

太克科技量測技術研討課程

示波器基本原理、應用及操作



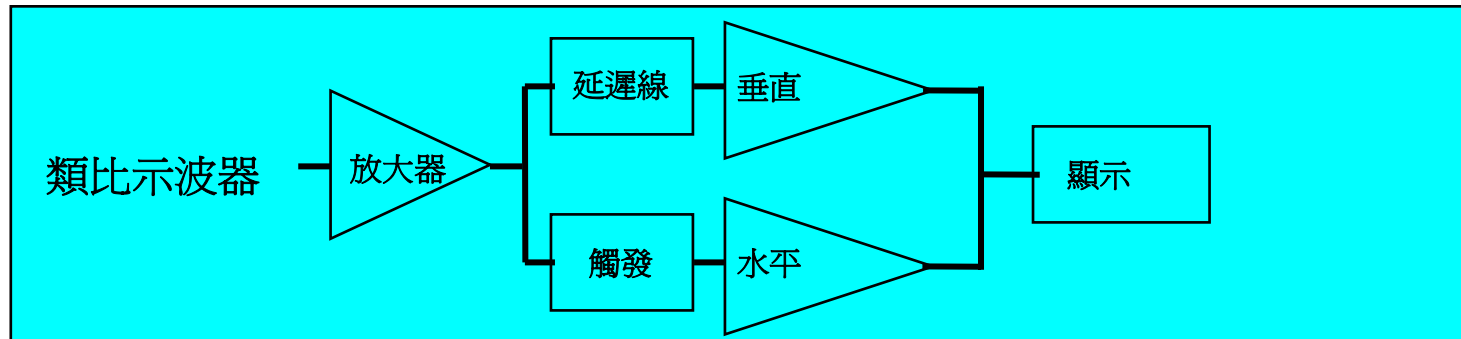
太克科技台灣分公司簡介

- 📁 成立於民國七十七年
- 📁 現有台北, 新竹, 高雄三個辦公室
- 📁 員工五十餘人
- 📁 提供電子量測儀器的銷售與服務
- 📁 業務, 技術支援
- 📁 維護及校正(ISO 9002 認證)

課程大綱

- ▶ 示波器的種類
- ▶ NEW DPX Architecture
- ▶ 高階數位示波器的基本原理
- ▶ 探棒的原理及種類
- ▶ 數位示波器之功能及操作展示

類比示波器(Analog Real Time)



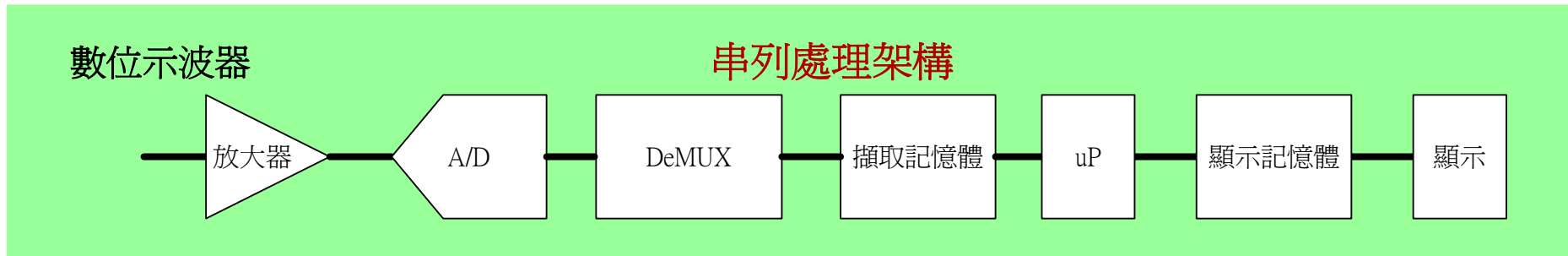
•類比示波器的優點

- 即時顯示
- 波形真實
- 構造簡單

•類比示波器的缺點

- 無儲存功能
- 無自動參數量測功能
- 僅有邊緣觸發及簡單的視訊觸發功能
- 無法與電腦連線作自動量測

數位示波器 (Digital Storage Oscilloscope)



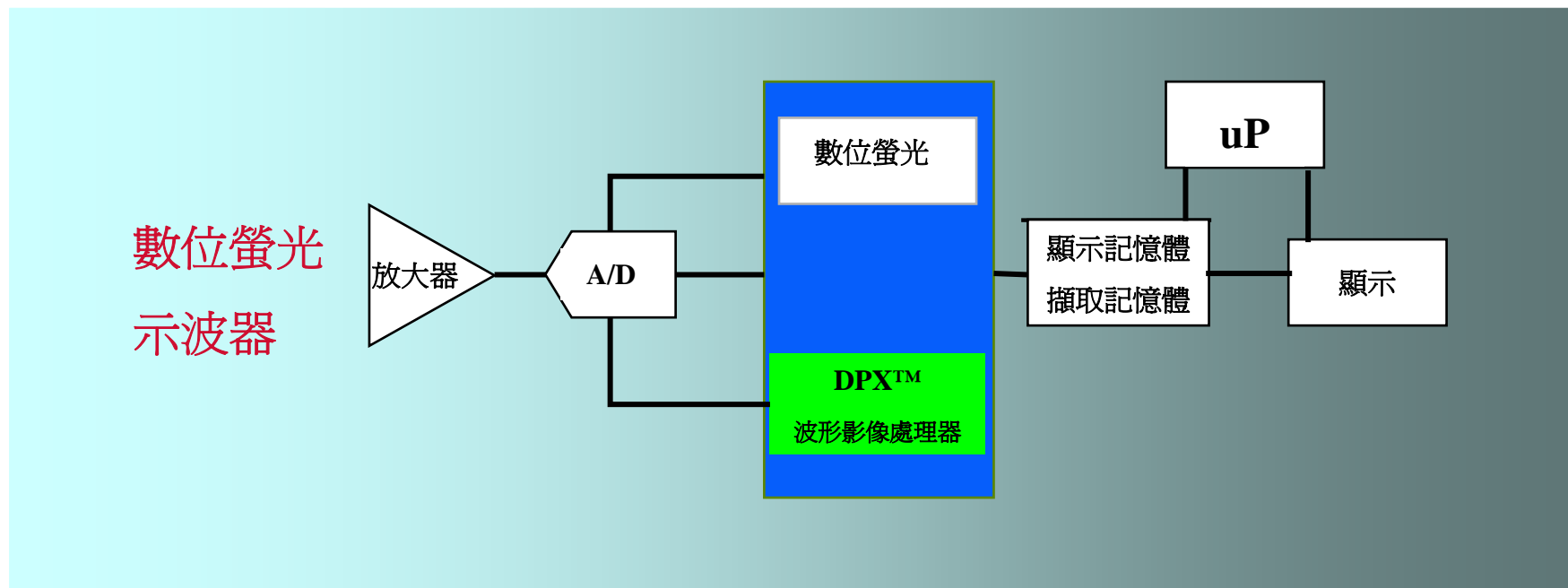
• 數位示波器的優點

- 擴充功能多
- 多種儲存方式, 波形, 設定
- 自動參數量測功能
- 具進階的觸發能力
- 可與電腦連線作自動量測

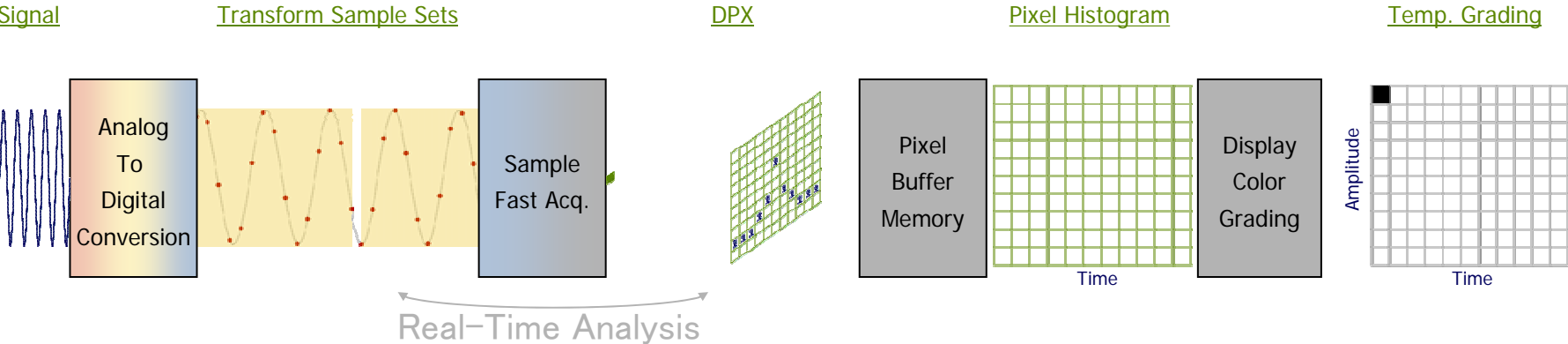
• 數位示波器的缺點

不是即時顯示

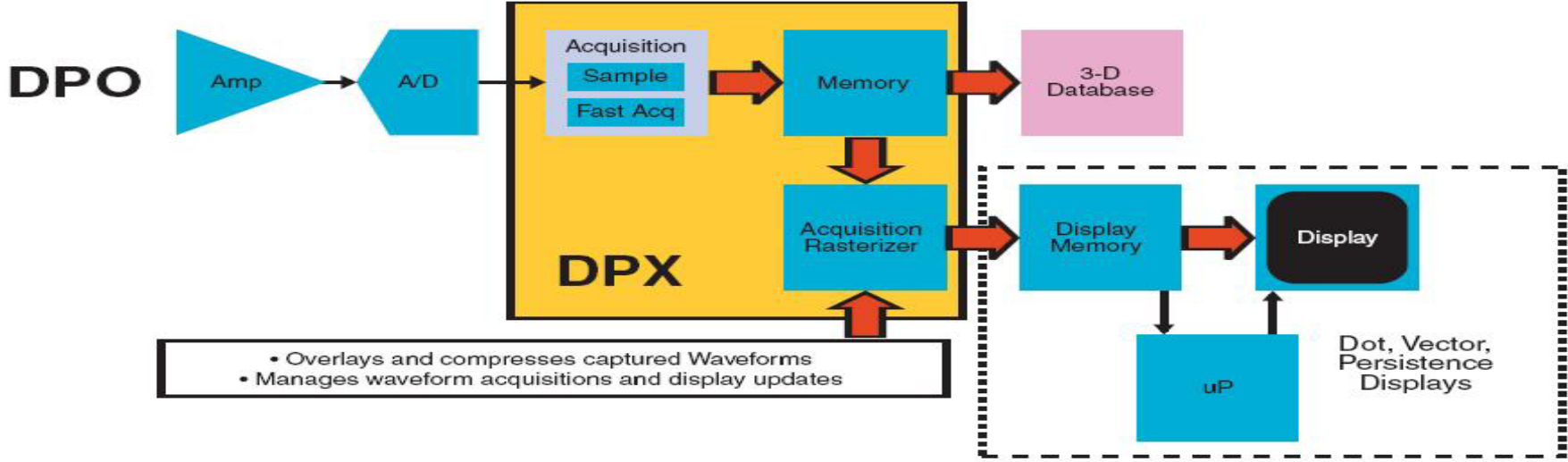
太克DPO數位螢光示波器



The DPX™ Transform Engine



DPX® Acquisition Technology Provides Maximum Performance

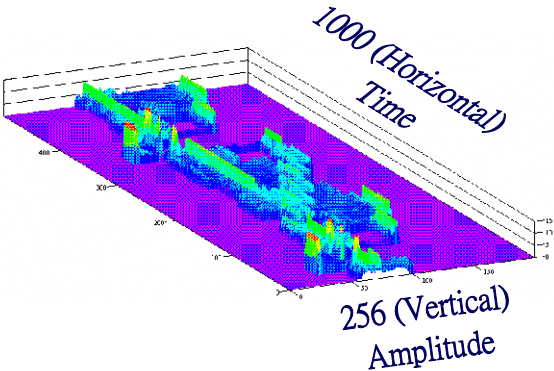


Simplified block diagram of a DPX®-based system.

