

1. mérés : Műszerkezelés

Bevezetés: A laboratórium bemutatása, a követelmények ismertetése, baleseti és tűzvédelmi oktatás.
A laboratóriumban használt általános célú műszerek megismerése és használatának gyakorlása.
 Alapvető cél, hogy a megszerzett ismeretek alapján a műszerek kezelése ne okozzon nehézséget a későbbi tematikus mérési feladatok megoldásánál.

Analóg jel (time domain):

- Tápegység (PS)¹
- Jelgenerátor (ARBgen)²
- Oszilloszkóp (Scope)³
- Multiméter (DMM)⁴

forma: Sine, Square, Ramp, Pulse, Noise, ARB, (DC)

$$u(t+T) = u(t), \quad \min u(t) = -1, \quad \max u(t) = +1$$

$$T = 1/F$$

$$A = V_{pp}/2 = CF \cdot V_{rms}, \quad CF : \text{crest factor}$$



Paraméter mérés: Oszilloszkóp *kontra* Multiméter
 DC vagy AC csatolás

Scope: Ch1, Ch2, Math (source)

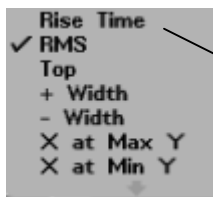


Ampl = Top - Base!!

$$\text{Average} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{RMS}(dc) = \sqrt{\frac{\sum (x_i)^2}{n}}$$

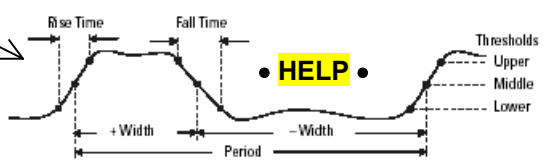
$$\text{Peak - Peak} = V_{pp} = \text{Max} - \text{Min}$$



DMM: „dual slope”
 (analóg integrálás)

- V_{DC}
- V_{AC} - AC coupled true V_{rms}
- F
- T } reciprocal Counter
- ...

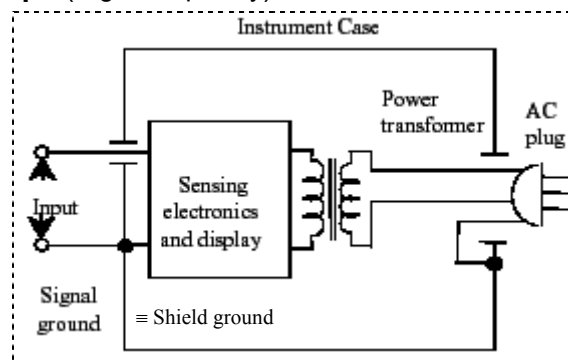
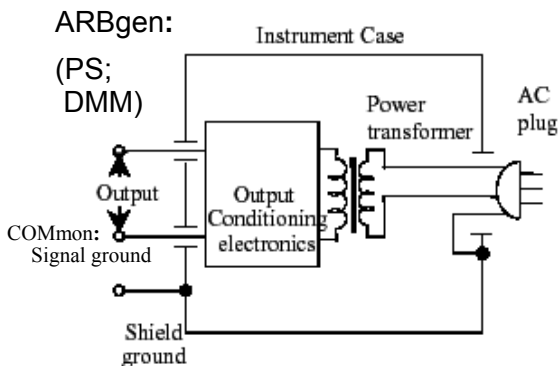
áram (I_{DC} , I_{AC} - AC coupled true RMS)
 ellenállás (Ω 2W, 4W)
 ...



direkt *kontra* differenciális (Math: 1-2) mérés

Mérőhálózat : „lebegő” műszer; érintésvédelmi föld (Shield ground)

Scope (High Frequency):



¹ PS: Power Supply + 6 V (2.5 A) / ± 20 V (0.5 A, tracking), current limited
² ARBgen: Function/ARbitrary waveform generator 15MHz sine, square / 5MHz pulse ... / max 6MHz ARB; ±10V (50Ω)
³ Scope: digital storage Oscilloscope (DSO, MegaZoom) 8 bit / 200 MSPS; 100MHz || 1MΩ, 14pF; Autoprobe: 10MΩ
 2K FFT (frequency domain), Math
⁴ DMM: digital Multimeter 21 bit (6 1/2 digit); V, I, Ω, F ... (Math: Null, dBm ...) || 10MΩ (DC) / 1MΩ, 100pF (AC); 300kHz

Alapszabályok a műszer-használathoz

Mottó: „Bolondbiztos rendszert csak a bolondok használnak”

Folyománya:

- a HW elrontható → a műszer NEM klaviatúra
→ a számítógép NEM játék-konzol
- *nem igaz*, hogy „bármit működésbe lehet hozni, ha elég sokáig babrálod”
- *téveszme* az, hogy „ha valami bedugható, akkor azt dugd is be”

1. SZAKSZERŰ műszer-kezelés és BIZTONSÁGOS munka

- csak a saját eszközök használhatók (más mérőhelye tabu)
- kétszer is gondoljuk át a vezetékeezést
- csak a méréshez szükséges **műszer**-üzemmódokat állítsuk be (!!), a műszer-**alap**beállítást (I/O kapcsolat, nyelv, ... stb) **NE** módosítsuk, CALibrálást **NE** kezdeményezzünk ... (óvatosan a *menü* választékkal !)

