

# Fundamentos de osciloscopios (AN1606 Agilent).

## 1) Señales

- Osciloscopio
- diseño y leyes de componentes
  - determinar si tienen el COMPORTAMIENTO ESPERADO
  - usados en MULTIPLES CAMPOS → industria, universidad.

ES FUNDAMENTAL conocer TEORÍA DE SEÑALES para interpretar resultados.

## Propiedades de una señal

### AMPLITUD

1) magnitud del MAX. DESPLAZAMIENTO DE UNA PERTURBACIÓN.

2) RMS value → denar la señal al cuadrado, en contrar su TENSÓN PROMEDIO y bajar la t. (sinusoidal →  $\sqrt{\text{RMS}} = 0,707 \text{ PICO}$ )

PHASE SHIFT → CORRIMIENTO HORIZONTAL entre 2 ONDAS IDENTICAS. ( $\text{rad}, {}^\circ$ ) → de una onda respecto a una REFERENCIA.

PERIODO → Tiempo que le toma a la onda REPETIRSE A SI MISMA.

FRECUENCIA → # de veces q' la onda se repite así mismo (en 1 sec. =) (Hertz), INVERSA del periodo.

### SENOIDAL

FORMAS DE ONDA

CUADRADA → 2 niveles  $c/1$  = duración

RECTANGULAR →  $c/1$  ≠ duración

Triangular / sawtooth → 2 rampas / 1 rampa + 1 corte abrupto

PULSOS → ~~un~~ dispositivo ÚNICO en una tensión cre (comunes en GLITCHES o errores de da señal)

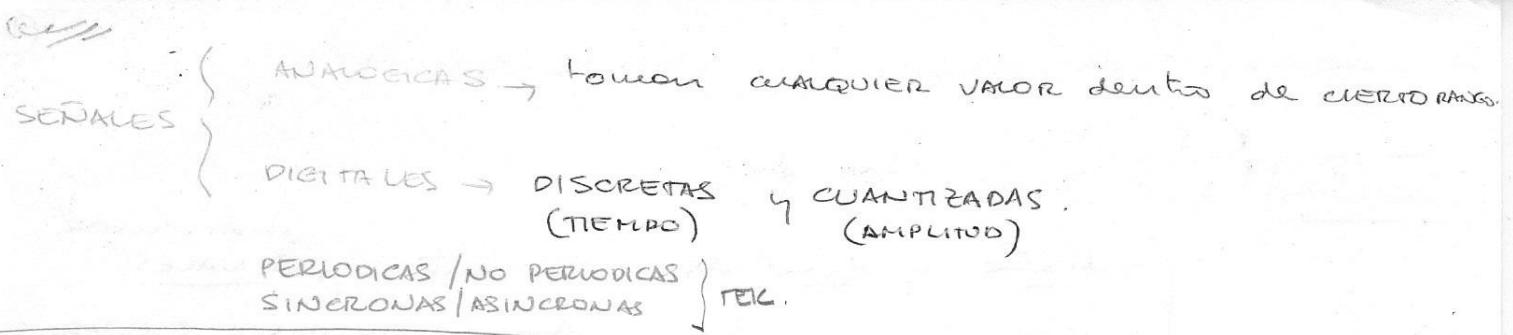
TREN DE PULSOS → serie de pulsos.

COMPLEJAS → COMBINACIÓN de lo ANTERIORES.

NO NECESARIAMENTE PERIODICA

DIAGRAMAS DE OSO (PLOT)

↑  
proveen mucha  
informac. sobre  
la señal (cambio abrupto,  
lineal, constante).



## 2) PROPOSITO de un osciloscopio

### a) INTEGRIDAD de señal.

- dar una REPRESENTACION VISUAL PRECISA de una señal eléctrica.

↳ INTEGRIDAD de señal: la habilidad del osciloscopio para formar de donde RE CONSTRUIR la señal de modo que sea una REPRESENTACION PRECISA DE LA SEÑAL ORIGINAL.

↳ NUNCA es una PERR. EXACTA ya que AL CONECTAR EL OSC. ESTE SE VUELVE PARTE del circuito (efecto de CARGA).

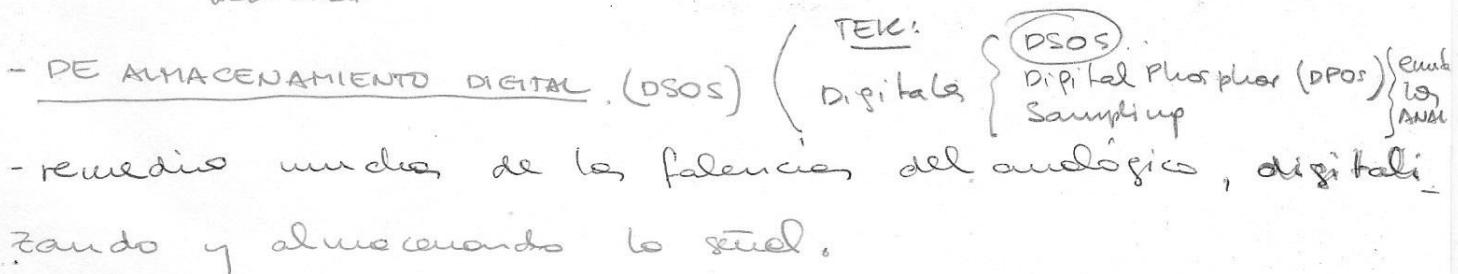
- El osciloscopio muestra UNA VARIABLE EN FUNCION DE OTRA.  
 ↳ tensión vs. tiempo  
 ↳ tensión vs. tensión (Lissajous)
- Con MULTIPLES ENTRADAS, puedo ver MULTIPLES VARIABLES en función de otra.

