencia tartományban (spektrum analízis), valamint az idő tartományban?

A fenti ismeretekkel felkészülve elkezdheti mérlegelni, hogy mely oszcilloszkóp lesz a legmegfelelőbb az alkalmazásához.

## **Analóg vagy digitális?**

Ez a cikk a digitális tároló oszcilloszkópokra (DSO) összpontosít, mivel ezek képviselik a ma vásárolt új oszcilloszkópok nagy részét. Mielőtt leírnánk, hogy mit kell megnézni egy digitális oszcilloszkópban, először beszélünk kell az analóg oszcilloszkópokról.

A legtöbb elektronikai mérnök analóg oszcilloszkóppal rendelkezik, és jól ismeri annak elrendezését és működését. Sok ember azonban, manapság lecseréli az analóg oszcilloszkópot digitálisra.

Bár még mindig vannak olyan mérnökök, akik szeretik az analóg oszcilloszkópok megjelenését és érzését (nem is beszélve a melegedésről), kevés olyan funkciójuk van - ha vannak ilyenek - amelyeket a DSO nem tud felülmúlni.

Amennyiben továbbra is kitart az analóg mellett, akkor választás lehetősége korlátozott. Csak néhány gyártó készít analóg oszcilloszkópokat, és a még forgalmazott modellek meglehetősen régi technológián alapul, és gyakran nagyon korlátozott a teljesítményük.

Használt analóg oszcilloszkóp vásárlása, kezdetben jó gazdasági érvnek tűnhet, de mielőtt ezt megtenné, ellenőrizze, hogy rendelkezésre állnak-e alkatrészek, mert az esetleges javítási költségek magasak lehetnek.

A digitális oszcilloszkópoknál más kritériumok kapnak hangsúlyt:

- Kicsi és hordozható
- A legnagyobb sávszélességgel bírnak
- Van „single shot” képessége
- Színes kijelzővel rendelkezik
- Képernyőn való mérési lehetőségei vannak
- Egyszerű felhasználói felülettel rendelkezik
- Biztosítja a tárolást és nyomtatást

A modern DSO-k, PC-kapcsolatukkal, teljes mértékben integrálhatók az automatikus tesztberendezésű (ATE) rendszerekbe. Ezenkívül, a DSO-t gyakran használják a nagy sebességű adatgyűjtő rendszer felületként, így a csatornánkénti költség sokkal gazdaságosabbá válik.

## **Sávszélesség**

Az első szempont, amelyet figyelembe kell venni, a sávszélesség. Ez meghatározható a jel maximális frekvenciájaként, amely áthaladhat az elülső erősítőkön. Ebből következik, hogy az analóg sávszélességének meg kell haladnia a maximális frekvenciát, amelyet mérni szeretnénk (valós időben).

A sávszélesség önmagában nem elegendő annak biztosításához, hogy a DSO pontosan tudja rögzíteni a magas frekvenciájú jeleket. A gyártók célja, hogy a frekvenciaválasz egy meghatározott típusát éri el gyártmányaikkal. Ezt a választ „Maximally Flat Envelope Delay” (MFED) hívják. Az ilyen típusú frekvenciaválasz kiváló impulzus-pontosságot biztosít minimális túllépéssel, alulteljesítéssel és gyűrűzéssel. Mivel azonban a DSO

erősítőkből, csillapítókból, ADC-kból, kapcsolókból és relékből áll, az MFED válasz olyan cél, amelyet csak megközelíteni lehet, de soha nem lehet teljes mértékben teljesíteni.

Érdeemes megjegyezni, hogy a legtöbb gyártó a sávszélességet azon frekvenciaként határozza meg, amelyen a szinuszhullám bemeneti jele a tényleges amplitúdójának 71% -ára csillapított (-3 dB pont). Vagy másként fogalmazva: megengedik, hogy a megjelenített nyomkövetés bemeneti hibája 29% legyen.