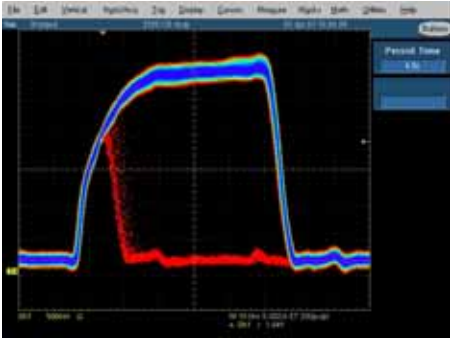
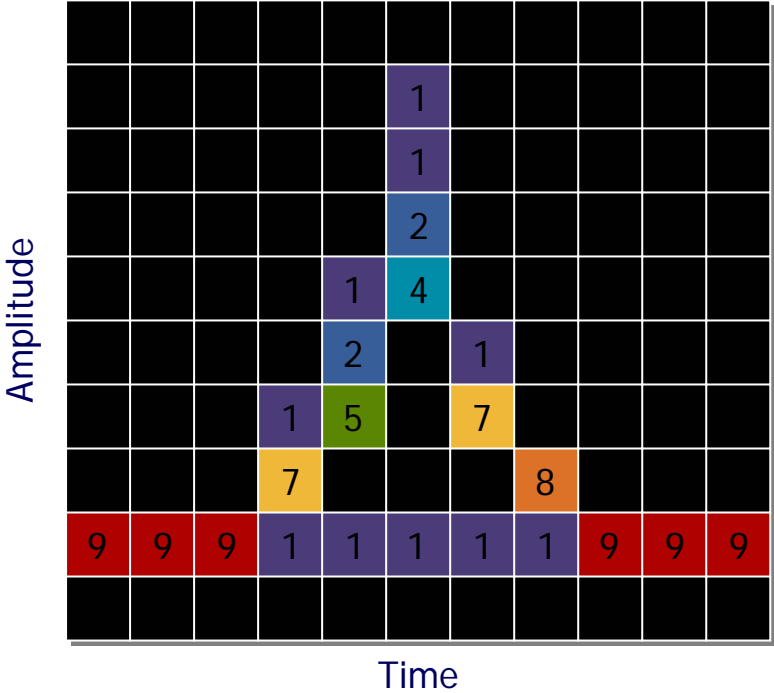
Color Grading

Color Grading Scale

Number of Occurrences	Color
0	Black
1	Blue
2	Light Blue
3	Cyan
4	Green Blue
5	Green
6	Yellow
7	Orange
8	Red Orange
9	Red

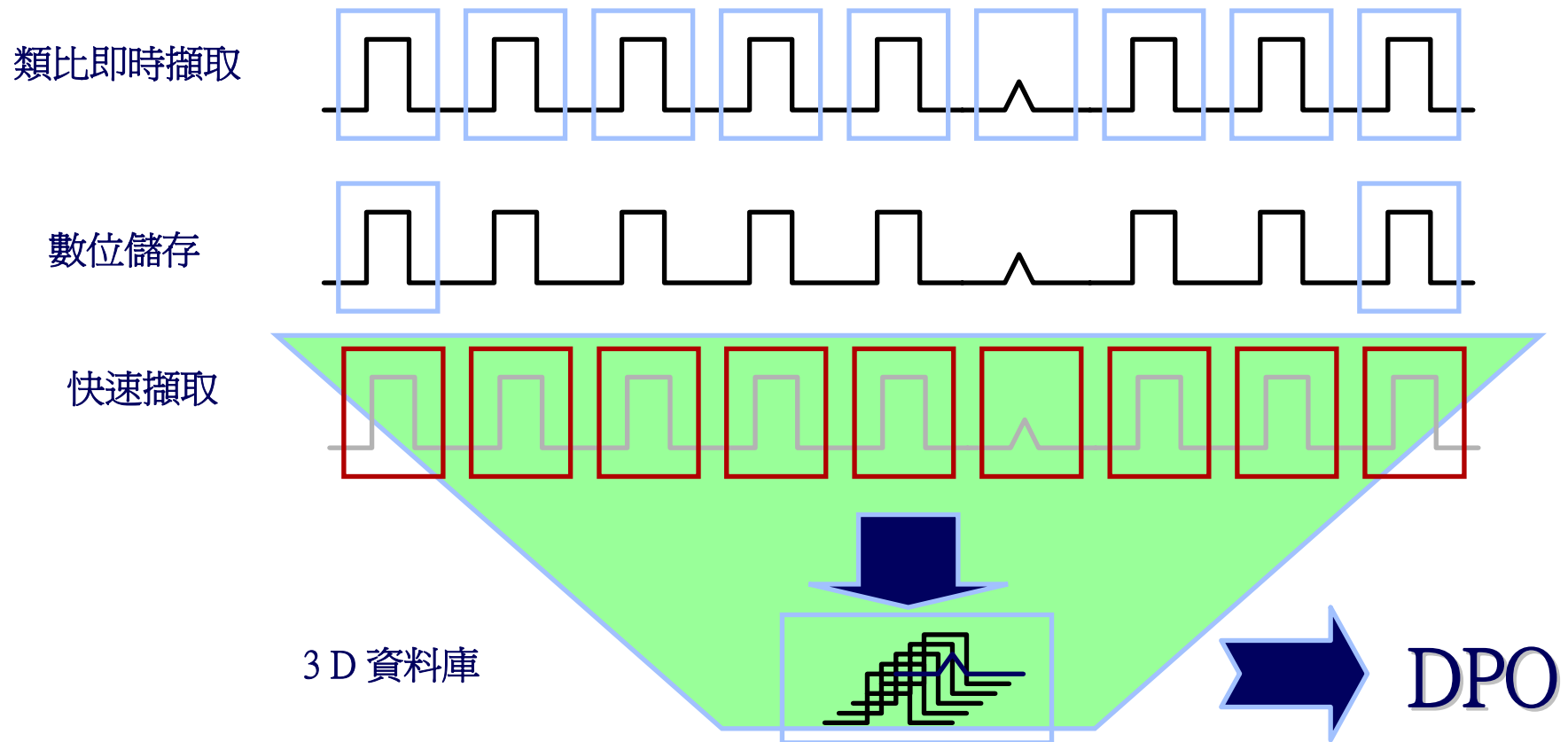


DPX™ Display



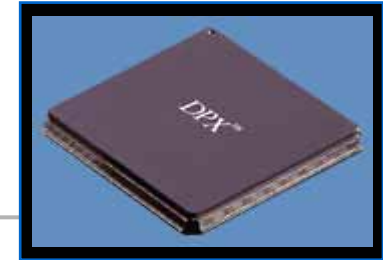
DPO顯示

- DPO的快速螢幕更新率及3D資料庫累積波形

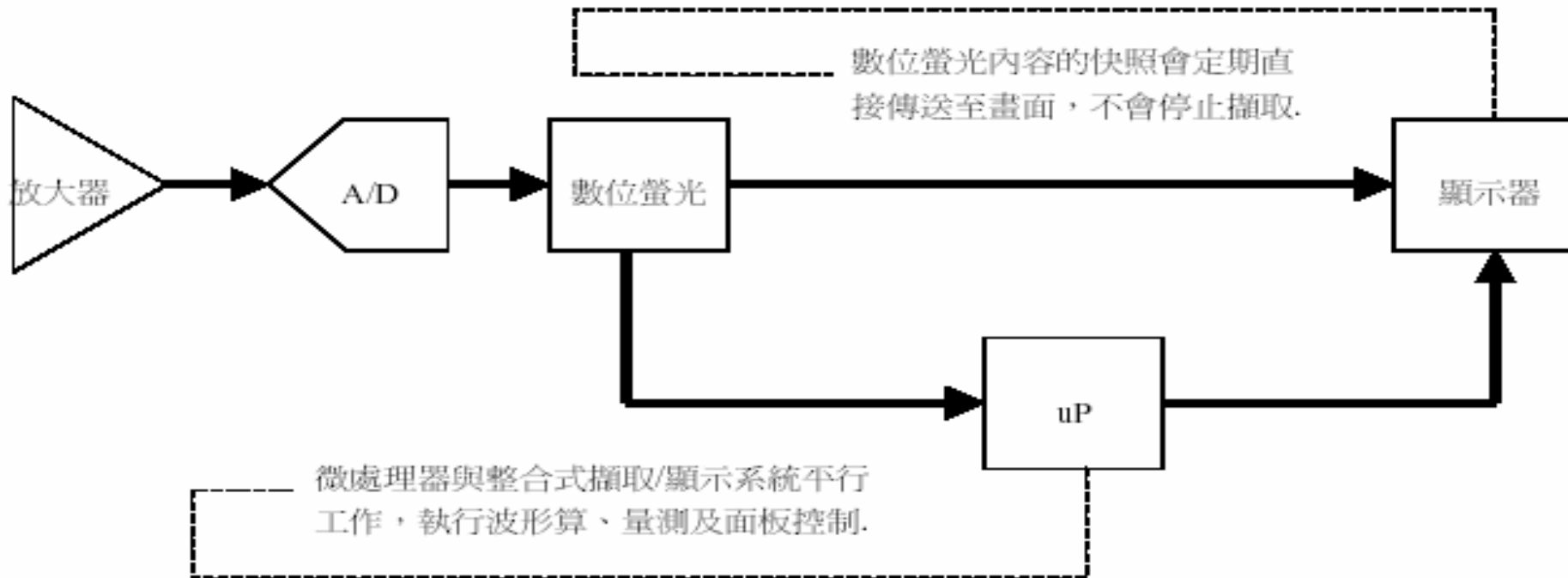


DPO waveform capture rate is 1000 times fast then DSO

DPO顯示



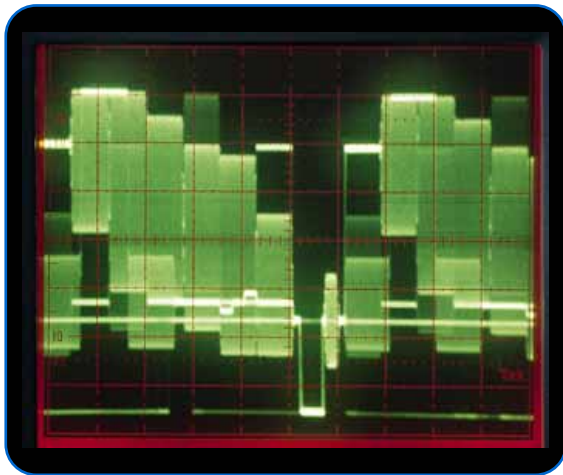
- DPO採用並列處理架構整合顯示與擷取系統
- DPX 波形影像處理器建立與管理即時亮度階層
- DPX 提供比數位示波器處理快 1,000 倍以上的信號資料量
- YT, XY 及 XYZ 顯示支援