2. **Műszer ALAP-BEÁLLÁS (Default state) – BEKAPCSolásnál, plusz ...**

☺ Tápegység (Manual PS: E3630A)



- jelföld (áramköri 0V): **COM** kimenet; érintésvédelmi föld: [⊥]
- először „METER” gomb, azután feszültség módosítás (Voltage ADJUST); „±20V ADJUST” mindkét (+20V, -20V) kimenetre hat (tracking) !
- túlterhelésnél (**sárga** lámpa ég) összekötést bontani





☺ Multiméter (DMM: 34401A)



- először üzemmód választás (!); figyeljünk a vezeték csatlakoztatásra
- „IntuiLink (Word Toolbar)” használatnál – TRIGger: **Auto** !
- Kézi üzemre váltás *távvezérelt* (Rmt, Adrs) módból – **(Shift)/LOCAL**

Oscilloszkóp (Scope: 54622A/D) - **‘Save/Recall’** key / **‘Default Setup’** softkey


- jelföld (áramköri 0V) ≡ érintésvédelmi föld (műszerház) !!

- **NE** használjuk:    Quick Print (floppy)
- „IntuiLink (Word Toolbar)” :  Get Screen Image → **Format Picture / Layout, Size**



☺ Jelgenerátor (ARBgen: 33220A) - (**‘Store/Recall’** key / **‘Set to default’** softkey / **Yes**)



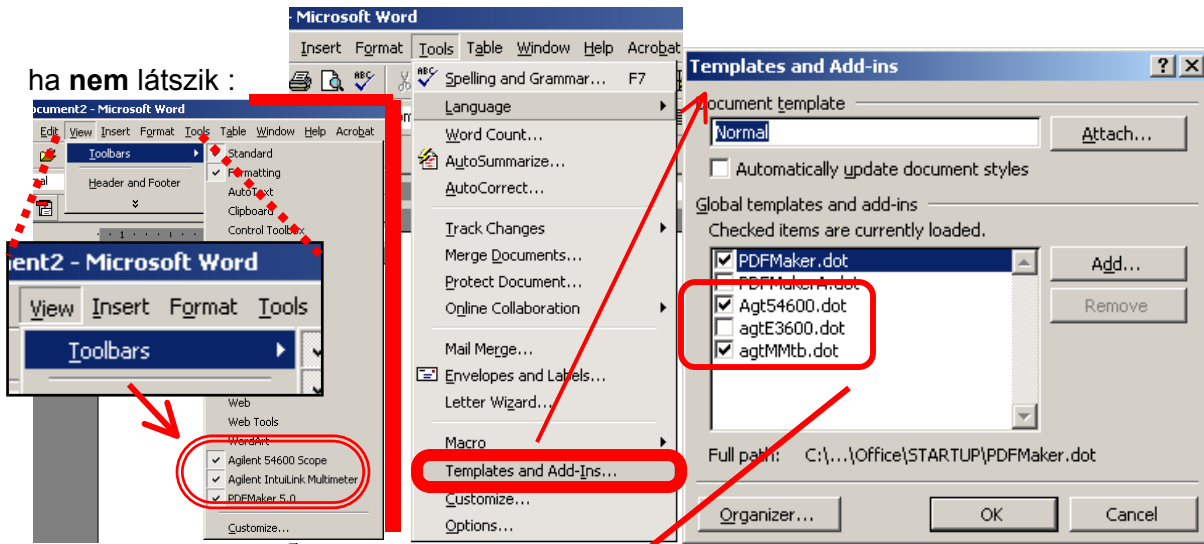
-  **key** a kimenet bekapcsolása előtt (a **fix** 50Ω forrás-ellenállás miatt) – gondoljuk át a feltételezett **terhelő ellenállás** (Output setup) és a tényleges terhelés hatását !! (**Ampl display** : on the expected Load)
- Kézi üzemre váltás *távvezérelt* (Remote) módból – **(Graph)/LOCAL**

3. A számítógép: MŰSZER-KAPCSOLAT és e-JEGYZŐKÖNYV

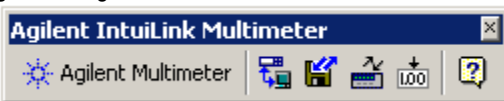
- alapvetően **manuálisan** kell beállítani a műszereket: az *IntuiLink* SW „adat copy(move)” és nem soft-panel (csak *néhány* funkció távvezérelhető ...)
- a számítógépben **NE** turkáljunk (TILOS az átkonfigurálás, verzió frissítés, új program betöltése, program törlés ... stb. stb.)