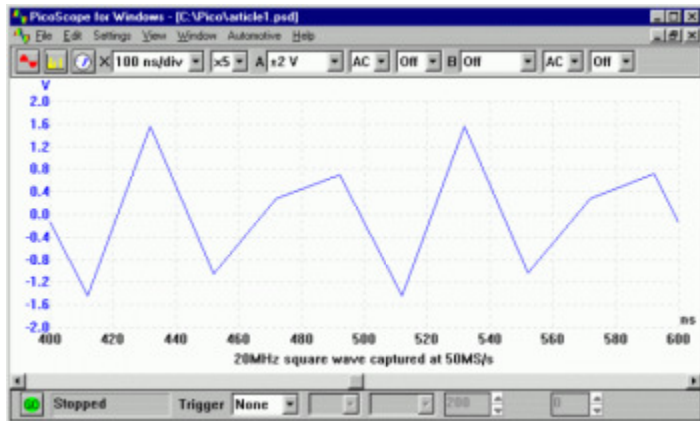
Ne feledje azt sem, hogy ha a bemeneti jel nem tiszta szinuszhullám, akkor magasabb frekvenciájú harmonikusokat fog tartalmazni. Például egy 20 MHz-es tiszta négyszögjel a 20 MHz-es sávszélességű oszcilloszkópon csillapított és torzított lesz. Ökölszabályként, próbáljon meg egy olyan oszcilloszkópot vásárolni, amelynek sávszélessége ötször nagyobb, mint a mérni kívánt maximális frekvenciajel. Sajnos a nagy sávszélességű oszcilloszkóp drága, ezért esetleg itt kompromisszumokat kell tennie.

Néhány oszcilloszkópon, a megadott sávszélesség nem érhető el minden feszültségtartományban, ezért gondosan ellenőrizze az adatlapot.

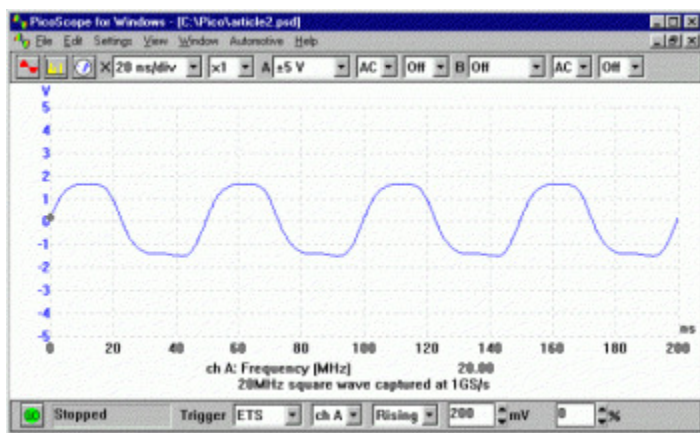
## Mintavételi ráta

Az analóg oszcilloszkópokkal az élet egyszerű, csak megválasztja a kívánt sávszélességet és kész. A digitális oszcilloszkópoknál a mintavételi sebesség, és a memóriamélység ugyanolyan fontos. A DSO-k esetében a mintavételi sebességet általában másodpercenként mega mintákban (MS/s) vagy másodpercenként gigamintáként (GS/s) határozzák meg. A Nyquist kritérium kimondja, hogy a mintavételi sebességnek legalább a kétszeresének kell lennie, mint a mérendő jel frekvenciája. Egy spektrum analizátor esetében ez igaz lehet, de egy oszcilloszkóp esetében legalább 5 mintára van szükség a hullámforma pontos megrajzolásához.