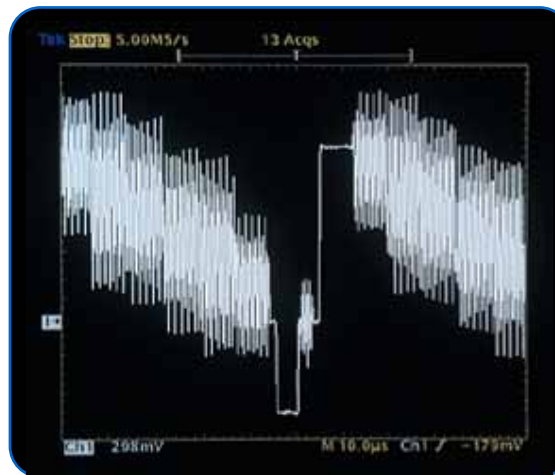
DPO顯示

- ▶ DPO -- Digital Phosphor Oscilloscope,數位螢光示波器
- ▶ 利用快速的螢幕更新率及3D資料庫累積波形，使異常訊號在第一瞬間無所遁形
- ▶ Tektronix 專有功能，顯示接近類比示波器，也能做到數位示波器儲存、分析信號的功能

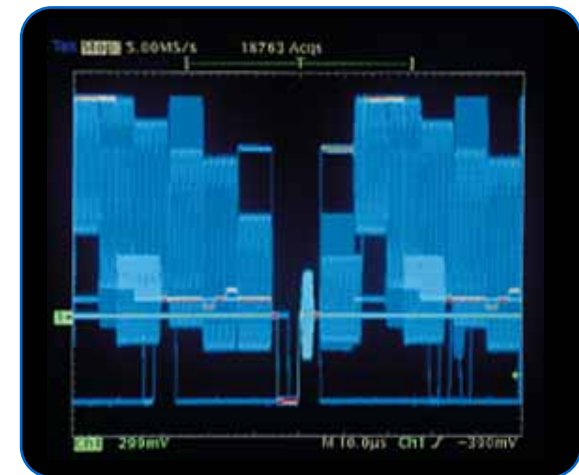
Better Than Analog



Better Than Digital



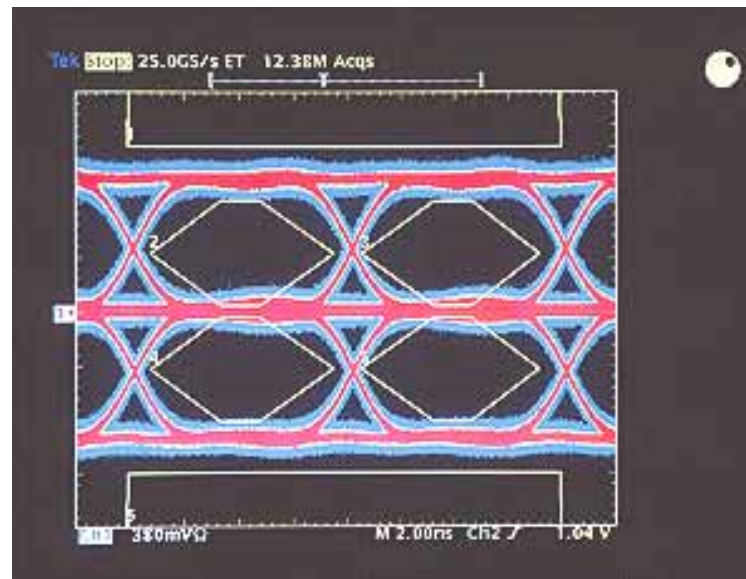
And More



DPO顯示與持續(Persistence)顯示不同

- ▶ 持續顯示(PERSISTENCE)是示波器利用連續累積觸發波形到螢幕上，來觀察異常訊號的一種特殊顯示功能
- ▶ 能夠觀察到異常訊號，取決於螢幕更新率的快慢。
- ▶ DPO顯示有即時的螢幕更新率，能夠在第一瞬間顯示出異常訊號

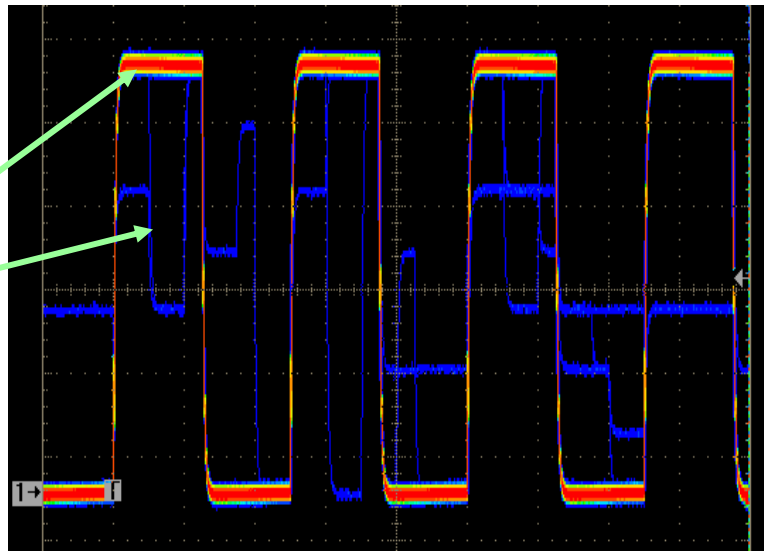
用持續顯示來
分析眼狀圖



DPO顯示與記錄長度

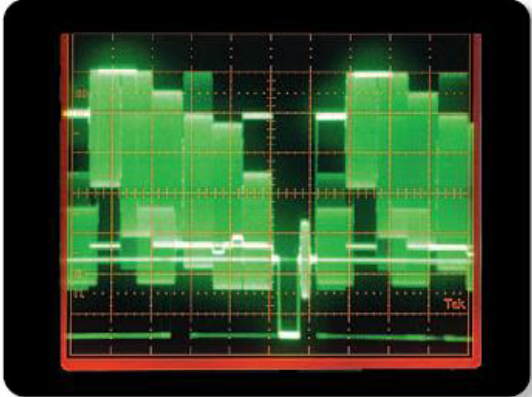
- ▶ 先將所有的訊號擷取到記憶體內，再逐一檢視異常的部份
- ▶ 能否觀察到異常訊號，取決訊號出現的比率及記錄長度的長短
- ▶ DPO能夠在第一瞬間顯示出異常訊號，加上3D資料庫的功能可將異常訊號出現的比率同時顯現

不同顏色代表
不同的出現率

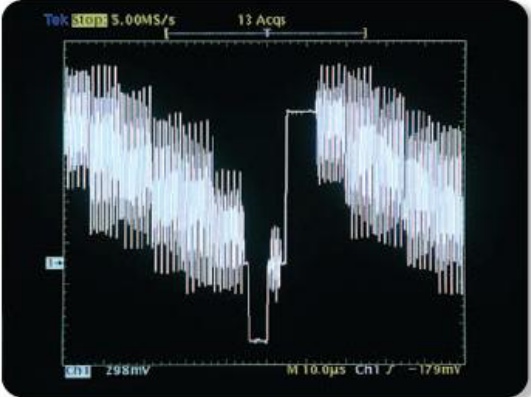


DPO7000 Series

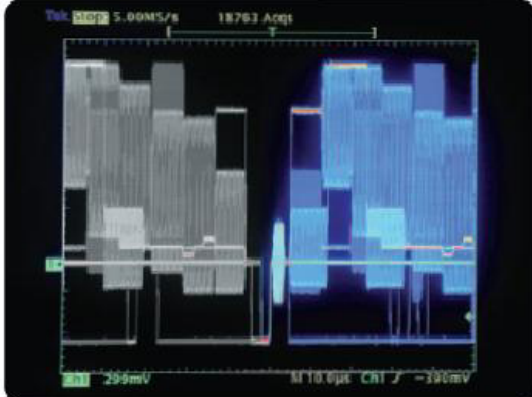
Scope waveform compare



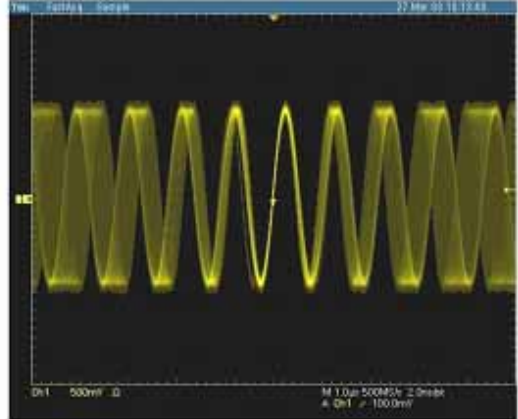
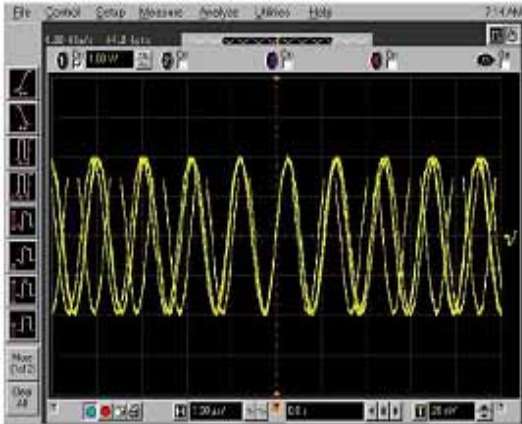
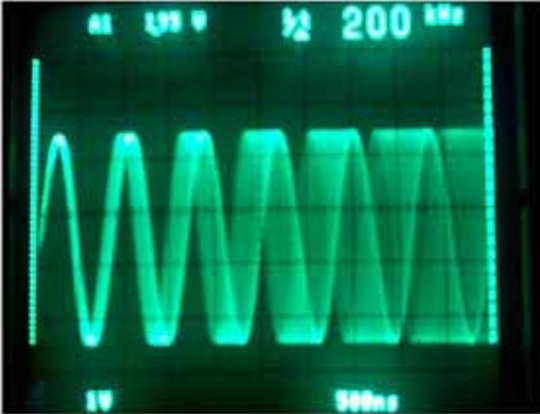
Analog Real Time (ART) Oscilloscope



Digital Storage Oscilloscope

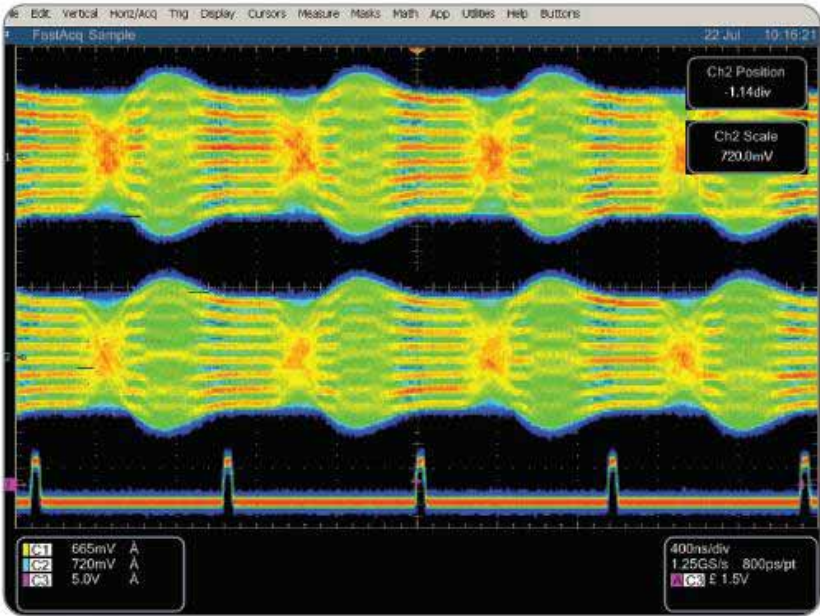


Digital Phosphor Oscilloscope (Color graded or grayscale)

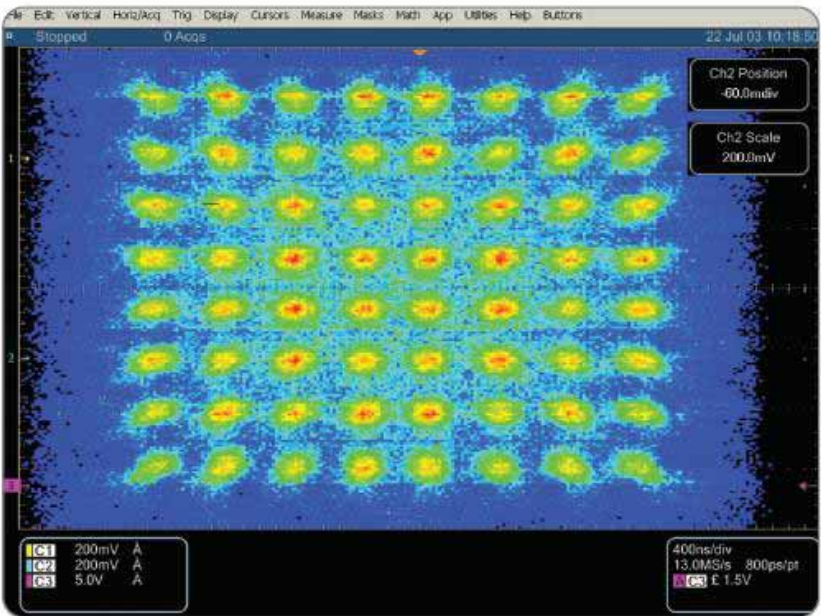


DPO7000 Series

I,Q signal & 64QAM



► Figure 12. The Y-T display of the 64QAM signal.