4. „IntuiLink” Word Toolbar

Tools | Add-Ins... (ha nem látszik → View | Toolbars ...)



agtMMtb: Agilent MultiMeter Toolbar



Agt54600:



Multiméter (DMM: 34401A)

Select the local language: English !

Connect to DMM: GPIB address - 22 !
(Save / Load DMM settings)

Setup DMM: check the 'Use Instrument Settings'

Get single reading
(Help)

Oscilloszkóp (Scope: 54622A/D)

Select the local language: English !

Connect to Scope: GPIB address - 7 !
(Save / Load Scope settings)

Get waveform data (N° of data points: 100 | 250 | 500), and make a graph

Get Screen Image (☺ Scope display) → in Word: **Format Picture / Layout, Size**

Get single measurement
(Help)

Word doc

Save as ... (G: drive)!!

V: Vill.

I: Info

L107 Lab: 3

Nap: **h** , **k** , **s** – szerda, **c** – csüt, **p**

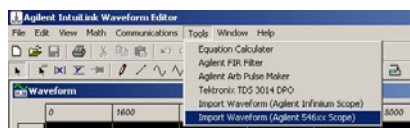
de – délelőtt, **du** - délután

MérőCSOP. szám: 1, 2, ... 8

MÉRÉS-szám: 01, 02, ... 11

V3sdu201 .doc

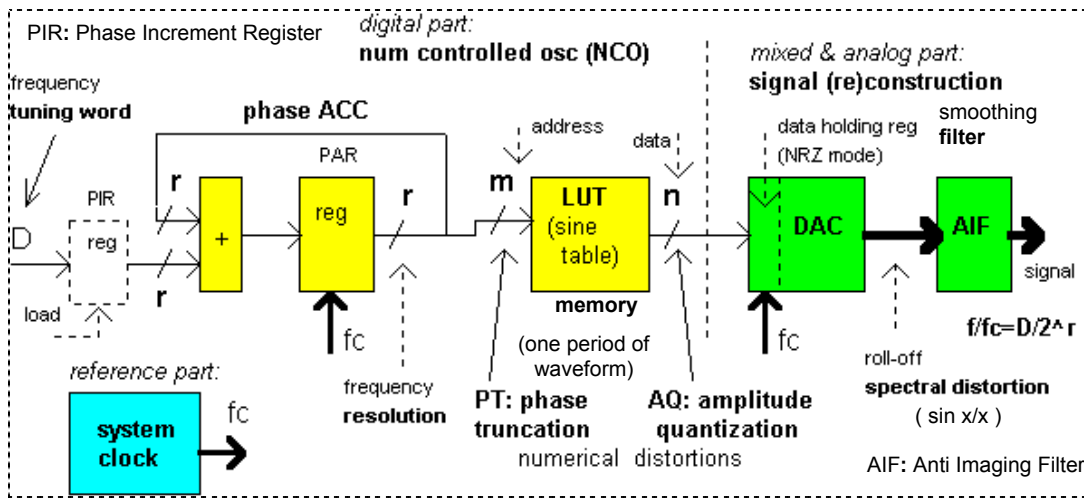
5. Önálló program: ☺ „Waveform Editor” → Jelgenerátor (ARBgen: 33220A)



További (angol nyelvű) részletek : <http://www.hit.bme.hu/people/papay/edu/Lab/Tools.htm>

Kiegészítés:

(A) ARBgen: nagy felbontású frekvencia-hangolás (DDS ⁵)



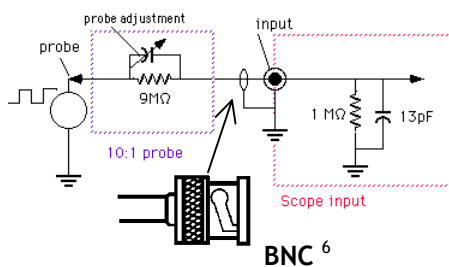
33220A : $r = 64$ bit, $m = 16$ bit (64K memória), $n = 14$ bit, $fc = 50$ MHz

Minden $\Delta t = 1/f_c$ órajelre D (egész szám) értékkel változik az r bites "fázis"-akkumulátor (phase ACC) tartalma (a memória címe) és az akkumulátor túlsordulása adja az alap-periódust ($= 2\pi$ fázis). Tehát a jel (relatív) fázis-változása és ebből az alap-frekvencia értéke

$$\frac{\partial \Theta}{2\pi} = \frac{D}{2^r} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial t} = \left(\frac{f_c}{2^r}\right) \cdot D, \text{ ahol } 1 \leq D < 2^{r-1} \text{ (mintavételi tétel)}$$