A legtöbb oszcilloszkópnak a mért jeltől függően két különböző mintavételi sebessége (mód) van. Valós idejű és ekvivalens mintavétel (ETS) – ez utóbbit gyakran nevezik ismétlődő mintavételnek. Az ETS azonban csak akkor működik, ha a mért jel stabil és ismétlődő, mivel ez a mód úgy működik, hogy a hullámformát egymás utáni mintavételekből építi fel. Például a Pico Technology 12 bites ADC-212/100 mintavétele 100 MS/s valós időben, vagy ismétlődő hullámformák esetén 5 GS/s sebesség. Az 1a. ábra egy 20 MHz-es négyszöghullámot mutat, amely 50 MS / s mintavételi sebességgel van rögzítve - szinte felismerhetetlen az 1b. ábrához képest, amely ugyanazt a hullámot 5 GS/s sebességgel rögzítette. Most az 5 GS/s nagyszerűen hangzik, de ne feledje, hogy ha a jel átmeneti vagy változó (mondjuk egy video hullámforma), akkor az ETS nem fog működni, és a valós idejű (egyszeri felvétel) sávszélességre kell támaszkodnia, amely általában sokkal alacsonyabb. Tanács: a gyártók szeretik kiemelni a legjobb hangzású specifikációt, ezért előfordulhat, hogy alaposan meg kell vizsgálnia a specifikációkat annak meghatározása érdekében, hogy egy megadott mintavételi arány vonatkozik-e minden jelre, vagy csak az ismétlődő jelekre. Előfordulhat, hogy a megvásárolni kívánt oszcilloszkóp nem felel meg a célnak. Néhány oszcilloszkóp eltérő mintavételi gyakorisággal rendelkezik, a használt csatornák számától függően. Általában a mintavételi gyakoriság egycsatornás módban kétszer olyan nagy, mint a kétcsatornás módban, ezért ellenőrizze a műszaki adatokat.



Ábra 1a: 20 MHz négyszögjel 50 MS/s mintavétellel.



Ábra 1b: 20 MHz négyszögjel 5 GS/s mintavétellel.

## Memória mélysége

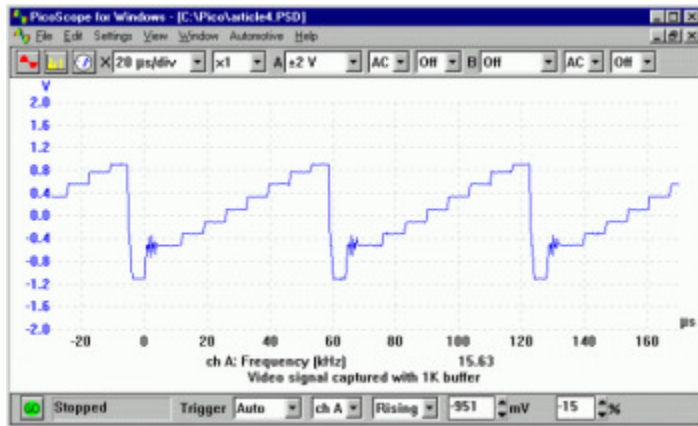
A memória mélysége a DSO talán a legkevésbé értékelt aspektusa, ami hiba, mert az egyik legfontosabb lenne.

A DSO-k puffertárolóban tárolják a rögzített mintákat, így egy adott mintavételi sebességnél a puffermemória mérete határozza meg, mennyi jelet képes rögzíteni, mielőtt a memória megtelne.

Fontos a mintavétel gyakorisága és a memória mélysége közötti kapcsolat. Magas mintavételi gyakoriságú, de kis memóriával rendelkező oszcilloszkóp teljes teljes mintavételi sebességét csak a legfelső időalapokban fogja használni. A 2a. ábra 200  $\mu$ s videohullám-formátumot mutat, amelyet 1 k puffermemória felhasználásával rögzítettünk. Az 1 k puffermemória a mintavételi sebességet 5 MS/s-ra (1 k / 200  $\mu$ s) korlátozza, annak ellenére, hogy az oszcilloszkóp képes 100 MS/s sebességű mintavételre is.

Első pillantásra úgy tűnik, hogy ez kielégítő módon megjeleníti a hullámformát. Ugyanakkor a kis puffermemória korlátozottsága megmutatkozik, amikor a hullámformát tovább nagyítjuk. (2b ábra). A normál nézethez csak 25 memóriapont jelenik meg, de nagyításkor ezeket a néhány pontokat a képernyő kitöltésére használjuk.

A 2c. ábra a videohullám azonos sorozatát mutatja, de ezúttal egy 128 kB-os puffermemóriával rögzítve. Több mint 3000 pont áll rendelkezésre a szakasz ábrázolására, és így a különbség észrevehető.



Ábra 2a: 200  $\mu$ s videojel 1 K puffer memóriával.