► Figure 13. The IQ plot begins to build up.

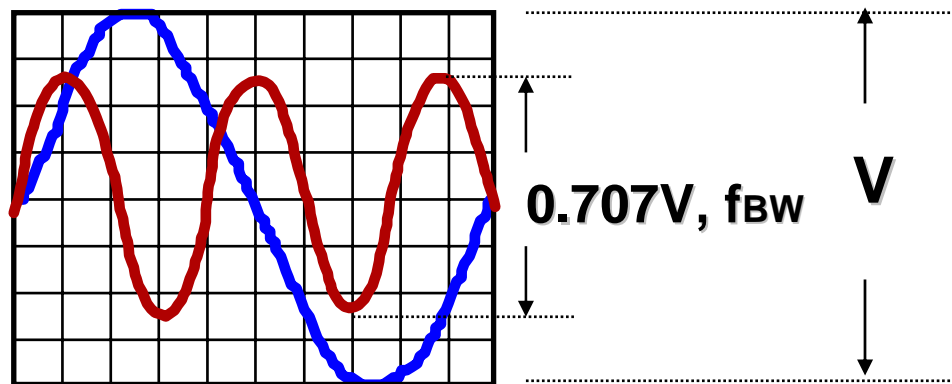
數位示波器的基本原理

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍 (Linear Range) 與過載恢復 (Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel) 及波道補償 (Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基 (Time Base) v.s. 記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

頻寬 (Bandwidth)

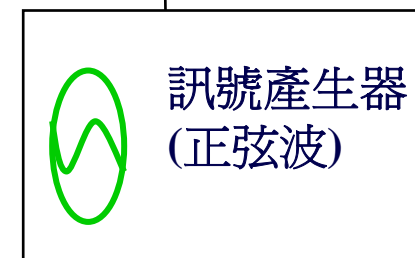
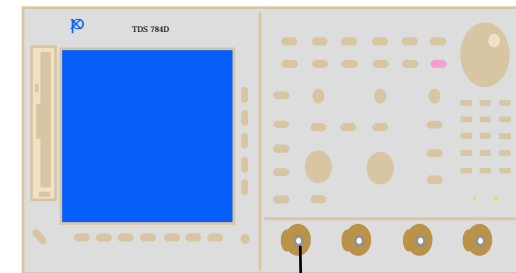
▶ 示波器頻寬定義

- 示波器的輸入端加入一固定電壓的正弦波信號，逐漸增加該正弦波的頻率，直到示波器上顯示該正弦波 **電壓為原來的 0.707倍或 -3dB**，此時的頻率，即為示波器的規格頻寬

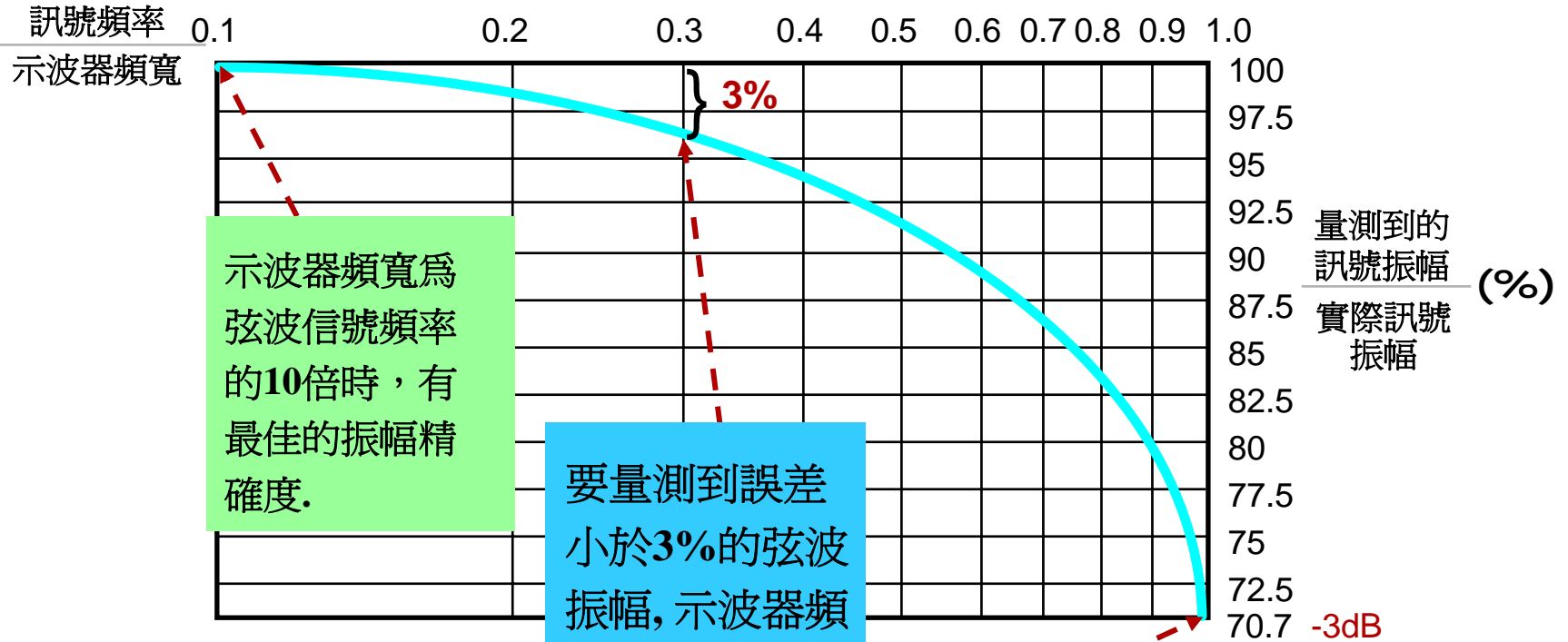


f_{BW} : 規格頻寬或 **-3dB** 頻寬

$$20\log 0.707 = -3\text{dB}$$



示波器頻寬 v.s. 正弦波振幅



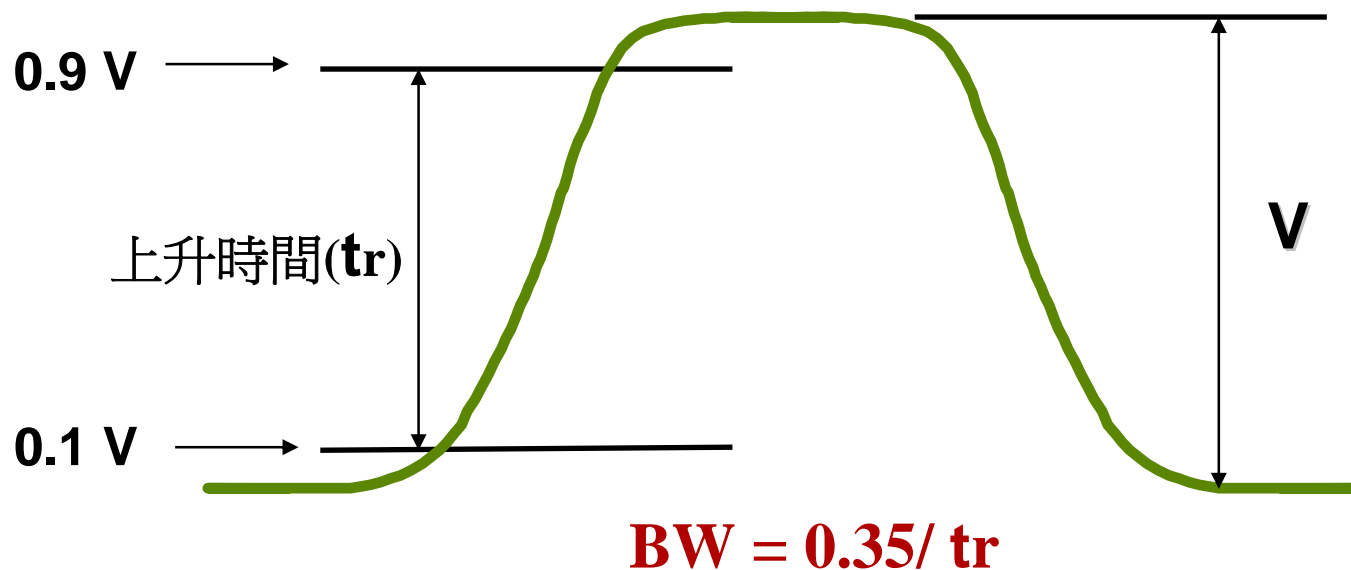
示波器頻寬為弦波信號頻率的10倍時，有最佳的振幅精確度。

要量測到誤差小於3%的弦波振幅，示波器頻寬最少需為弦波信號頻率的3倍。

示波器頻寬等於弦波信號頻率時，振幅量測誤差會達30%或3dB以上。

訊號頻寬 v.s.上升時間

- ▶ 一非正弦波訊號的頻寬，可以其上升時間來決定。若此訊號通過一低通濾波器(一階)，則其頻寬(BW)為 $0.35/\text{上升時間}(\text{tr})$ ，也就是說 $\text{BW} * \text{tr} = 0.35$ ，若此訊號通過的為一非一階的低通濾波器，則tr與BW的乘積會更高，譬如0.4



Example for Scope Selection

Logic Family	Typical Signal Rise Times	Calculated Signal Bandwidth $= \frac{0.35^*}{t_{\text{rise}}}$	Measurement Bandwidth for $\approx 3\%$ Rolloff Error	Measurement Bandwidth For $\approx 1.5\%$ Rolloff Error
TTL	5 ns	70 MHz	231 MHz	350 MHz
CMOS	1.5 ns	230 MHz	767 MHz	1.15 GHz
ECL	500 ps	700 MHz	2.33 GHz	3.5 GHz
GaAs	200 ps	1.75 GHz	5.8 GHz	8.75 GHz

$$t_{\text{rise (displayed)}} = \sqrt{(t_{\text{rise (scope)}})^2 + (t_{\text{rise (probe)}})^2 + (t_{\text{rise (source)}})^2}$$