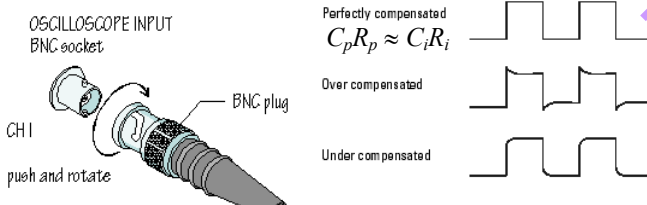
A "fázis-csonkítás" (vagyis az, hogy praktikus, mérnöki okokból csak a legmagasabb helyértékű biteket használjuk memória címként: $m \ll r$!!) **nem** módosítja az átlag-frekvenciát, de plusz torzítást okoz (ha viszont $m = n + 2$, akkor a torzításban domináns a *mindig* jelenlévő "amplitúdó kvantálás": n hatása).

(B) Scope: mérőkábel (kompenzált osztó, 10:1 AutoProbe)



$$\begin{aligned} \frac{U_{out}}{U_{in}} &= \frac{Z_i}{(R + Z_p) + Z_i} \\ &= \frac{1}{\frac{R}{R_i}(1 + j\omega C_i R_i) + \frac{R_p}{R_i} \cdot \frac{1 + j\omega C_i R_i}{1 + j\omega C_p R_p} + 1} \\ &\approx \frac{1}{1 + (R_p/R_i)} \cdot \frac{1}{1 + j\omega \frac{C_i R}{1 + (R_p/R_i)}} \quad R \ll R_i \end{aligned}$$

Érzékenység csökkenés, sávszélesség növekedés ...



$R = 50 \Omega$ (jel forrás-impedancia),
 $R_p = 9 \text{ M}\Omega$, $R_i = 1 \text{ M}\Omega$

⁵ DDS: **D**irect **D**igital **S**ynthesis | NCO: Numerically Controlled Oscillator, LUT: Look-Up Table, DAC: D/A Converter

⁶ BNC: **B**ayonet **N**eill **C**oncelman A coaxial connector with bayonet coupling mechanism. Invented by and named after Amphenol engineer Carl Concelman and Bell Labs engineer Paul Neill and was developed in the late 1940's. This connector is available in 50 Ohm and 75 Ohm versions.

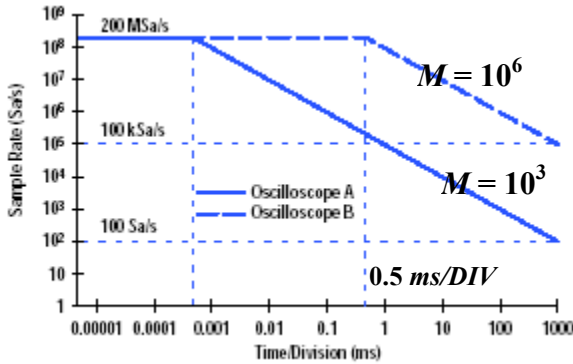
Scope (DSO): alap problémák és a megoldások

ACQUIRE: **digitalizálás** (numerikus minták) → mintavétel és kvantálás, ill.

DISPLAY : **rekonstrukció** („virtuális” nyomvonal) → pixel-ek

A memória kapacitás (M) korlátozza a minta-gyakoriságot (fs)

$$fs = M / (10 \cdot \text{Time} / \text{DIV}) \leq 200 \text{MSa} / s$$



mert az időablak (T - horizontal)

$$T = M \cdot \Delta t = 10 \cdot \text{Time} / \text{DIV} \quad \text{ahol} \quad \Delta t = 1 / fs$$

a DSO **sávszélessége** tehát **változik (!)** az időalap módosításával (→ **Peak Detect**: glitch detect).

- **Lassú** sweep-nél alapkorlát a memória kapacitás: *nagy* M érték célszerű (*itt* max 4M lehet), *viszont* igen kevés a display pixel-szám (*itt* 1K): „okos” **adatkompresszió (decimálás)** kell, „élő”kép érzetéhez pedig hatásos **memória kezelés** (→ *MegaZoom*).