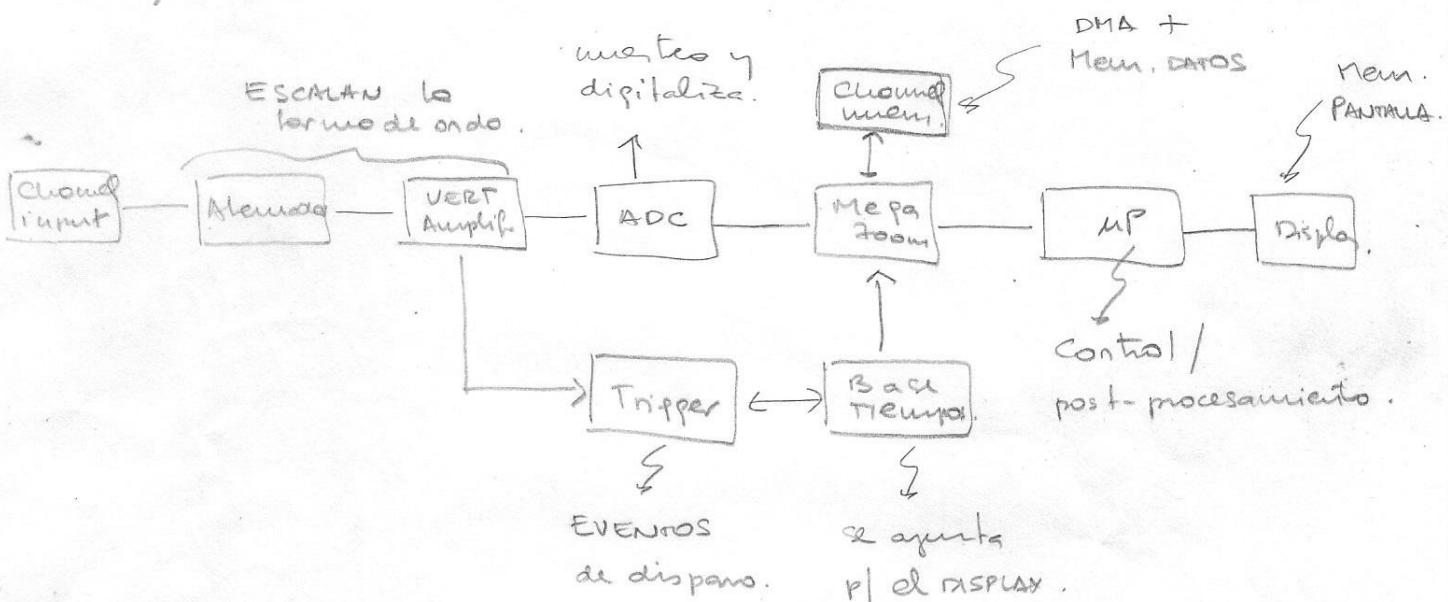
### b) TIPOS de osciloscopios

- Análogicos: - tubo de rayos catódicos. REQUIERE UN TRIGGER p/  
 que la señal sea estable.  
VENTAJAS:  
 - La LUMINOSIDAD DEL PUNTO depende de la INTENSIDAD DE SEÑAL, lo que lo hace TRI-DIMENSIONAL ( $x, y, z$ ).  
 - Se pueden superponer varios trazos p/ ver gatillo.  
 o irregularidades.  
DESVENTAJAS:
  - No puede "FRIZAR" la señal x mucho tiempo (no tiene MEMORIA).
  - No puede hacer mediciones AUTOMATICAS sobre la señal.

- Limitado en el RPO DE SEÑALES, ya que la VELOCIDAD DE BARRIDO es LIMITADA.

Hoy en dia:

- DE ALMACENAMIENTO DIGITAL (DSOS) 
- remedio muchos de los falencias del analógico, digitalizando y almacenando lo señal.



Hoy las DSOS son las + vendidas ya que pueden EMULAR las comportam. que no tiene naturalmente (ej: "z", superposic. de trazos).

### - MIXED-SIGNAL (MSOS)

- Pueden DISPARAR y MOSTRAR INDEPENDIENTEMENTE señales ANALÓGICAS y DIGITALES. Por ej. 4 canales analógica (12 bits c/u) y 16 canales digitales (1 bit c/u).
- Pueden disparar con una COMBINACION de valores analógicos y digitales y mostrar ambas señales c/ la misma base de tiempo.

"los MSOS se estan difundiendo mucho por mantener las ventajas del DSO y AGREGAR prestaciones".

### - PORTABLES

Chicos, bajo consumo, performance algo menor (lo que se va activando).

- Bajo costo / alta performance.

# Sistemas y controles del OAD (Tek)

Primer.

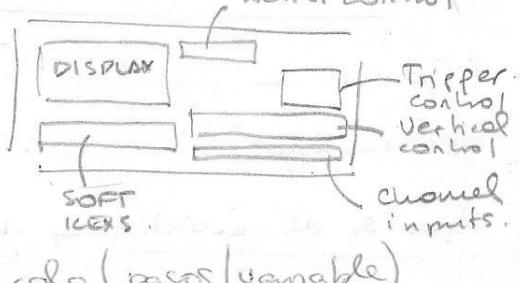
Controls (chipura)	Vertical → alemosf/amplif	Panel frontal
	Horizontal → base de tiempo	
	Trigger → disparo del OAD - Repetitivo/simple	
	Display	
Channel inputs → conectar p/ insertar las PUNTAS DE PRUEBA, que son la INTERFAZ con la SEÑAL.		

## 1) Control Vertical

- terminación (50Ω/1m)
- acoplamiento (DC/AC/GND)
- audio de banda (Límite/mejora)
- posiciones, offset, inversión (on/off), escala (pasos/variable).

### Posición $\frac{V}{div}$ (escala):

- Máximo tensión →  $\max \frac{V}{div} \times \# \text{divs. verticales}$  ( $\times$  a alemación punto).
- Tiene ajuste por PASOS y luego FINE (p.ej. para RISE TIME).



## Acoplamiento

- COMO se conecta la señal desde el CIRCUITO MEDIDO al OSCILLOSCOPIO.
  - DC (señal completa) | AC (señal centrada en 0V) | GND (ajuste) → CON AUTO TRIGGER! (PLVERLA).
- ↓ Sólo cuando la señal completa es MUY GRANDE.

## Límite dB

Reduce ruido, mostrando una señal + limpia. OJO. PUEDE ELIMINAR componentes de alta frecuencia!

## Mejora de dB

Ecualización mediante DSP: Mejora el BW, aplana la resp. en frec., mejora linealidad de fase, y mejora apagamiento entre canales, fijación del OAD y respuesta al encendido.

## 2) Controles Horizontales

- posición lazo horizontal. Asociados con la adquisición de la señal. Tipos: SAMPLE RATE, RECORD LENGTH.

### Controles ADQUISICIÓN

#### a) Modos de adquisición.

"Como se producen los PUNTOS DE ONDA, a partir de los PUNTOS MUESTREADOS".

PUNTOS DE MUESTRA → directo del ADC, cada  $T_s$  tiempo (intervalo).  
(MEMORIA DE DATOS)

PUNTOS DE ONDA → almacenados en memoria de display. Distancia:

"intervalo de onda". (MEMORIA DE PANTALLA)

o "periodo de onda"

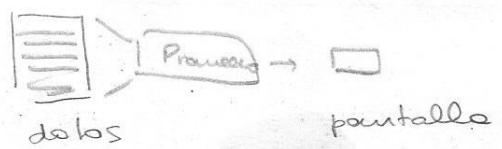
El intervalo de (o periodo) de muestra PUEDE O NO SER IGUAL al periodo de onda ⇒ MODOS DE ADQUISICIÓN.

#### Tipos:

- Sample mode: el + simple. El ADC guarda UN punto de muestra para cada intervalo de onda (señal el que se vio en ese).

- Peak detect mode: guarda los puntos de muestra MIN y MAX, tomados durante DOS PERIODOS DE ONDA. El ADC muestra SIEMPRE tomadas durante DOS PERIODOS DE ONDA. El ADC muestra SIEMPRE RÁPIDO, aunque la base de tiempo sea lenta. Útil p/ capturar CLICHES | cambios rápidos | pulsos cortos muy espaciados.

- Hi-res mode: se PROMEDIAN todos los sample, lo manda en un intervalo de onda p/ producir 1 PUNTO DE ONDA. Disminuye ruido y ↑ resolución en señales lentas. Ventaja: se puede usar en evento de disparo único. (?)