示波器頻寬 v.s. 上升時間

▶ 示波器的頻寬--影響轉態時間(Transition-time)的測量值

- 低通濾波器(一階)的效應 (頻寬X上升時間 = 0.35)
- 量測值是系統的合成結果 (示波器頻寬需大於輸入信號頻寬)

$$\text{量測值}_{\text{上升時間}} = \sqrt{(\text{訊號}_{\text{上升時間}})^2 + (\text{示波器}_{\text{上升時間}})^2}$$

- 使用350MHz頻寬，即1ns上升時間(0.35/350M)的示波器，量測1ns上升時間的方波訊號 (示波器頻寬等於輸入信號頻寬時)量測值如下：

$$\text{量測值}_{\text{上升時間}} = \sqrt{(1ns)^2 + (1ns)^2} = 1.41 ns$$

- 使用1GHz頻寬，即350ps上升時間(0.35/1G)的示波器(示波器頻寬大於輸入信號頻寬3倍)量測值如下：

$$\text{量測值}_{\text{上升時間}} = \sqrt{(1ns)^2 + (350 ps)^2} = 1.06 ns$$

示波器頻寬 vs. 上升時間的準確度

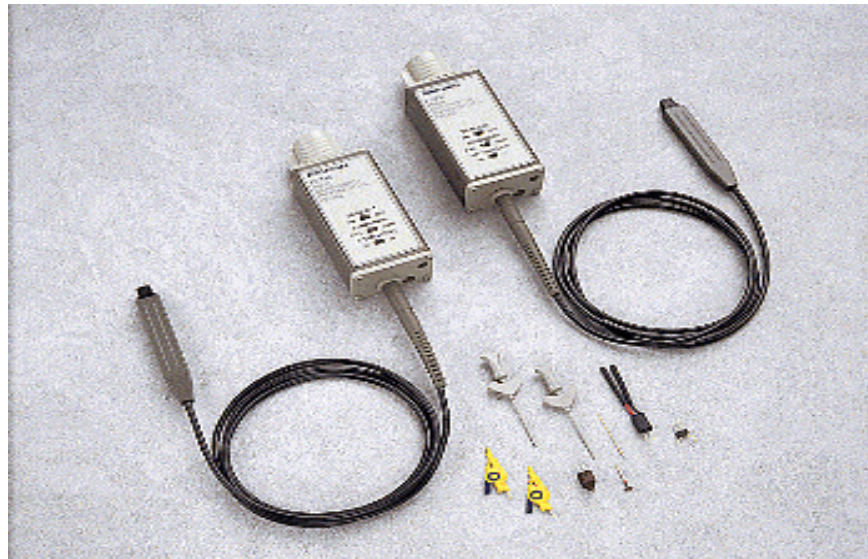
- ▶ 測量信號上升時間時，示波器頻寬將影響量測結果

待測信號 t_r / 示波器 t_r	上升時間量測誤差
1:1	41.4%
3:1	5.4%
5:1	2.0%
10:1	0.5%

探棒頻寬 v.s. 上升時間

- ▶ 示波器的量測中，探棒是必備的，所以探棒頻寬亦會影響測量結果，其影響公式如下：

$$\text{量測值}_{\text{上升時間}} = \sqrt{(\text{訊號}_{\text{上升時間}})^2 + (\text{示波器}_{\text{上升時間}})^2 + (\text{探棒}_{\text{上升時間}})^2}$$



系統頻寬

- ▶ 由於頻寬和上升時間成倒數關係故其公式如下：

$$\frac{1}{\text{量測頻寬}} = \sqrt{\left(\frac{1}{\text{訊號頻寬}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{示波器頻寬}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{探棒頻寬}}\right)^2}$$

- ▶ 由此式也可看出，示波器及探棒的頻寬越寬，則對量測頻寬的影響越小，也就是說量測頻寬越接近訊號頻寬

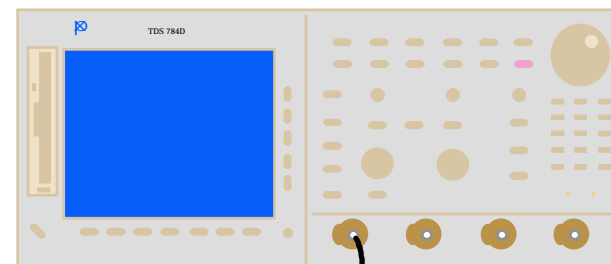
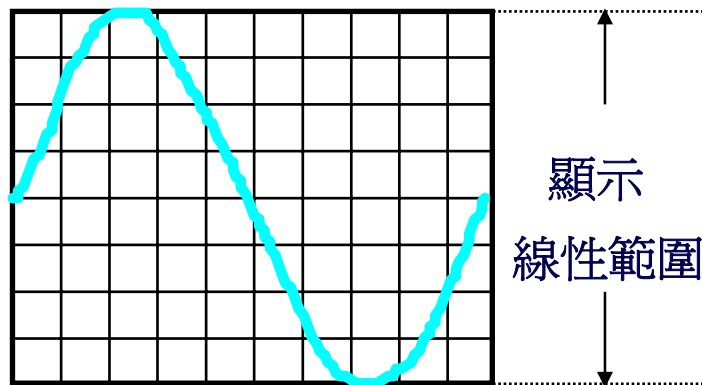
數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

線性範圍與過載恢復

示波器的線性範圍可有兩種定義

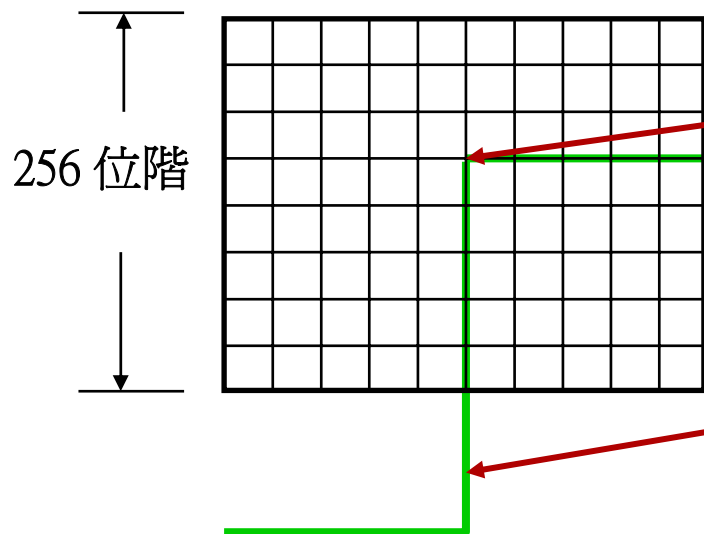
- **系統線性範圍**：有時定義為輸入靈敏度，譬如範圍從1mV/每格到10V/每格，在這個範圍內，其測量精確度固定，例如 1%
- **顯示線性範圍**：是指在一個螢幕顯示範圍內的線性度，也就是從螢幕的最下方到最上方內，所有測量值都需有同一精確度



系統線性範圍
(輸入靈敏度)

線性範圍與過載恢復

- 過載恢復：是指輸入示波器的訊號，超過顯示線性範圍使得系統過載，此時示波器必須有恢復顯示線性範圍的能力，否則由於示波器工作在非線性區，致使測量到的訊號產生極大的誤差
- 過激(Overshoot)及下激(Undershoot)：在測量脈波訊號時，必需用到過載恢復功能

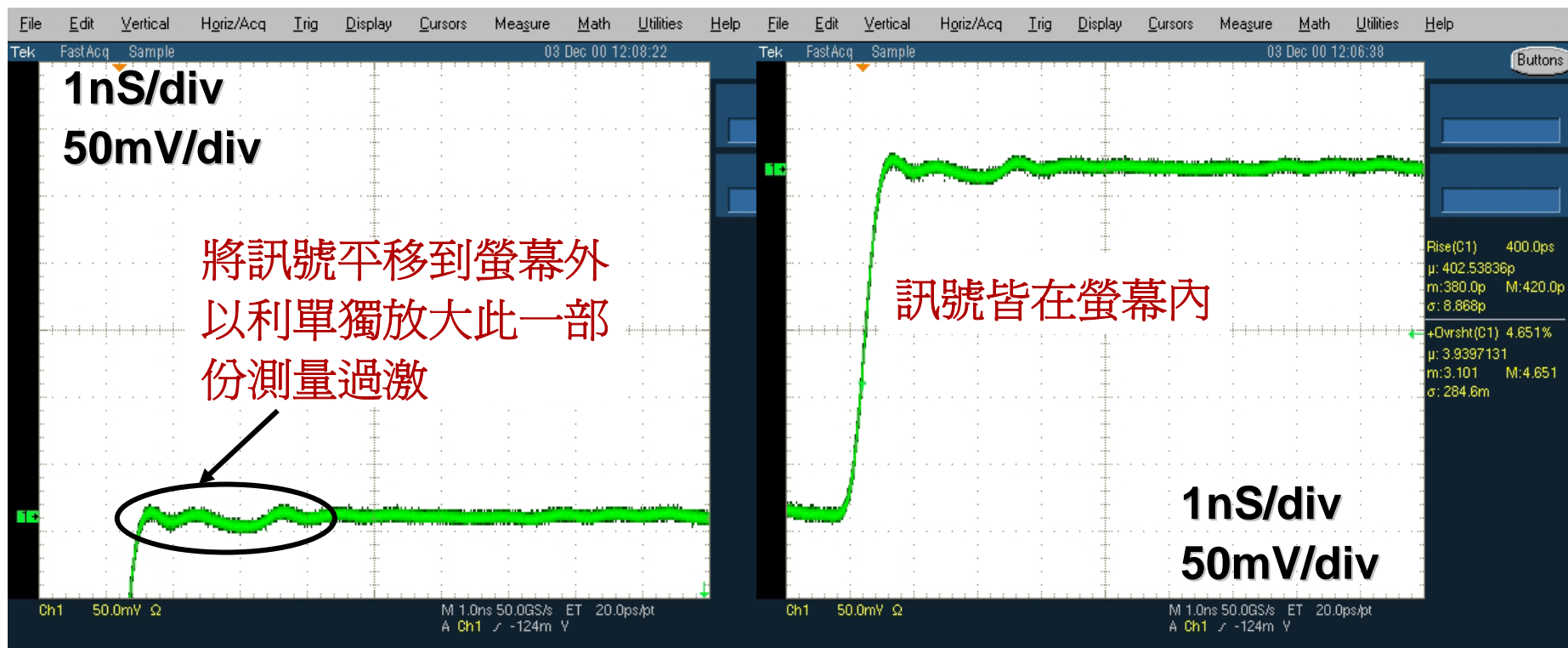


放大此一部份來仔細測量過激
(不可以縮放(Zoom)的功能來觀察，
因解析度不夠會造成測量誤差)