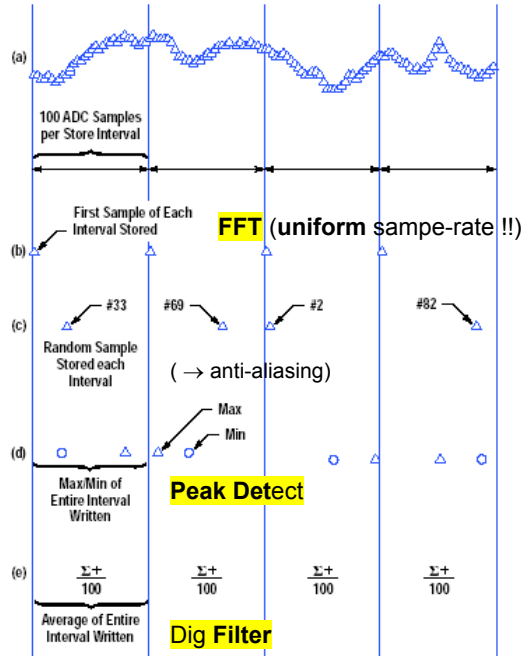
- **Gyors** sweep (kis értékű: „2µsec/DIV” vagy kisebb időalap) beállításnál igen *kevés* a minta ($fs_{max} = 200 \text{MSa/s}$ miatt), ezért ilyen esetben **interpoláció** szükséges a (folytonos) nyomvonal megjelenítéséhez *egyszeri* lefutásnál, vagy *speciális* rekord felvétellel sűrítethetők a minták **repetitív** jelnél: **ETS** (Equivalent Time Sampling, *itt* *random* ETS *).

© A megoldás „gomb-nyomásra” működik (mint 'Normal' vs. 'Peak Det'), vagy transzparens (a felhasználó számára „láthatatlan”) módon lép működésbe (pl. *random* ETS *, hacsak *nem* speciális interpoláció: 'Realtime' a választás) ...



- A kvantálás **felbontás**ának **növeléséhez** – amikor adatkompressziót kell működtetni, beiktatható **digitális szűrés** („Averaging”, #Avs = 1), vagy **repetitív** jel esetén **record átlagolás** („Averaging”, #Avs = 2, 4, ... 16K).

A decimálási probléma, és megoldások :

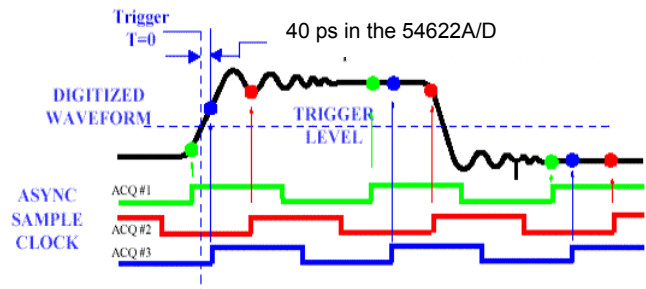


* **random ETS** (ACQUIRE: **Normal**, sweep: **≤ 2µs/DIV**, **repetitív** jel) alapelve:

- sweep-enként (ACQ#i), a TRIGger-hez képest *véletlen* fázisú egyenletes mintavétel,
- minden egyes sweep-nél a TRIGger-hez közeli minta időpozíciójának *nagy* felbontású mérése, majd
- ezzel az információval a ritka minták időhelyes „egybe-fésülése” (**hardver** mintasűrítés)

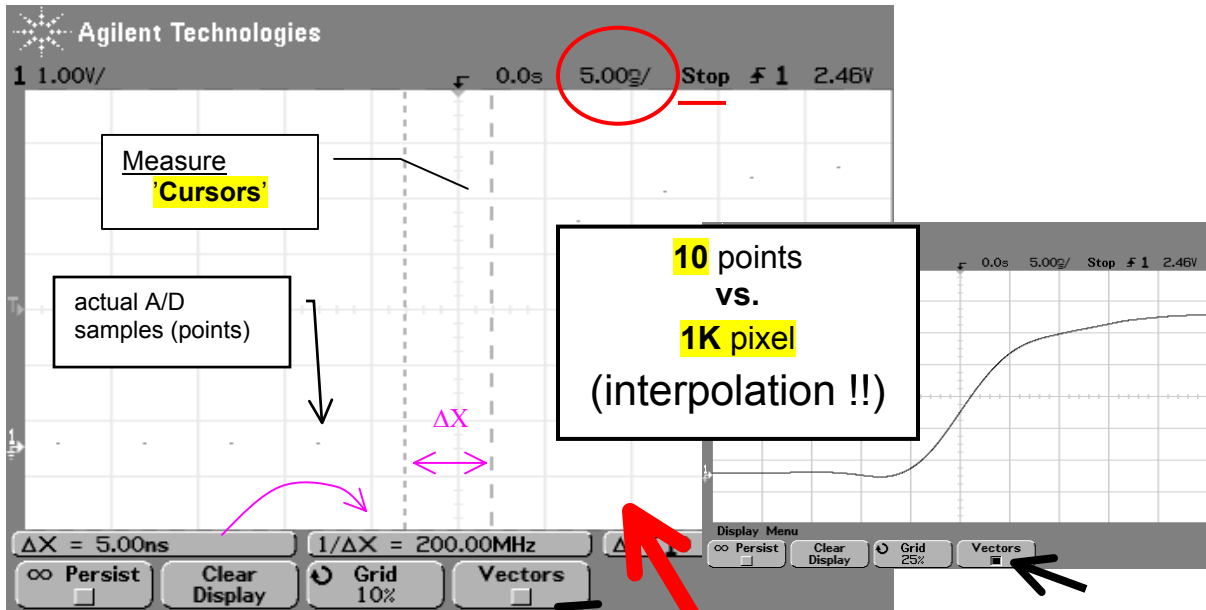
Figyeljük meg a nyomvonal **változását**, ha **Normal** módról *átváltunk* **Realtime** módra (repetitív jel és sweep: **≤ 2µs/DIV**).