- Envelope mode: similar a ~~timers~~, pero COMBINA los MAX/MIN de MULTIPLES BARRIDOS.
- Average mode: saca el promedio de ~~los~~ MULTIPLES BARRIDOS en SAMPLE MODE. Así, REDUCE EL RUIDO SIN PERDER DB.
- Waveform database mode: el OAD ACUMULA una base de datos <sup>de</sup> 3D con AMPLITUD, TIEMPO, y CUENTAS.

### b) Start / Stop de adquisición.

El OAD es muy bueno p/ ALMACENAR formas p/ audíos.

Por un lado, un pulsador permite parar / iniciar la captura.

Adicionalmente, se puede programar p/ que pare luego de un barrido (single sweep) o un conjunto de barridos (single sequence) donde se puede hacer una envolvente o un promedio de ellos.

### c) Muestreo.

- a) Controles de muestreo
- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>AUTOMATICO</u> → elige muestreo REAL o EQUIVALENTE para dar la representación más REALISTA de lo visto.</li> <li>- <u>CONSTANT SAMPLE RATE</u> → p/ mediciones PRECISAS y el muestreo de tiempo real más alto posible.</li> <li>- <u>MANUAL</u> → control DIRECTO e INDEPENDIENTE de SAMPLE RATE y RECORD LENGTH.</li> </ul> |
|--|
- b) Real-time vs. Equivalent-time → se ve en class.
- c) Posición y segs/div;

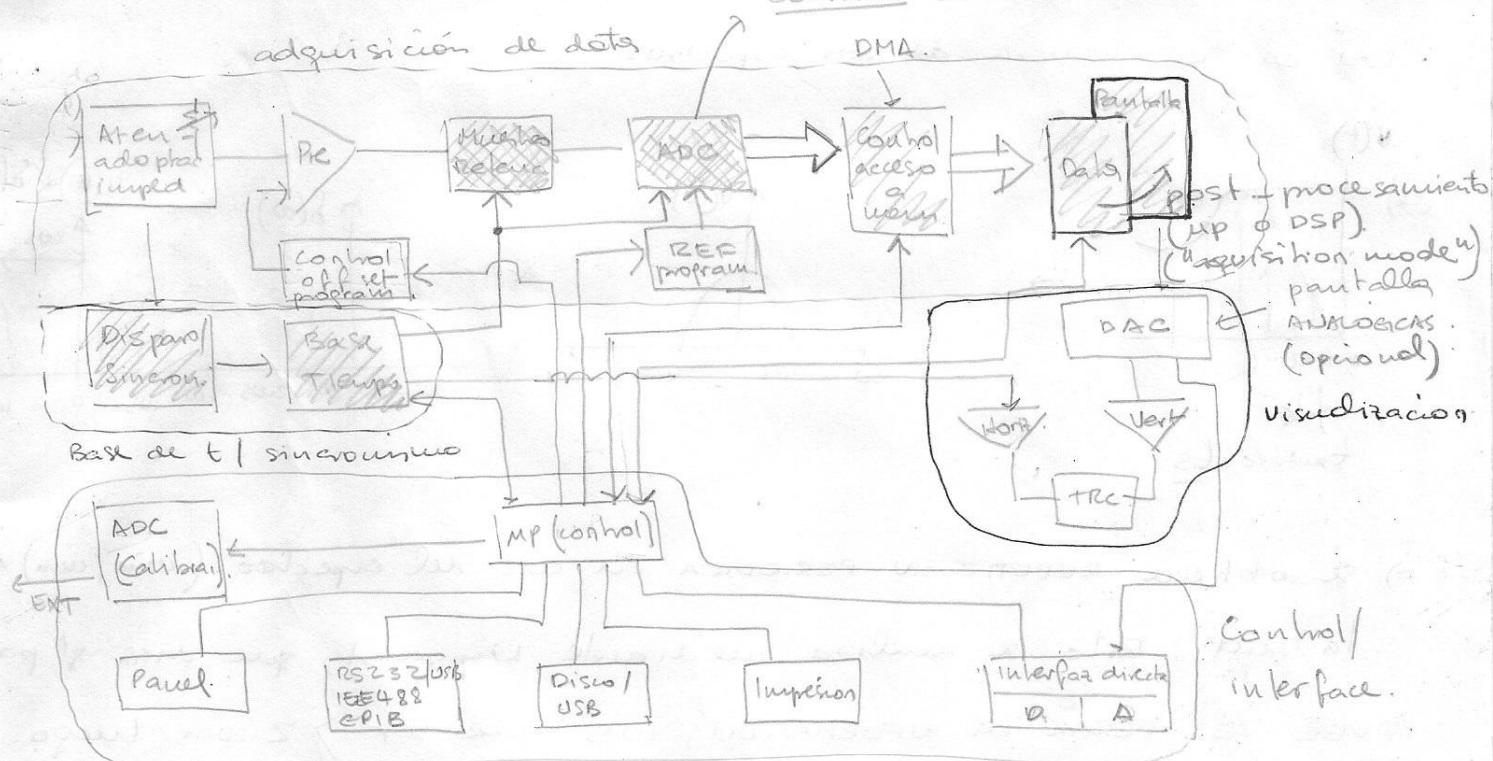
# Osciloscopio de almacenamiento digital (DSO).

①

- instrumento destinado a CAPTURAR, VISUALIZAR y MEDIR forma de onda de TENSION en función del tiempo. No solo permite MEDIR sino ver la FORMA en el tiempo).
- difiere del oscilosc. común en que MUESTREA los señales (ADC + memoria) → permite señales de DISPARO UNICO, TRANSIT, conformación complejas (en las otras eran PERIODICAS). Se pueden realizar POST-PROCESAMIENTOS. Repetibilidad y precisión, estabilidad.
- Tiene NUEVAS ESPECIFICACIONES. → veloci. muestreo, resolución, long. registro, canales de entrada, disparos, programación, interfaz.

## Diagrama general

CORAZÓN del sistema



Etapas

Adquisición de datos → muestreo / conversión / almacenamiento de señales

Sincronismo / base de t → se regula la CADENCIA DE EVENTOS en tiempo.

Presentación de datos → relevamiento de mediciones (VISUALIZACIÓN)

Control / interfaz → comunicación con el exterior. "ACCESORIO".