螢幕外的訊號造成示波器
顯示線性範圍的過載

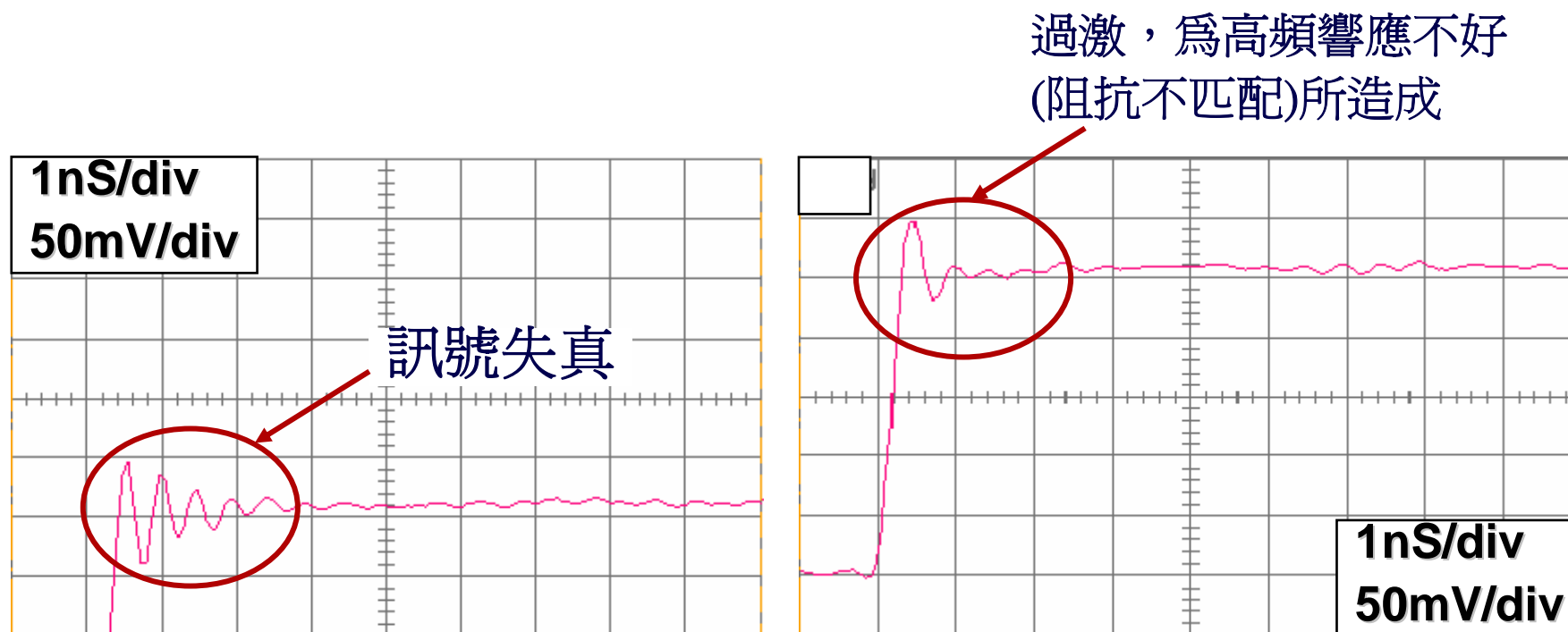
線性範圍與過載恢復

測量實例：示波器的過載恢復功能良好，訊號沒有失真



線性範圍與過載恢復

測量實例：示波器的過載恢復功能不佳，造成訊號失真
(測試脈波訊號與上一頁相同)



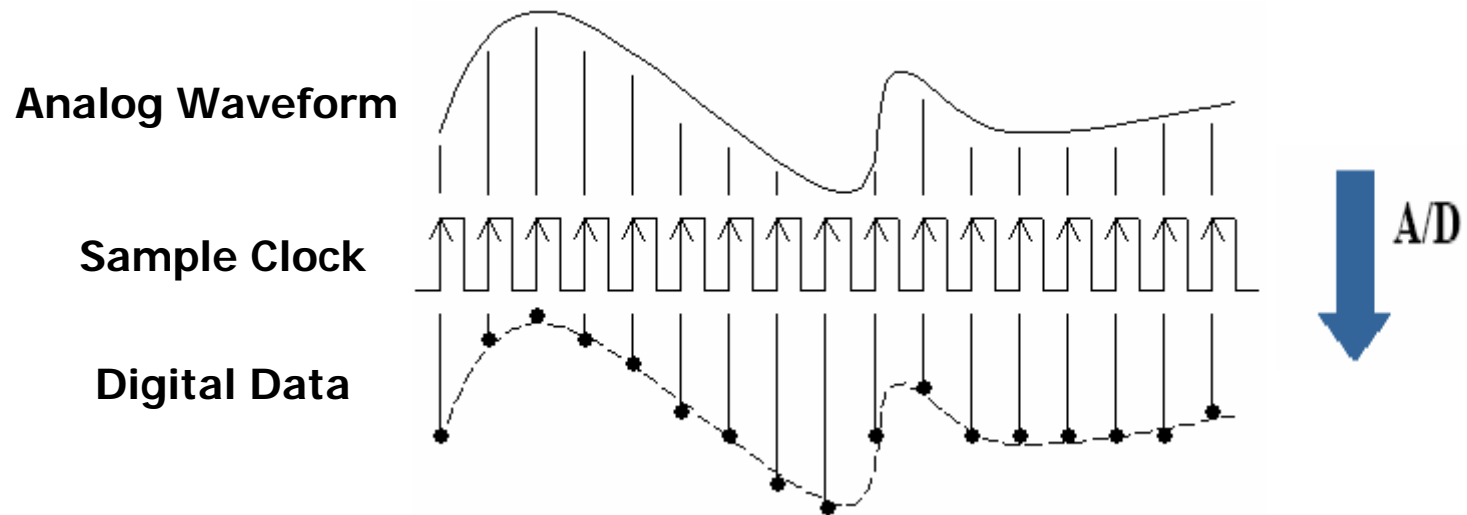
數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- DPO顯示 (DPO Display)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

取樣率 (Sampling Rate)

◎取樣 → 將類比訊號的連續軌跡，轉為等時間輸出的數位資料。

*取樣率為示波器的主要規格，水平解析度高低亦決定於取樣率大小。

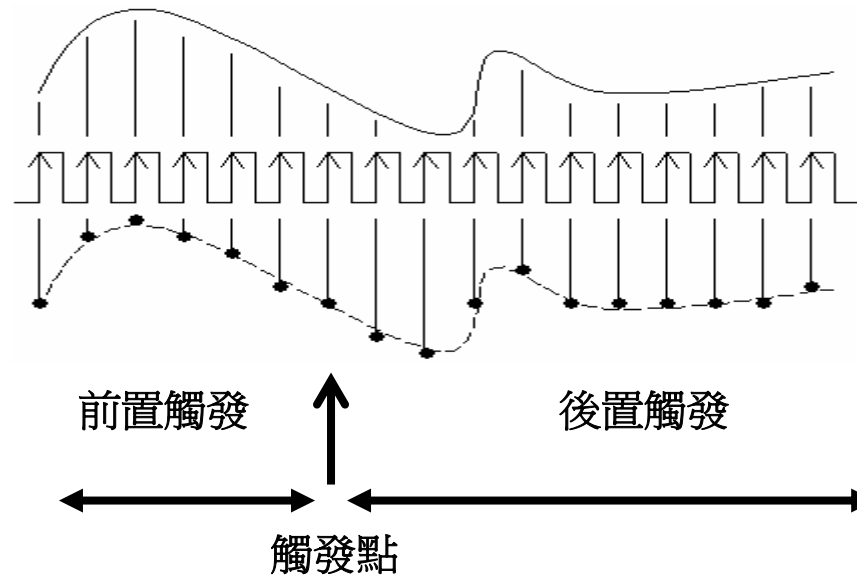


◎取樣方式

- *即時取樣(Real Time)
- *等時取樣(Equivalent Time)
 - 順序(Sequential)
 - 隨機(Random)

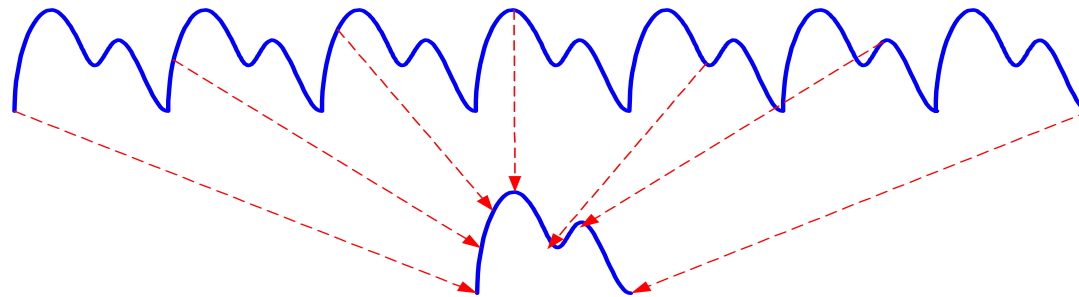
即時取樣

- ◎信號輸入示波器，觸發後，一次取樣完成所要的資料。
- ◎可選擇前置及後置觸發的長短。
- ◎具有相同的取樣時間間隔。
- ◎基於Nyquist理論，取樣率最少要大於輸入信號頻寬的2倍。現實中，以太克的示波器為例，配合 SinX/X 的內插(Interpolation)技術，可以2.5倍的取樣率將訊號還原。
- ◎適用於擷取突發或間歇性信號(Single shot)。



等時取樣

等時取樣 → 利用重覆取樣技術，經過許多觸發擷取循環，來重組一週期性高頻波形。



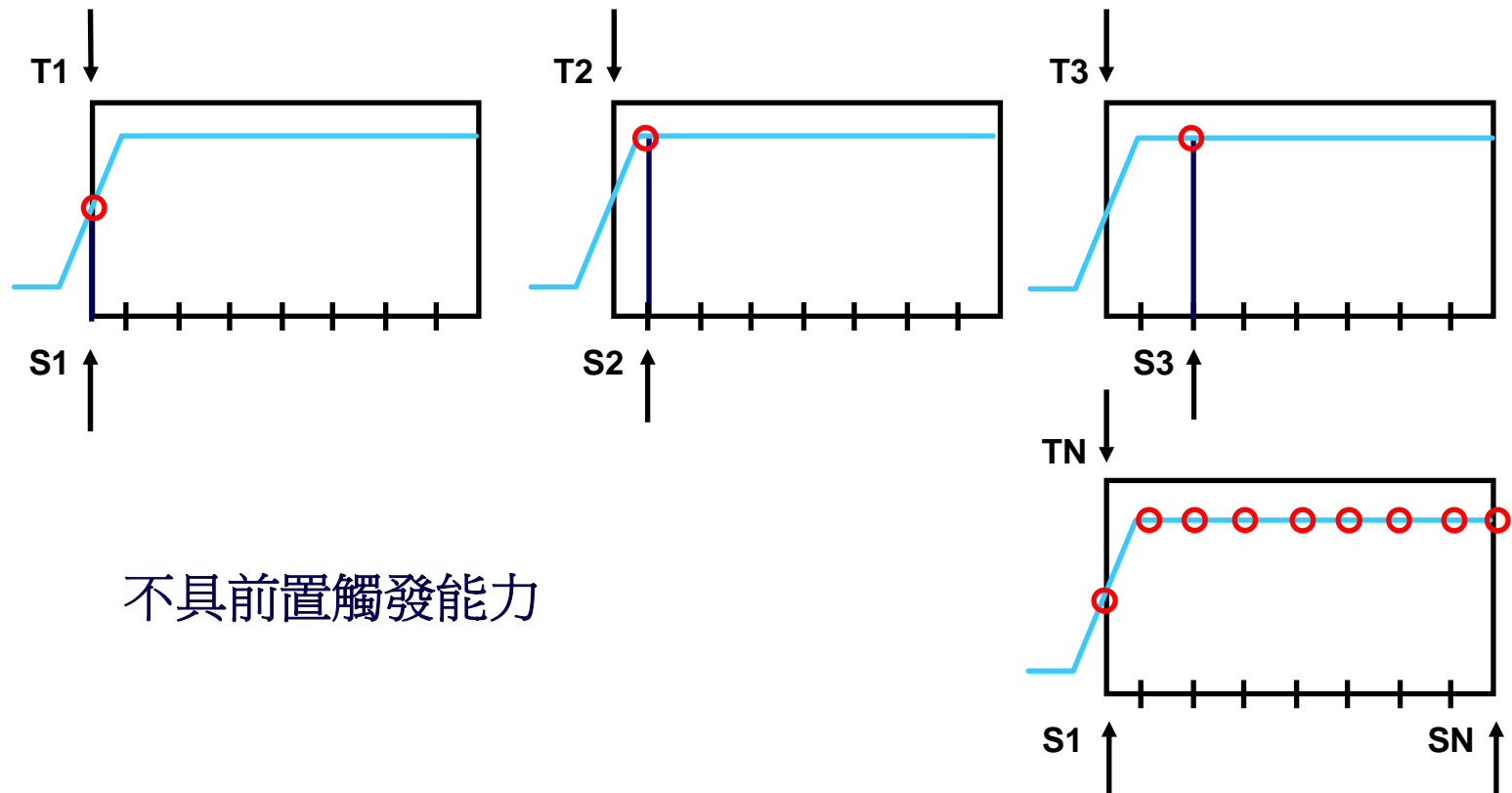
特點：

- * 適用於週期性信號。
- * 取樣頻率低於輸入信號頻率。
- * 提供週期性信號更高的時間解析度。
- * 兩種取樣技術。
 - 順序取樣(Sequential Equivalent Time Sampling)。
 - 隨機取樣(Random Equivalent Time Sampling)。