Realtime esetén **egyetlen** sweep (ACQ) ritka mintáiból készül a nyomvonal, Sinc-interpolációval (**szoftver** mintasűrítés) ... mint ana szkóp (de BW: 50 MHz)



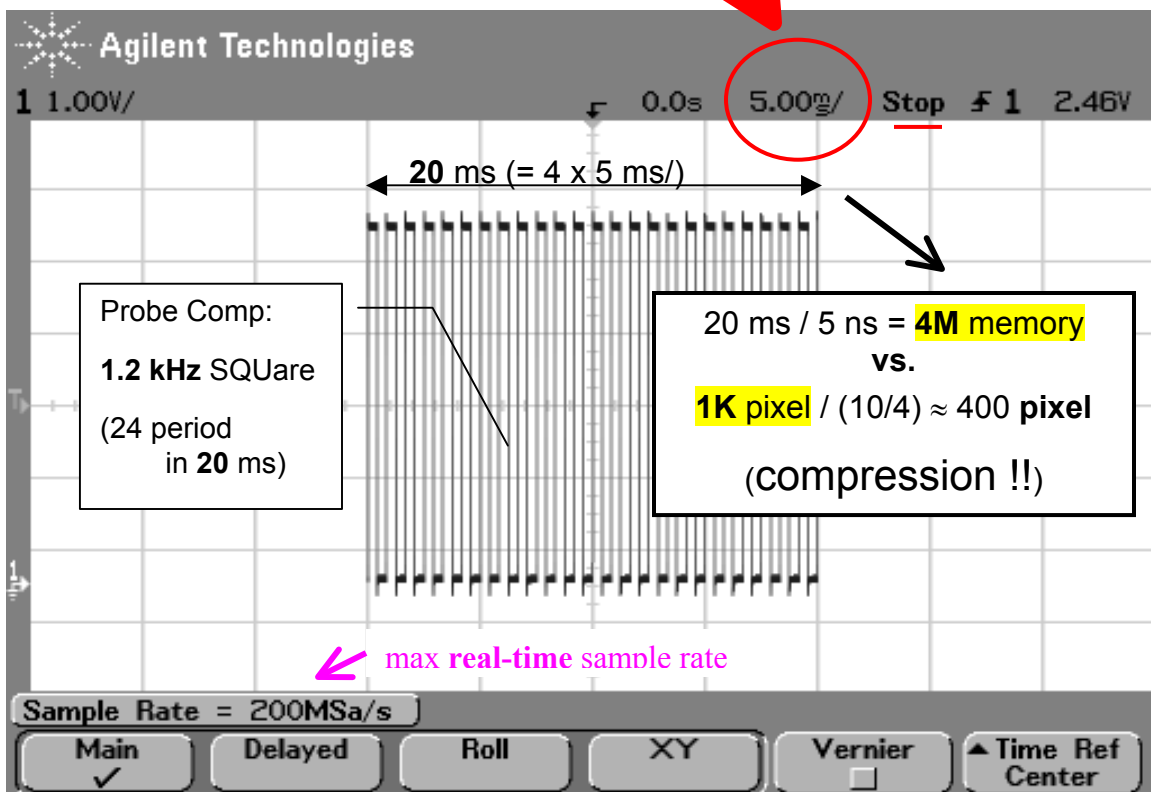
“Display Miles” of Scope screens *per* trigger