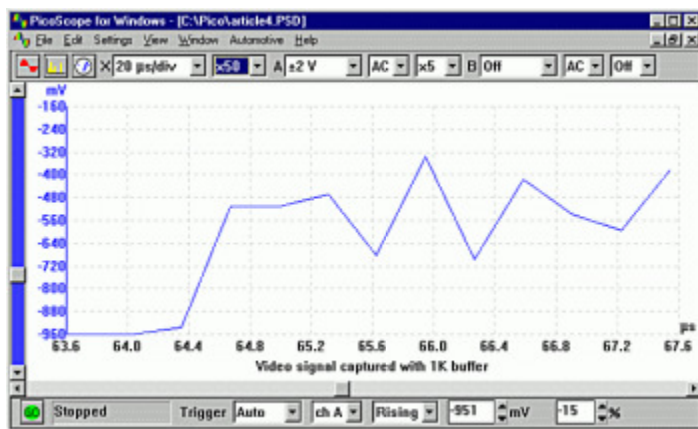
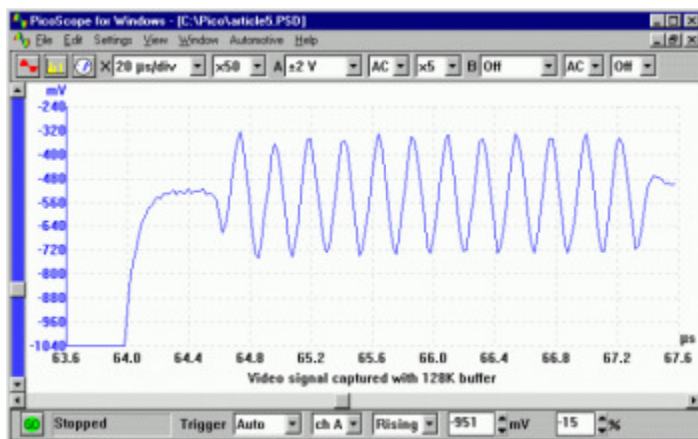


Figure 2b: A kis puffer memória korlátozottsága megmutatkozik a jelalak nagyításakor



Ábra 2c: ugyanaz a jelalak 128 kB puffer memóriával.



## Valós példa

A sávszélesség, a mintavételi arány és a memória mélysége közötti kapcsolat értelmezéséhez érdemes megnézni egy valós példát. Próbáljuk meg az USB (1.1) adatok egy képkockájának rögzítését. Az adatkeret 1 ms, és soros adatait 12 Mbps sebességgel továbbítják. Az elemzés egyszerűsítése érdekében feltételezhetjük, hogy 12 ms-os négyszöghullámot kell rögzíteni 1 ms-ig.

- Sávszélesség - a 12 MHz-es jel méréséhez minimum 12 MHz-re van szükség, azonban ez egy nagyon torzított jelet fog adni, tehát ésszerű lenne legalább egy 50 MHz-es sávszélességet elérni.
- Mintavételi frekvencia - a 12 MHz-es jel rekonstruálásához hullámformánként körülbelül 5 pontra van szükség, tehát legalább 60 MS/s mintavételi frekvencia szükséges.
- Memóriamélység - az adatok 60 ms/s sebességgel történő rögzítéséhez 1 ms-ig, a minimális memóriamélységhez 60.000 minta szükséges.

## Felbontás és pontosság

A digitális elektronikában az 1% -os jelváltozás általában nem jelent problémát, ám az audioelektronikában a 0,1% -os torzítás vagy zaj katasztrófa lehet. A legtöbb modern DSO gyors digitális jelekhez van optimalizálva, és csak 8 bites felbontást kínál (8 bites ADC), így a legjobb esetben 0,4% -os jelváltozást képes felismerni (lásd a táblázatot).

8 bittel a feszültségtartomány 256 függőleges lépésre oszlik ( $2^8 = 256$ ). Ha egy  $\pm 1$  V tartományt választott, ez lépésenként körülbelül 8 mV-nek felel meg. Ez elegendő lehet a digitális jelek megtekintéséhez, de az analóg jelek megtekintésénél nem biztos, különösen akkor, ha a spektrum analízátor funkciót használja (ha van ilyen).

Az olyan alkalmazásokhoz, mint például audio, zaj, rezgés és ellenőrző érzékelők (hőmérséklet, áram, nyomás) a 8 bites oszcilloszkóp gyakran nem elegendő, és fontolóra kell vennie a 12 vagy 16 bites alternatívákat is.