等時取樣

1. 順序取樣技術

- 在每一個觸發點之後，從時序上累積取樣點
- 每一個觸發，擷取一個取樣點

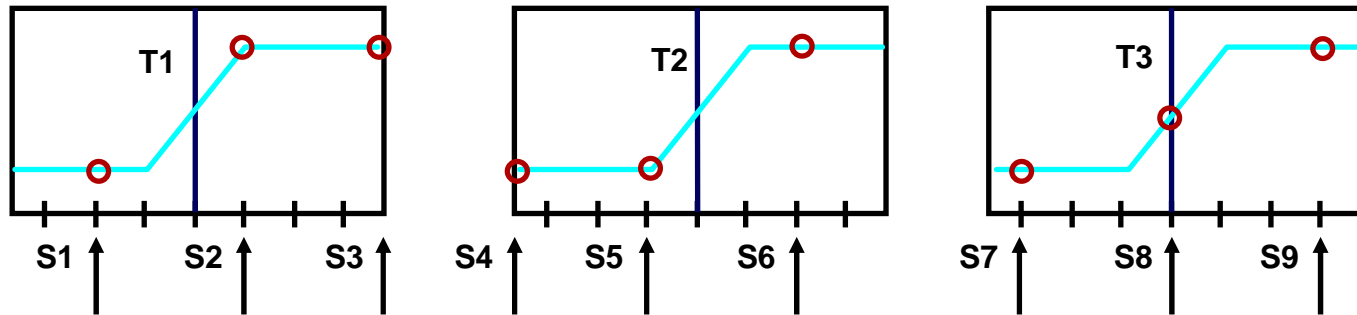


不具前置觸發能力

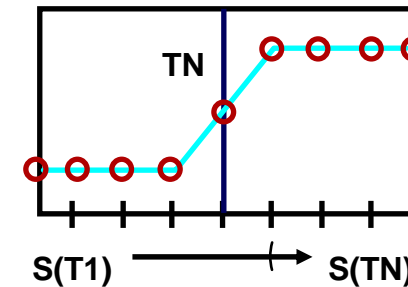
等時取樣

2. 隨機取樣技術

- 在每一個觸發點之前及之後，從時序上累積取樣點
- 爲了能夠使取樣點，在顯示記憶體內位置正確，從觸發點到下一取樣點的時間，必需被測量
- 每一個觸發，擷取多個取樣點，提供更快的更新率

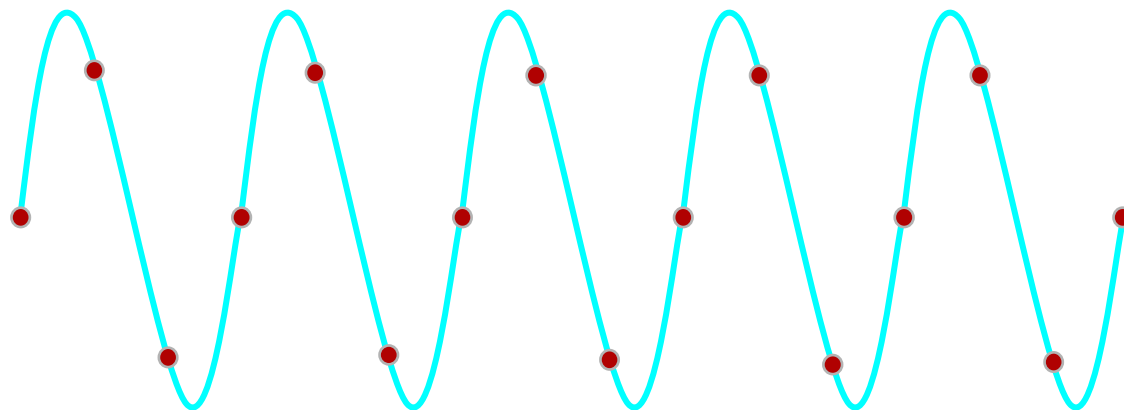


可具有前 / 後置觸發能力



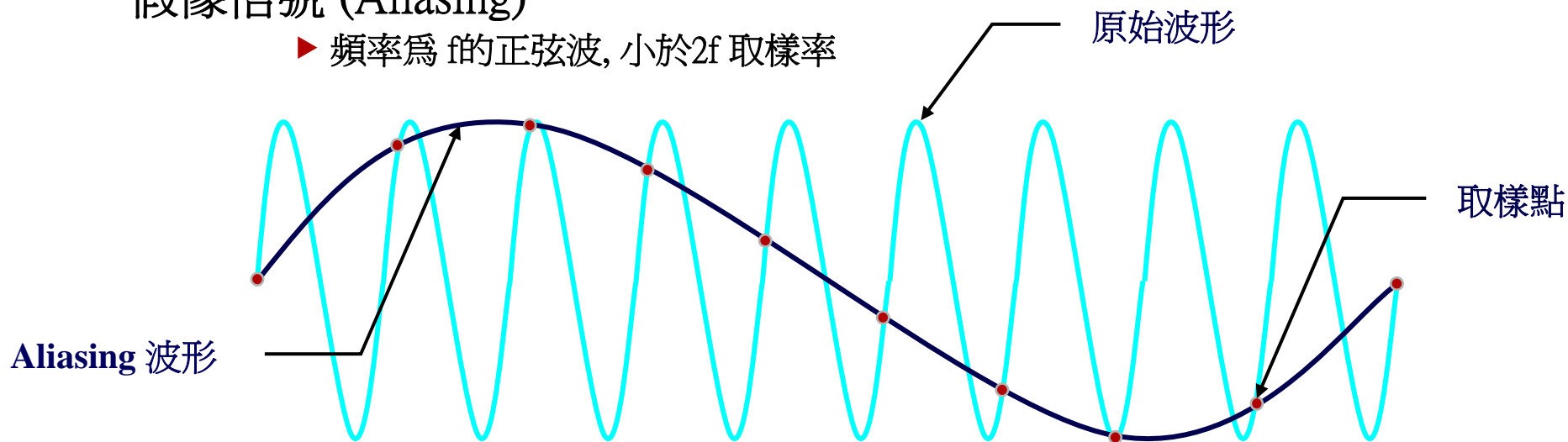
假像信號 (Aliasing)

實際線路須大於 $2f$ 取樣率(譬如 $2.5f$), 方能還原頻率為 f 的正弦波



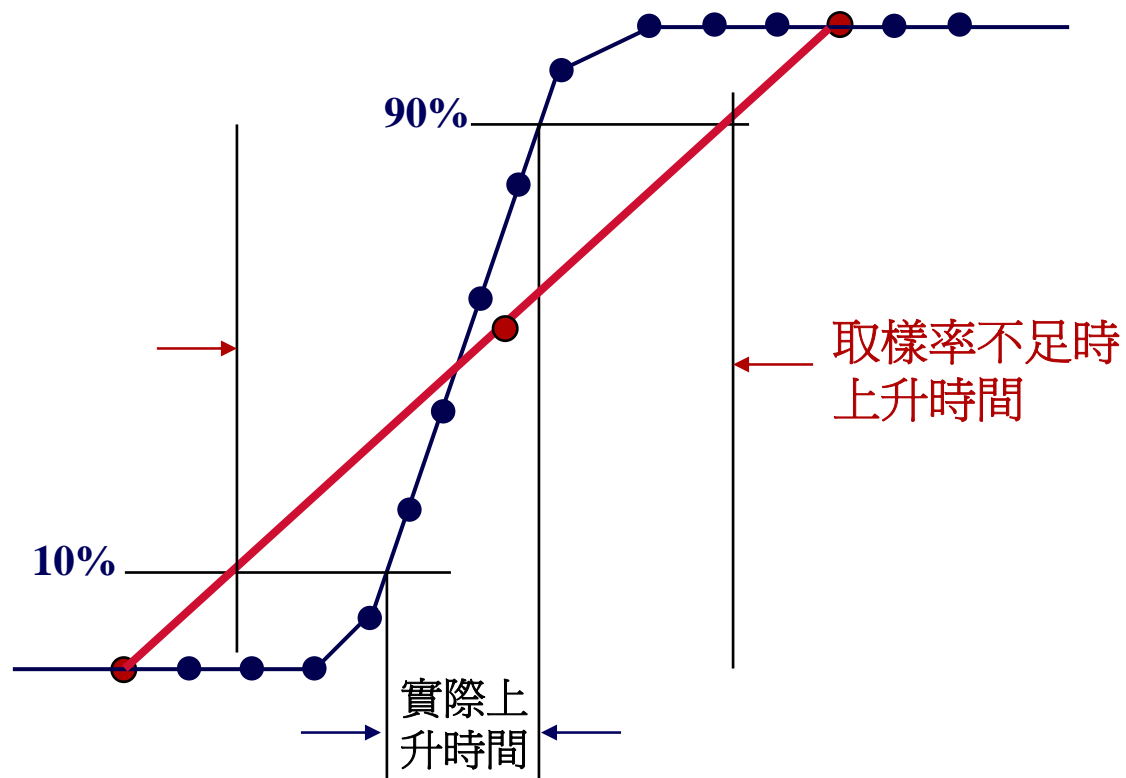
假像信號 (Aliasing)