## 1) Adquisición de datos

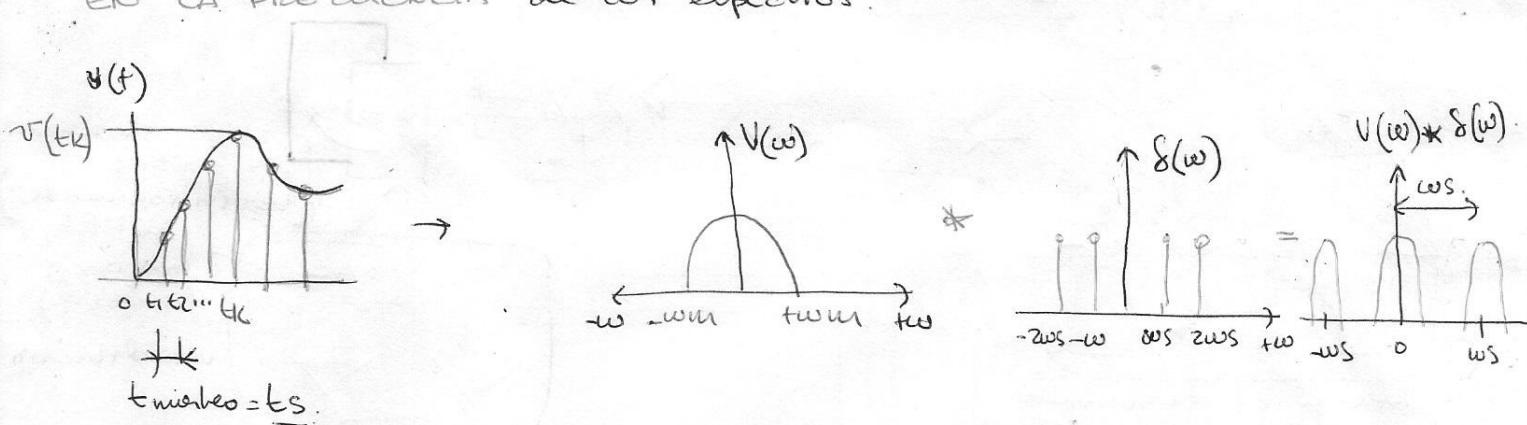
- Hemos un señal que es variable CONTINUAMENTE en el tiempo a una señal que varía en forma DISCRETA en el tiempo, luego la llamamos a PALABRAS DIGITALES si se pueden ALMACENAR EN MEMORIA.

PASOS → muestreo - retroacción - cuantificación - codificación.

a) Muestreo → captura de valores instantáneos de señal a intervalos regulares  $T$ . Se asocia una tensión  $V_k$  a cada instante

$$t_k = k \cdot T$$
$$v(t) \xrightarrow{\text{cambiar}} V_k = v(t_k) \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

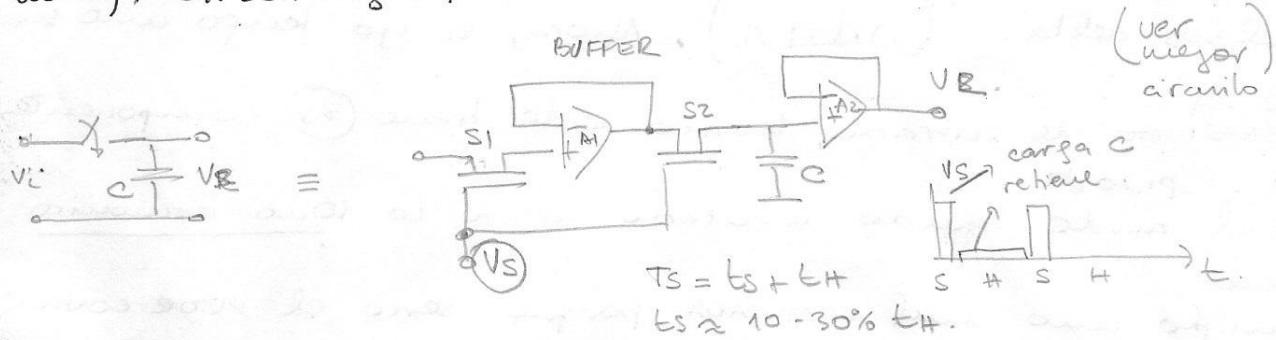
Es decir, hago una MULTIPLICACION EN EL TIEMPO de MUESTRAR con un TREN DE IMPULSOS. Esto equivale a la convolución EN LA FRECUENCIA de los espectros:



⇒ se obtiene REPETICION PERIODICA en  $\omega_s$  del espectro  $(-\omega_m, \omega_m)$  de la señal. Esto se audita mediante Nyquist, que dice si para PODER RECUPERAR LA INFORMACION,  $\omega_s$  debe ser  $\geq 2\omega_m$ . Luego poniendo un Filtro Pasa Bajo con  $\omega_{corte} = \omega_m$  puedo recuperar la informacion de la señal original.

La velocidad de muestreo fija el ANCHO DE BANDA DE ADQUISICION para señales NO REPETITIVAS! (donde no puedo hacer muestreo equivalente).

b) Retención (Hold) → en un RESEÑADOR DE ORDEN CERO, es decir, toma el valor inst. de señal y supone q su DERIVADA es cero (pendiente nula). Circuito gral:



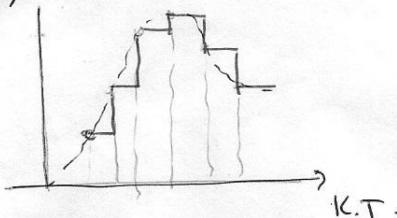
(A1) → alta velocidad, buena cargabilidad de salida, bajo offset.

(A2) → alta zin, bajo nivel de ruido.

Llaves → alta velocidad,  $\frac{R_{on}}{R_{off}} < 1.e^{-20}$ .

C → componente de fuga muy baja.

$V(KT)$



- El holder es necesario por limitaciones del CONVERSOR AD. El ADC necesita un tiempo  $t_c$  para convertir, y lo usual tiene que ser ESTABLE en ese tiempo. Un ADC puede trabajar hasta n 40fs/s.

Debo tener  $t_H \geq t_c$

- La FRECUENCIA DE MUESTREO <sup>(f<sub>s</sub>)</sup> maneja TANTO al ADC como al S/A.  
En consecuencia la  $f_s$  está limitada luego por el  $t_c$ .

## Determinación de lo fs necesario

- Por la ley de Nyquist aplicado a la convolución de un señal con pulsos delta. (ADNR). Ahora, si yo tengo una señal CUADRADA. ~~SEÑAL~~ de entrada, técnicamente tiene  $\infty$  componentes piso de. pero x el mío quedo acotado a n lo 10<sup>mo</sup> armónico.
- (Tomo como ~~por~~ Vamos a que una señal cuadrada porque sea el PEOR CONTENIDO ARMÓNICO, pero esto sucede ~~con~~ general con SEÑALES NO-SEÑOIDALES).
- Entonces, si aplico Fourier a lo 10<sup>mo</sup> armónico, tengo por ej. para 1 GSample/s que la MAX FREC. FUNDAM. de una cuadrado será: 
$$\frac{1 \text{ Gs/s}}{2 \times 10} = \boxed{50 \text{ MHz}}$$

## c) CUANTIFICACIÓN / CODIFICACIÓN

### CUANTIFICACIÓN:

- Se llevan los niveles continuos capturados a valores dentro de un GRUPO DETERMINADO, por ej. 1024 valores que son fijos. Asociar un cierto NÚMERO DE NIVELES DE CUANTIF. al rango total de la señal analógica.
- CODIFICACIÓN: a sigue una palabra digital de n-bits única a cada nivel de cuantificación.

Estos procesos se realizan en el ADC.