Signal: Scope Probe Comp, Time/Div: 5ns/, Run: Single, Display: Vectors: Off/On



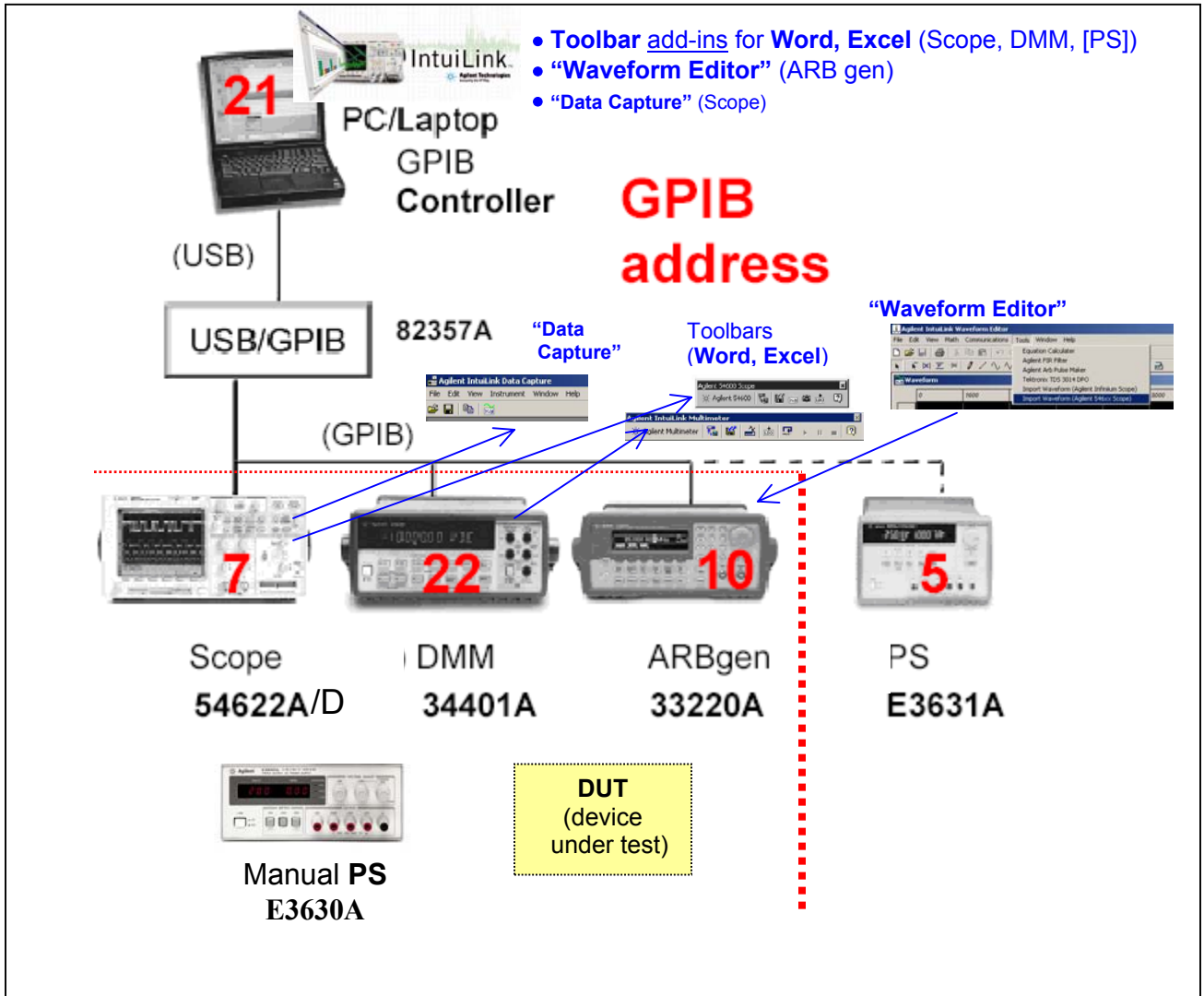
MegaZoom: Time/DIV: 5ms/

kis részlet a display-en
kontra
nagy rekord a memóriában



$$4 \frac{Mpts}{ACquisition} \cdot \frac{7" display}{10 pts} \cdot \frac{1 foot}{12"} \cdot \frac{1 mile}{5280 feet} = 44.2 \frac{"display miles"}{ACquisition}$$

(C) GPIB⁷: rendszer struktúra (és alap-szoftver: “IntuiLink”)



E9340A LogicWave PC Logic Analyzer

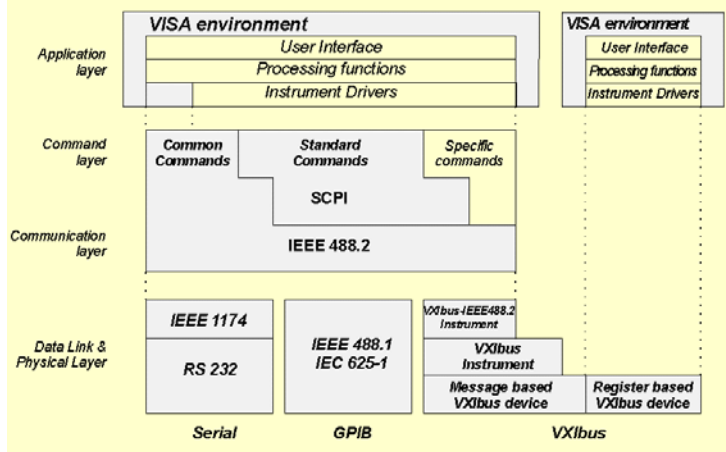
34 channels; 100 MHz state (64K), 250 MHz timing (128K) analysis
Connects via **parallel port**
Single-screen user interface
(the most commonly used features, and the captured data, are available on one screen)