Ami a DSO pontosságát illeti, azt általában nem tekintik túl fontosnak. Néhány százalék pontosságon belül elvégezheti a méréseket (a legtöbb 8 bites DSO 3–5% DC pontosságot tud), a pontosabb mérésekhez multimétert szükséges.

Nagyobb felbontású oszcilloszkóp segítségével pontosabb mérések végezhetők (1% vagy annál jobb), így nincs szükség a multiméterre!

A nagy felbontású (legalább 12 bit) és a nagy DC pontosságú oszcilloszkópokat néha precíziós oszcilloszkópoknak is nevezik - lásd a nagyfelbontású oszcilloszkópokra és az FFT spektrum analízátorra vonatkozó alkalmazási megjegyzésünket.

## Trigger képességek

Az oszcilloszkóp trigger funkciója szinkronizálja a vízszintes sweep-et a jel megfelelő pontján, ez elengedhetetlen a jel egyértelmű jellemzéséhez. A trigger-vezérlők lehetővé teszik az ismétlődő hullámformák stabilizálását és az egyszeri lefutású hullámformák rögzítését. A vizsgált jelek típusától függően érdemes megvizsgálni a gyártó által kínált triggerbeállítási lehetőségeket. Az összes digitális oszcilloszkóp ugyanazokat az alapvető trigger-lehetőségeket kínálja (forrás, szint, lejtő, pre / post trigger), de különbség lehet a fejlettebb trigger funkciók között. A mért jelektől függ, hogy a fejlettebb trigger funkciók hasznosak lesznek-e. Az impulzusindítók hasznosak a digitális jeleknél, és az automatikus mentés a lemezre / memóriába opció nagy segítség lehet az időszakos hibák felkutatásakor. Egyes alkalmazásspecifikus triggerek (például a merevlemez-tesztelés) gyakran elérhetők extrákként, és szoftver vagy firmware frissítésként telepíthetők.

## Bemeneti tartományok és mérőfejek

Egy tipikus oszcilloszkóp választható bemeneti tartománya  $\pm 50$  mV és  $\pm 50$  V között lehet. Mivel a magasabb feszültségek 10: 1 és 100: 1 csillapító oszcilloszkóp mérőfejekkel mérhetők, itt fontos ellenőrizni, hogy az oszcilloszkópnak van-e elegendő feszültségtartománya a mérendő jelekhez. Ha rendszeresen mér a kis (50 mV-nál kevesebb) jeleket, akkor érdemes megfontolnia egy 12 vagy 16 bites felbontású oszcilloszkóp megvásárlását. A 16 bites terjedelem 256-szorosa a 8 bites terjedelem függőleges felbontásának, ezáltal lehetővé válik a nagyítás a millivolt- és a mikrovolt-szintű jeleknél. Ellenőrizze, hogy a használni kívánt mérőfej megegyezik-e vagy meghaladja-e az oszcilloszkóp sávszélességét. Egyes gyártók költségmegtakarítást érnek el azzal, hogy nem megfelelő mérőfejeket szállítanak az oszcilloszkóppal, és a nagyobb sávszélességű mérőfejek opcionálisan vásárolhatóak. A legtöbb szonda 1: 1 és 10: 1 csillapítás között átkapcsolható. Ahol lehetséges, használja a 10: 1 beállítást, mivel ez minimálisra csökkenti a vizsgált áramkör terhelését és növeli a túlterhelés elleni védelmet, ha véletlenül nagy feszültséghez csatlakozik.

Nagyon nagy sebességű jelek ( $> 200$  MHz) esetén a passzív érzékelők használata problémás lehet, mert a kábel kapacitása visszatér a oszcilloszkópba. Ezt egy aktív FET mérőfej használatával tudjuk megoldani, amelynek puffere erősítő van a szonda hegyébe helyezve. Nagy feszültségek, például  $\pm 100$ V, hálózati és 3 fázisú feszültségek mérésére a legbiztonságosabb módszer egy differenciál szigetelő oszcilloszkóp mérőfej használata.