## Conversor analógico-digital (ADC)

- Cuantifica la entrada RESPECTO A LA REFERENCIA  $V_{REF}$ . La cuantificación está limitada por el # de bits, que determina su RESOLUCIÓN ( $8 \text{ bits} \rightarrow 256 \text{ niveles} \rightarrow \text{resolución } \frac{V_{REF}}{256}$ ).

(3)

- CODIFICA según un # de veces el NÚMERO CUÁNTICO  $\frac{V_{ref}}{2^n}$ .

⇒ si el ADC me devuelve "n", la TENSIÓN es  $\frac{V_{ref}}{2^n}$

$$\begin{array}{c} \text{CÓDIGO} \\ \text{CÓDIGO} \end{array} \xrightarrow{\text{máx}} \frac{V_{ref}}{2^n} \xrightarrow{\text{mín}} \text{número cuántico}$$

- El  $t_c = \text{resolución} \Rightarrow$  ↑ resolución = ↑ ancho de banda

- p/ al conseguir buenas velocidades, se usan ADCS referatilizado + cadena de RESISTENCIAS / COMPARADORES

$$\begin{array}{c} \text{PLASA} \\ \text{[tensión]} \\ \text{[resistencia]} \\ \text{[2^n - 1]} \end{array} \xrightarrow{\text{comparad}}$$

Va un COMBINACIONAL & hace la CODIFICACION.

- Hay un COMPROMISO RESOLUCION / VELOCIDAD ⇒ para ello surgen (no superan los 4-8 bits por la CANTIDAD DE RESIST / COMPARAD).

2 VARIANTES; con los dos ADCS de 4 bits ( $> 100\text{MS/s}$ ): doble

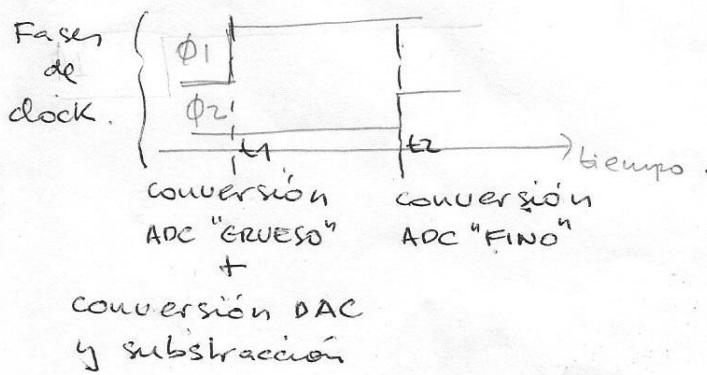
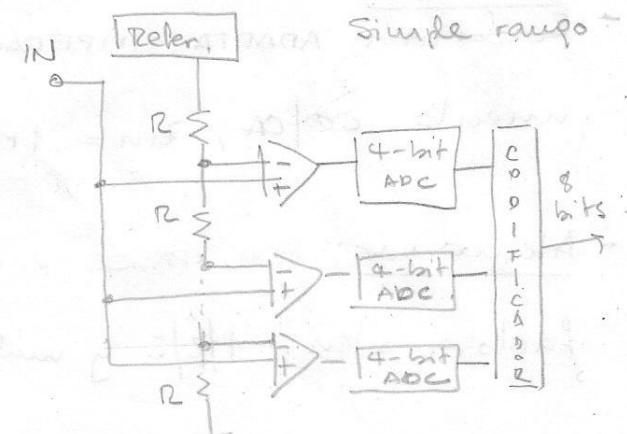
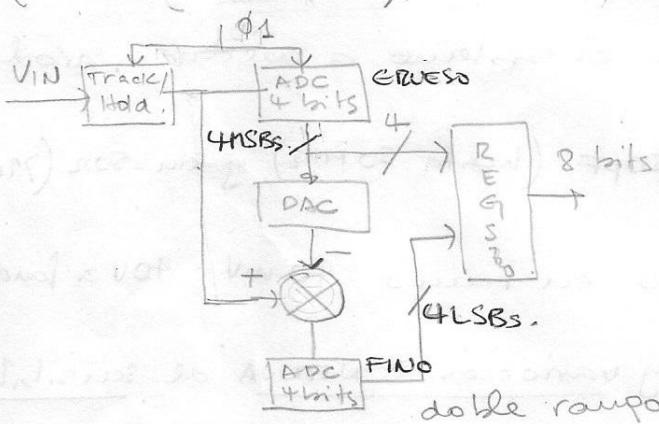
range y simple range.

↳ DOBLE RANGO: 2 ADCS de 4 bits + DAC y  $\oplus$  analógico.

(o "subrango"). COMBINA aprox. sucesiva  $\oplus$  flash, REDUCE # comparad.

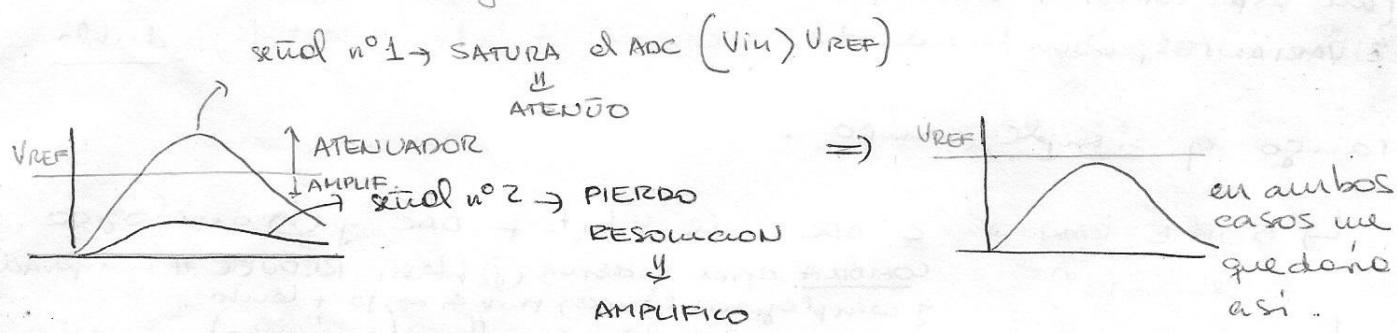
↳ SIMPLE RANGO: ADCS de 4 bits en II. (+ rápido).

(Fin rango → MAXIM).



## Atenuador y Pre-amplificador

- El ADC tiene una  $V_{REF}$ .  $V_{REF}$  tiene q' ser MUY ESTABLE ya que me define EXACTITUD DE AMPLITUD, o sea q' no tiene grandes posibilidades de VARIARSE.
- Necesito entrar el señal de  $0.5mV/div$  a  $10V/div$  (rango DINAMICO), SIN EMBARGO ESTOS NIVELES NO SE PRESENTAN JUNTOS, x lo q' yo puedo ADAPTAR la entrada a uno o otro mediante el AMPLIF. y ATENUAD.