⁷ GPIB : General Purpose Interface (Instrument) Bus

ATE (automatic test equipment) standards:

On the lowest level there is the definition of the interface platform itself. This can be the well known **IEEE 488.1/IEC 625-1** interface, commonly called **GPIB (General Purpose Interface Bus)**, but other type of interface media of later date, like **VXI⁸** or **RS 232 with IEEE 1174**, can be associated also with this layer. The functionality found in this layer, defines the electrical and mechanical properties of the interface medium and contains protocols for establishing the data path between the controller and the instruments. These lower layer standards do not deal with the contents of the data itself.

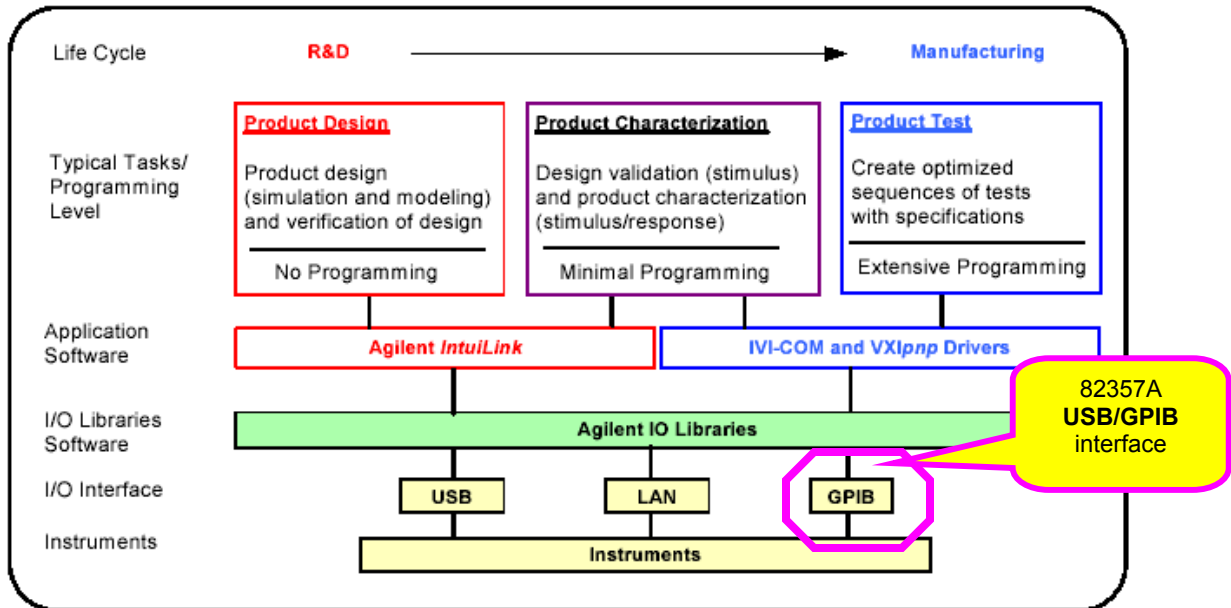


By defining the message syntax (spelling), the **IEEE 488.2** provides a concept that meets the demands for instrumentation systems. But IEEE 488.2 is more than a syntax definition only. It was clearly shown by the experiences of the instrument manufacturers who took the initiative to this standard, that a protocol was needed to guarantee a reliable communication, which would not hang up under any condition. Therefore, the so called Message Exchange Protocol - MEP - was established. This protocol is based on the principle that 'an instrument may not send data until it is asked

for'. For that purpose, IEEE 488.2 distinguishes between commands and queries. This concept is anchored in the language construction, since commands and queries follow different syntax's. The definition of the semantics (meaning) of program messages is *not* part of the IEEE 488.2 standard. This was left to higher level standards like **SCPI⁹**, or to the instrument designer. However, the so called 'common commands' is the exception to this rule.

The main benefit of the **VISA¹⁰** concept is that it establishes a solid and rigid hard and software environment for virtual instrumentation and allows end users to port their applications among different tools. The **VISA I/O drivers** access the interface boards regardless their manufacturers.

Agilent "**IntuiLink**" is typically used for Product Design or Product Characterization:



⁸ **VXI** : VMEbus Extension for Instrumentation
⁹ **SCPI** : Standard Commands for Programmable Instruments
¹⁰ **VISA** : Virtual Instrumentation Software Architecture