## Forma

A DSO-k nagyjából három kategóriába sorolhatók: hagyományos asztali, kézi és PC-alapú. Az asztali, digitális oszcilloszkópok általában a legjobb teljesítményűek, és ez tükröződik az árban is. Az olyan szolgáltatások, mint az FFT spektrum elemzése, a PC interfészek, a meghajtók és a nyomtatók, általában drága opcionális extrák.

A kézi oszcilloszkópoknak nyilvánvaló előnyeik vannak a mozgásban lévő mérnökök számára, de vigyázzon, mert rossz a kijelző (napfényben nehéz olvasni) és az akkumulátor

rövid élettartamú. Egy adott teljesítményszintnél általában a legdrágább megoldás is. A PC-n alapuló oszcilloszkópok népszerűsége egyre növekszik, mivel jelentős költségmegtakarítást kínálnak asztali megfelelőikkel szemben. A költségmegtakarítás oka nyilvánvaló; az asztalon már meglévő, tömeggyártott számítógép használatával nagyméretű színes kijelzővel, gyors processzorral, lemez meghajtókkal és billentyűzettel érheti el hatékonyan, ingyen. Nagy előnye az is, hogy az adatokat néhány egérekattintással exportálhatjuk a szövegszerkesztőkbe és a táblázatokba.

A PC-alapú oszcilloszkópok kétféle formában vannak: külső és belső. A belső PC-alapú oszcilloszkópok általában PCI formátumú plug-in kártyákban érkeznek. Elméletileg ezeknek a legalacsonyabb költséggel kell járniuk, de ez nem mindig bizonyul igaznak. A PC-kártyák fő hátránya a zaj - a PC belseje nagyon zajos elektromos környezetet okozhat, és egyes kártyák nem működnek megfelelően. Egy másik kérdés a hordozhatóság; A PC-kártyákon alapuló oszcilloszkópok hozzá vannak kötve egy asztali PC-hez, amivel használják. A külső PC-alapú oszcilloszkópok kis doboz formájában valósulnak meg, amely USB porton keresztül kapcsolódik a számítógéphez. Ha az összes analóg elektronikát a számítógépen kívül tartjuk, elkerüljük a zajproblémákat. A külső PC-alapú oszcilloszkópok második előnye a hordozhatóság - asztali vagy laptop PC-kkel is használhatóak.

## Összegezve

A dinoszauruszokhoz hasonlóan az analóg oszcilloszkópoknak is meg vannak számlálva a napjaik. A költségek és a teljesítmény érvei biztosítják, hogy a DSO maradjon fenn. Csak azt kell eldöntenie, hogy melyik típust vásárolja meg.

Különböző oszcilloszkópok közötti választáskor ellenőrizze a következőket:

- Próbálja ki vásárlás előtt - és ne félj összehasonlítani a gyártók különféle alkalmazásait. Ha egy eladó nem nyújt garanciát a „pénz visszatérítésére, vagy Ön nem elégedett”, akkor jobb, ha nem foglalkozik velük.
- Drágább oszcilloszkópok esetében kérjen demókat, és ellenőrizze, hogy a demók a ténylegesen alkalmasak azokra a jelekre, melyeket mérni szeretne.
- Bármely oszcilloszkóp vásárlásakor kérdezze meg a frissítéseket, és ellenőrizze, hogy mit tartalmaz az ár. PC-alapú oszcilloszkópok esetén ellenőrizze, hogy a szoftvert tartalmazza-e, és kérdezze meg, fizetnie kell-e a szoftverfrissítésekért. Asztali oszcilloszkópok esetén ellenőrizze a kábelek és a szoftver költségét, amelyek a PC-khez / nyomtatókhoz történő csatlakozáshoz szükségesek – ez akár 50% -ot is adhat a teljes költséghez.
- Ellenőrizze a jótállás időtartamát.
- Végül keresse meg az interneten az oszcilloszkópok független tesztjét.

Összefoglalva és prioritási sorrendben: a sávszélesség, a mintavételi sebesség (valós idejű és / vagy azzal egyenértékű idő), majd a Memória mélysége. Megjegyzés: a sávszélesség és a mintavételi arány nem frissítési lehetőségek a legtöbb DSO-nál.