- Realizar ADAPTA IMPEDANCIA con el sistema a medir  $\rightarrow$  acople nienbo cc/CA,  $Z_{IN} = 1M\Omega$ , 20-50PF (hasta 50MHz) y  $Z_{IN} = 50\Omega$  (1GHz).
- Atenuador: POR PASOS Y CONTINUO en rango 40mV - 40V a fondo, factores aten. 1/2/5 y múltiples, y variación continua de sensibilidad.

ver dibujo Rabi

## b) Pre-amplificador

$f_s \rightarrow$  NO REPETITIVAS  
 $f_{pre} \rightarrow$  REPETITIVAS

(4)

- Se ancho de banda de termino el ANCHO DE BANDA ANALOGICO PARA SEÑALES REPETITIVAS (que puede ser MAYOR al fijoado por Nyquist).
- sensibilidad variable (2,5:1 continuo) - RUIDO menor a 0,2% del fondo de escala.
- FACTOR DE RUIDO  $\rightarrow$  muy importante p/ la RESOLUCION. Si por ejemplo kupo ruido = 8 "niveles de cuantificación"  $= 2^3$  en un DAD de 12 bits, la resolución REAL será de  $12-3 = 9$  bits. (el ruido es "8 partes en 4096"  $\Rightarrow$  resuelvo solo  $\frac{4096}{8} = 512$  niveles  $= 2^9$ ).

## P/ MULTIPLES CANALES: 2 opciones

- ↳ Se DUPLICAN los bloques de ENTRADA & CONVERSION (MUX DIGITAL)  
(ALTA FRECUENCIA)
- ↳ Se duplican solo LOS ATENUADOS y se COMPARTE desde el Pre en adelante (MUX ANALOGICO, FRECUENCIAS, MEDIAS)

## Almacenamiento de datos

- Luego de digitalizar, luego disponible para brindar a una tasa de terminación por  $f_s$ . Esto no suele ir a pantalla ya que la pantalla tiene  $\approx 300$  a  $4000$  puntos, que es mucho menos de lo que hay disponible. Entonces dividir el almacenamiento en 2 memorias:

- memoria de DATOS  $\rightarrow$  almacena TODO

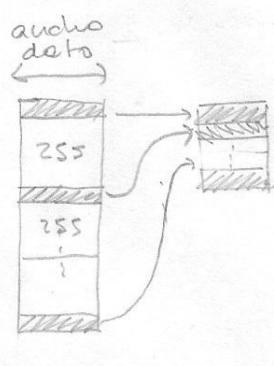
- memoria de PANTALLA O VIDEO  $\rightarrow$  almacena solo lo que muestra.

\* Cada una se divide a su vez EN PÁGINAS asociadas a CADA CANAL.

memorias de ~~DATOS~~: tienen una LONGITUD o PROFUNDIDAD, por ej.  $256\text{ K}$  o  $1\text{ Mbit}$  / Me sirve p/ hacer PROCESAMIENTO DE SEÑAL.

Tecnología ECL de alta velocidad.

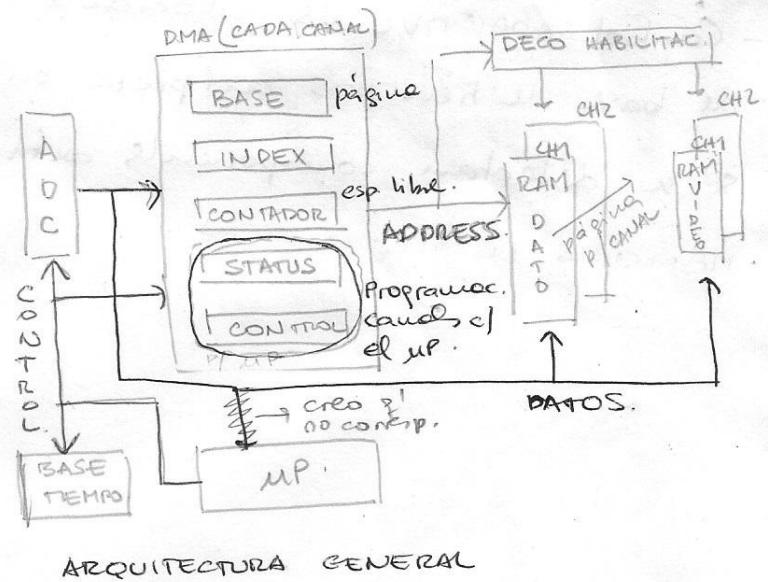
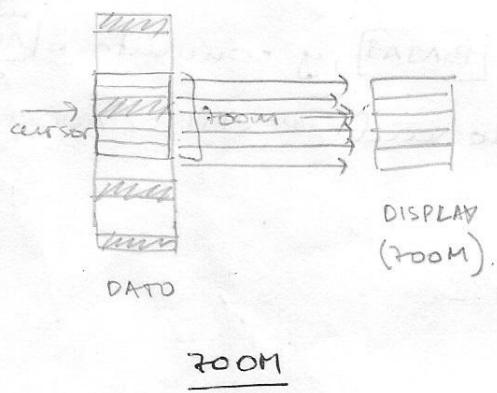
- Las memorias se almacenan mediante DMA a 3 BUSES: dato, address, y control. Tiene un REG DE BASE p/ CANAL (página), INDICE  $\rightarrow$  DONDE guardar en c/ página, y CONTADOR  $\rightarrow$  espacio en el página.
  - DMA {
    - Reg. de BASE  $\rightarrow$  páginas (canal)
    - Índice  $\rightarrow$  donde guarda en c/ PÁGINA
    - Contador  $\rightarrow$  espacio disponible en c/ página.
- Relación memorias DATOS / DISPLAY.



- El DMA se fija la relación de tamaños y va guardando:  
↳ en DATO, todas las muestras  
↳ en DISPLAY, 1 muestra cada  $\frac{\text{prof DATO}}{\text{prof DISPLAY}}$  muestras

- por ej.,  $\text{DATO} = 256\text{ K}$  y  $\text{DISPLAY} = 1\text{ K} \Rightarrow$  1 muestra cada 255 (dibujo). (el ULTIMO DATO ES IGUAL EN AMBAS).

- Este sistema es MUY FLEXIBLE p/ distintos procesamiento (eficaz).
- cálculo de valores PROMEDIO → lo calcula y cada 256 muestras, es + LENTO!
- maximo, minimo, etc.
- PROTECCION de zonas de memoria, compendimiento de frases p/ comparar con otras señales (memoria de video).
- Caso del ZOOM (captura UNICA): voy con el cursor e indico la zona y ancho de interés. El OAD VUELVE a la memoria de datos, BUSCA el ancho en # palabras arriba/bajo, y los MANDA al display.



## 2) Sincronismo y base de tiempos

sería el MUESTREO?

- Sincronismo → ajuste de CAPTURA DE EVENTOS según ENTRADAS DE TIEMPOS EXTERNAS O INTERNAS. Además el INTERVALO DE MUESTREO ÓPTIMO p/cada aplicación. Frecs. de muestreo OPTIMAS con sincronismo INTERNO (intervalos 1ms - 100ms/muestra en secuencia 1,2,4. Continuamente o resolv. 1ms/muestra).

Para variación continua se usan PLLs.

sincronismo EXTERNO → programación en PENDIENTE, NIVEL o VARIAC.

ALEATORIAS.

- Control ADAPTIVO de velocidad de muestreo → la exploración de base de tiempos empieza en frecs. BASAS, y aumenta a ALTAZ si se detectan componentes altas en lo scnd. PERMITE AHORRAR MEMORIA DE ADQUISICION.

Inicio de ADQUISICION → según fuente de DISPARO (= al analógico de fuente NUEVAS):

a) señal de ENTRADA, según NIVEL/PENDIENTE elegido.

b) señal EXTERNA de sincronismo.

c) comando por BUS PARALELO.

d) señal de otro canal (A/B)

e) control MANUAL.

f) señal de la LÍNEA DE AUMENTACIÓN (50Hz).

(TRIGGER)

DISPARO (= al analógico de fuente NUEVAS)

COUPLING

AC

DC

HF rejection

LF "

noise "

HOLDOFF → INHABILITA el trigger x un periodo luego del trigger actual. P/FACILITAR ANÁLISIS EN SEÑALES COMPLEJAS.

MODOS / NORMAL → si no llega el trigger, el CAD mantiene la ÚLTIMA IMAGEN. puede DESORIENTAR.

AUTO → un TIMER INTERNO SIGUE generando barridas y se muestra una linea (+ ruido) en 0.

## Muestreo COHERENTE y NO COHERENTE (Real-time / Equivalent-time)

- Lo que hablamos hasta ahora sobre cumplir con  $f_s > 1000$  armónicas de señal no es cierto, en para lo q' se llaman

muestreos COHERENTE. Se llaman así ya que se muestrea de modo que la relación  $\frac{f_{in}}{f_s} = \frac{M \text{ ciclos}}{N \text{ samples}}$

en torno y que cumple con el criterio de Nyquist.  
( $N_{samples} = \text{potencia de } 2$ ;  $M_{cycles} = \text{número IMPAR o PRIMO}$  menor d' 2).

Ejemplo:

$$N_{samples} = 2^n = 2048 ; f_s = 100 \frac{\text{Ms}}{\text{s}} ; \text{ y } f_{in} = 441 \text{ Hz} \left( \leq \frac{f_s}{2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{f_{in}}{f_s} = \frac{441}{100M} = \frac{M}{2048} \Rightarrow M = 901,12 \rightarrow \underline{901} \Rightarrow f_{in} = 43,99 \text{ msHz}$$

[El muestreo coherente por ej. asegura q' la potencia de una señal esté en un solo BIN de la FFT (o sea q' no habrá fuga espectral)]  $\rightarrow$  (no es q' del todo seguro)  
Este muestreo impone exigencias al ADC y la MEMORIA DE DATOS. Las exigencias relacionadas son SAMPLE RATE y RECORD LENGTH.  
El muestreo coherente se aplica TANTO a señales REPETITIVAS como a NO REPETITIVAS (para señales NO REPETITIVAS es la UNICA forma de capturarlas!).

↓

CUANDO hablamos de señales REPETITIVAS, se puede lograr un ancho de banda MAXOR SIN satisfacer NYQUIST, en lo q' se llaman muestreos NO COHERENTE.

- El muestreo no coherente logra otro ancho de banda llamado "EQUIVALENTE". Este muestreo NO PERMITE hacer POST-PROCESAMIENTO, solo muestra la señal!

- El muestreo por TIEMPO EQUIVALENTE - consigue una IMAGEN de la señal repetitiva CAPTURANDO UN POCO DE INFORMACION EN CADA REPETICION. La forma de onda se va "construyendo" en el display con PUNTOS INTERCALADOS (como si se fueran prendiendo luces de una tira de luces paradas). La CONTRAPARTE es que NECESITO VARIOS CICLOS P/ CONSTRUIRLO (es decir, PIERDO "velocidad de reaccion ante cambios").

Hay 2 tipos:

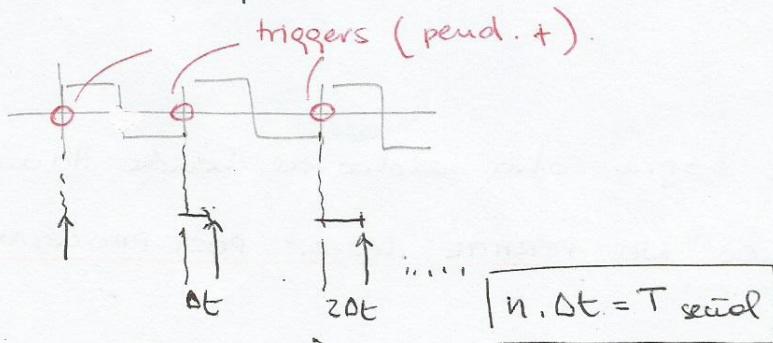
Muestreo    SECUENCIAL  
 no-coherente    ALEATORIO.

### a) Secuencial

- Provee mejor RESOLUCION EN TIEMPO y PRECISION q' el aleatorio.
- Adquiere 1 MUESTRA POR TRIGGER. Cada vez q' detecta el trigger, toma una muestra despues de CIERTO INTERVALO BIEN DEFINIDO. En cada trigger, se AGREGA UN PEQUEÑO INCREMENTO  $\Delta t$  a este intervalo. Esto se repite hasta q' se abarque una forma de onda completa.

El punto de referencia, es decir un "t-0", es SIEMPRE EL PUNTO DE TRIGGER (a menos q' nos basemos en cursos).

El muestreo equivalente secuencial seria graficamente:



- Se pueden tomar diferentes # de muestras variando  $\Delta t$ .
- Luego de  $n \cdot \Delta t$ , en un momento que da la señal q' estoy midiendo.

**Ventaja:**

- TECNOLOGICAMENTE, es mas facil medir precisamente la dt. que los datos verticales/horizontales referidos al trigger si repite el modo aleatorio. Por eso el modo SECUENCIAL TIENE MEJOR RESOLUCION TEMPORAL.
- Es la UNICA FORMA de capturar eventos TRANSITORIOS o de DISTARO VELICO (ej: Difusión).

**Desarventaja:**

Ya que la muestra se toma SIEMPRE DESPUES DEL TRIGGER, el punto de trigger no se puede mostrar sin una linea de retraso. Esto puede REDUCIR EL DB del OAD si no tenemos un PRE-TRIGGER EXTERNO.

**b) Muestras no-coherente aleatoria.**

Utiliza un clock interno que corre ASINCRONO con respecto a la SEÑAL y el TRIGGER. ~~to~~ NO se sincroniza la fec. de muestras con la de señal.

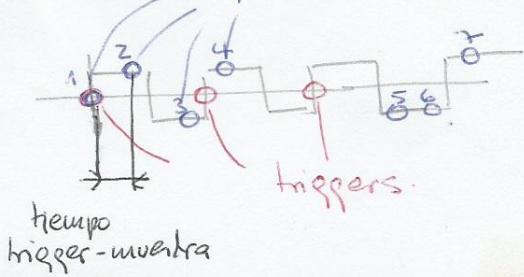
Las muestras se toman CONTINUAMENTE, independiente de los triggers, y se muestran en pantalla segun la diferencia en tiempo entre SAMPLE y TRIGGER. Las muestras son ALEATORIAS RESPECTO AL TRIGGER.

En la memoria se graban 2 tablas

- 1) amplitudes
- 2) tiempos respecto al trigger

Los 2 vectores se ORDENAN respecto del tiempo para mostrar la señal.

puntaje de muestra (desconocido respecto al trigger)

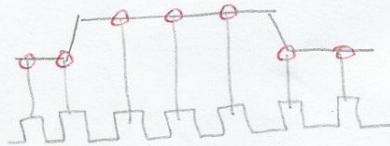


## Ventajas

- Puede adquirir muestras ANTES del trigger, eliminando la necesidad de señales externas de pre-trigger o líneas de retardo.
- La limitación de DB es menor que en el secuencial

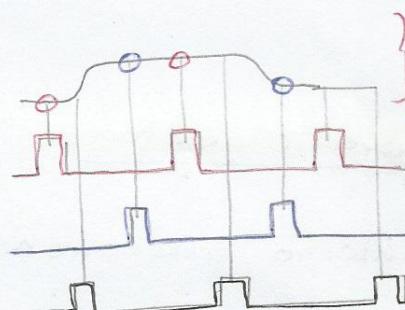
## Desventajas

- Suelo adquirir  $> 1$  vez por trigger. Pero para velocidades altas de bámido, puede llegar a no poder tomar 1 muestra/trigger y pierde resolución temporal. Allí es mejor el secuencial.



Muestreo en tiempo REAL -

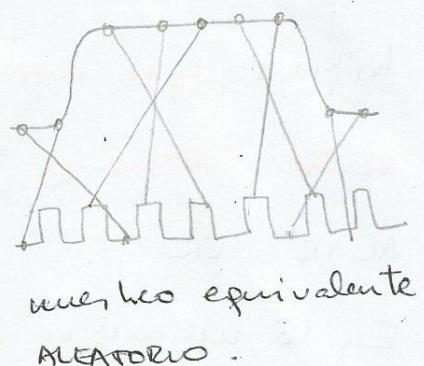
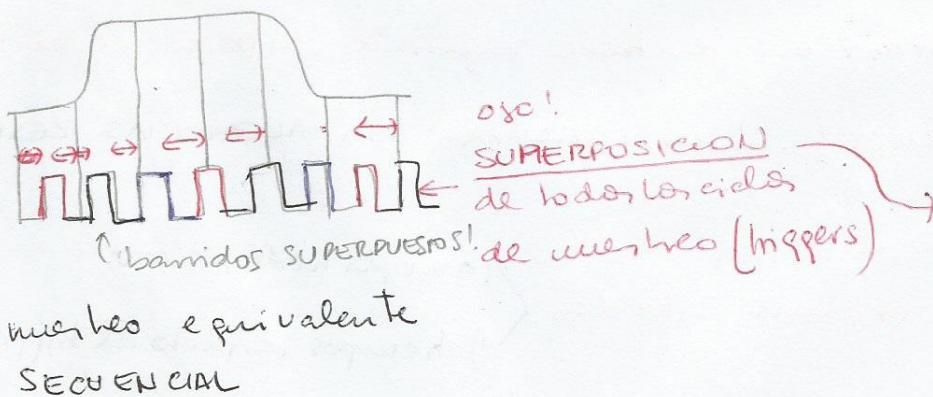
(1 ciclo onda ENTRADA =  
1 ciclo onda PANTALLA)



era NO ES la señal  
de ENTRADA!  
era  
onda mostrada  
en pantalla (WECO de  
los 3 ciclos). (00)

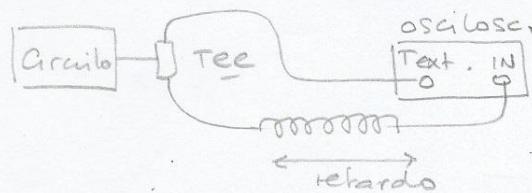
1º ciclo de sample.  
+  
2º ciclo  
+  
3º ciclo

Muestreo en tiempo EQUIVALENTE -



## Señales de DISPARO ÚNICO

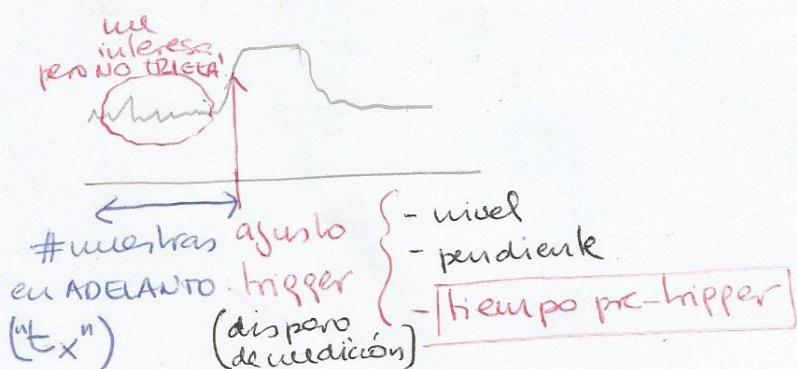
- En los osciloscopios analógicos era muy difícil capturar señales de disparo único. Se hacia con trigger externo y llevando la señal al osc. mediante una LÍNEA DE RETARDO.



- Los OADS, al ALMACENAR las muestras, permiten adquirir evento con ADELANTO O ATRASO DEL INSTANTE DE DISPARO, ASEGURANDO la captura de la información. Esto permite evaluar CAUSAS o EFEKTOS de un determinado evento.

### 1) Pre-trigger

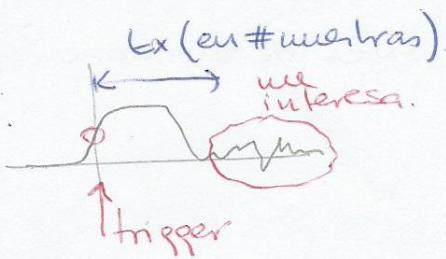
Yo tengo por ej. una señal con un flanco claro p/ hacer trigger, pero quiero ver lo que ocurre ante y que es desconocido.



Cuando el OAD comienza a grabar y en un momento llega al trigger. Entonces RECOUPERA "tx" muestras anteriores, hace una marca a su inicio y continua grabando. Cuando VEGA NUEVAMENTE a la marca (memoria llena), DESCARGA al display.

## 2) Post-trigger

El OAD espera el trigger, y en lugar de comenzar a almacenar  
ESPERA "t<sub>x</sub>" periodos de muestreo.



\* En el muestreo COHERENTE, puede ser difícil apreciar la forma de señal sólo a partir de los PUNTOS. Se aplica entonces INTERPOLACION, que une los puntos para OBSERVAR MEJOR. Hay 2 TIPOS BASICOS:

- interpolación LINEAL: une los puntos con RECTAS. Es útil para señales RECTAS, como una onda cuadrada o un pulso.
- Interpolación SENOIDAL ( $\frac{\sin x}{x}$ ): conecta puntos con CURVAS. Se ajusta mejor a formas de onda CURVAS, muy comunes en el mundo real.  
Método preferido para aplicaciones con sample rate 3-5 x F<sub>sust</sub>.