▶ 頻率為 f 的正弦波, 小於 $2f$ 取樣率



取樣率

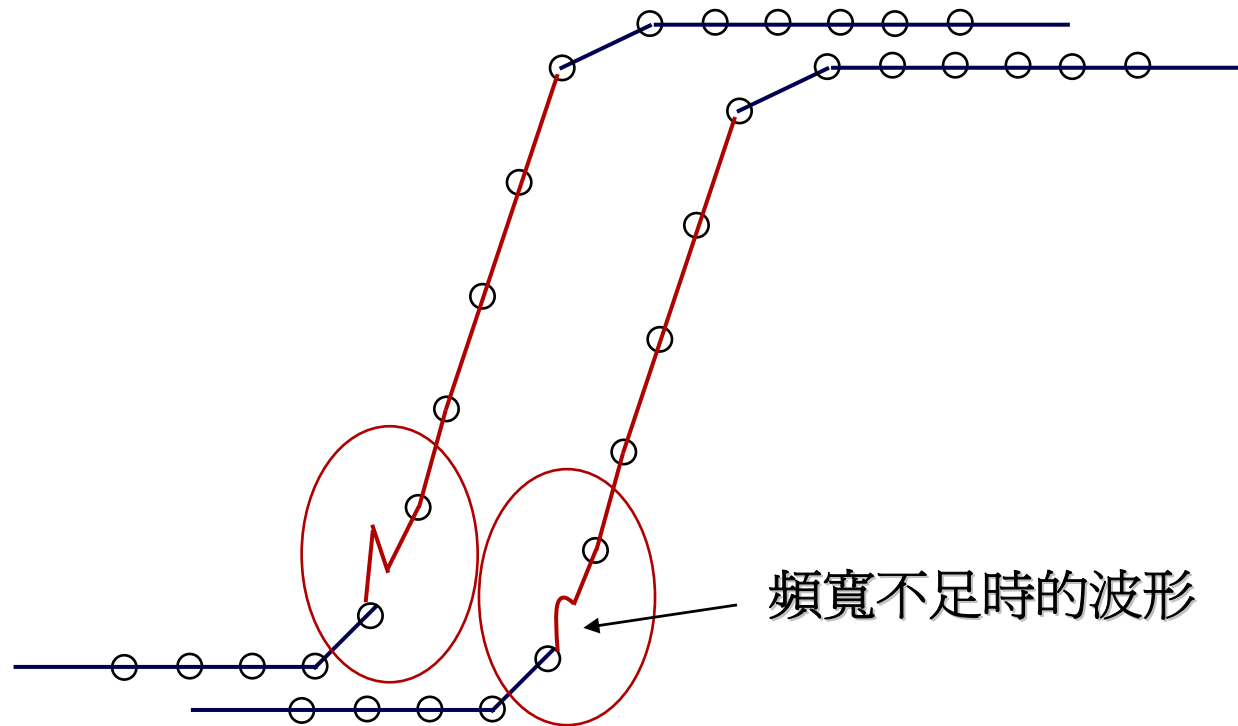
- 取樣率不足使量測上升時間產生誤差



頻寬與取樣率

針對突波(glitch)這種非常高頻寬訊號

- ▶ 需用**高頻寬示波器**，方能擷取到此波形
- ▶ 配合**適當**取樣率(即時取樣)

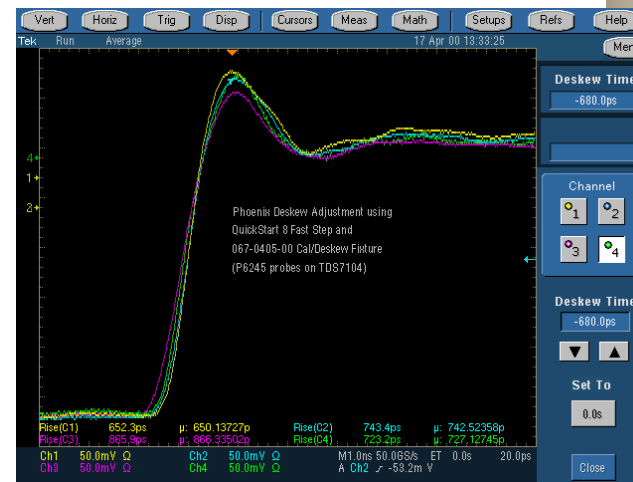
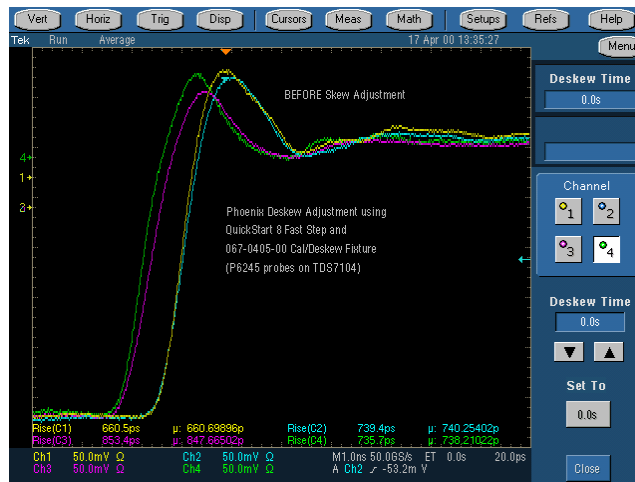
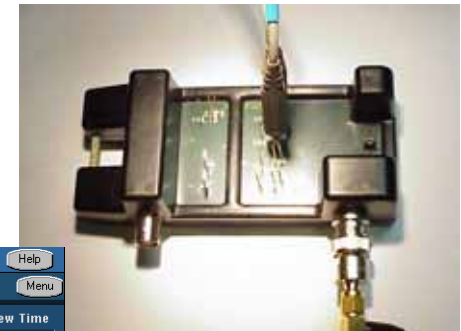


數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

波道數 & 波道補償

- ▶ 波道數 → 即示波器所能接收外界訊號之通道數目。
 - ◎ 一般示波器輸入波道數有：
 - 4 Channel / 4 Channel + 1 Channel (AUX Trigger)
 - 2 Channel / 2 Channel + 2 Channel (AUX Trigger)
- ▶ 波道補償為消除外部的時序誤差, (電纜延遲, 不匹配探棒等等.)
 - 增加時序量測的準確度
 - 須要電壓電流相位參數的電力測量
 - 太克示波器內含的功能(Vertical → Deskew)



* Use A Fast Signal Generator To Fine Tune The Alignment Of The Measurement System

波道數與取樣率

- ◎ 一般示波器使用越多波道數，則其取樣率會隨著下降，例如
DPO7000及TDS7000B系列：(以DPO7254 為例)
 - DPO7254最大即時取樣率為40GS/s，這是針對1 Channel
時的規格.
 - 2 Channel : 20GS/s
 - 3~4 Channel : 10GS/s

- ◎ 但也有示波器使用多波道時，其取樣率不變，例如TDS6000B/C
及DPO70000系列：(以DPO70804 為例)
 - DPO70000示波器，使用1~4 Channel，都可達到最大
即時取樣率25GS/s.

數位示波器的主要規格與特性

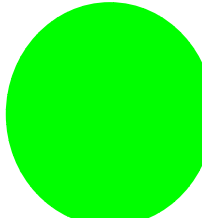
- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

記憶體深度 (Memory Depth)

操作時以記錄長度(Record Length)來表示

- ▶ 以點(Point)為單位來記錄波形
- ▶ 示波器儲存取樣點資料
- ▶ 記錄長度可從數千點到數十億(400M)點
- ▶ 在相同取樣率的條件下，記錄長度愈長，記錄的時間愈長

$$\text{記錄時間} = \text{取樣區間}(1/\text{取樣率}) \times \text{記錄長度}$$

Duration	<u>Record Length</u>	<u>Sample Rate</u>	Resolution
20 us	500 Samples	 固定	40 ns/pt
200 us	5000 Samples		40 ns/pt

數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

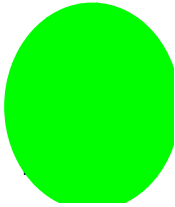
取樣率 vs. 時基(Time Base) vs. 記錄長度

水平解析度

- ▶ 兩個取樣點間的時間(取樣區間)是最小的水平解析度
- ▶ 取樣區間 = 1/取樣率
- ▶ 因此在取樣率為50MS/s時，水平解析度為 $1/50\text{MS} = 20\text{ns/pt}$

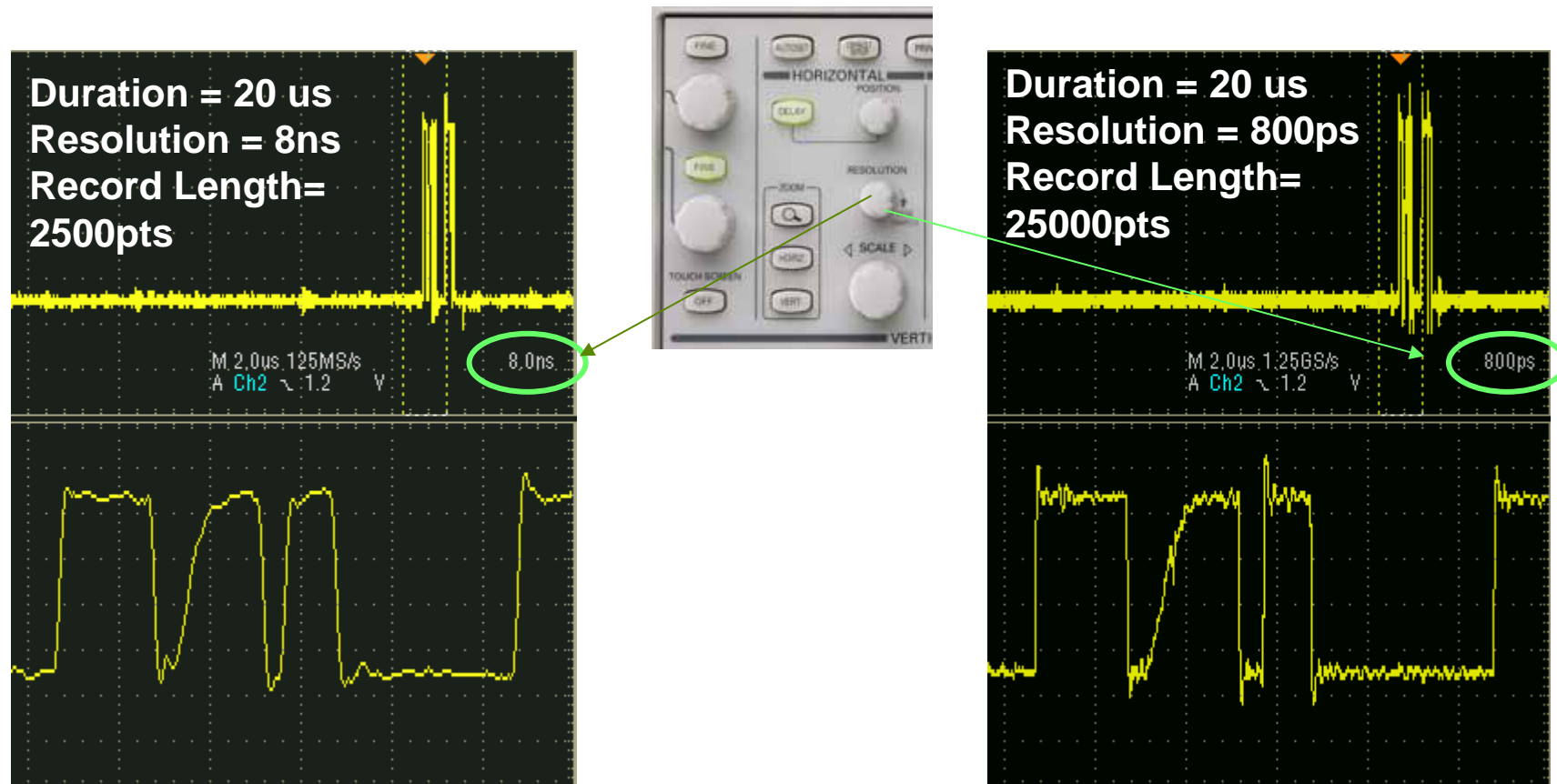
在一個固定的記錄時間內要想改進水平解析度有兩個方法：

- ▶ 更高的取樣率(或速度)
- ▶ 更長的記錄長度(或記憶體)

Duration	<u>Record Length</u>	<u>Sample Rate</u>	Resolution
 固定	500 samples	25 MS/s	40 ns/pt
	5000 samples	250 MS/s	4 ns/pt

取樣率 vs. 時基(Time Base) vs. 記錄長度

TDS7000系列加一個解析度旋鈕，可在固定的記錄時間內改變水平解析度及記錄長度，使擷取訊號內更細微的變化無所遁形



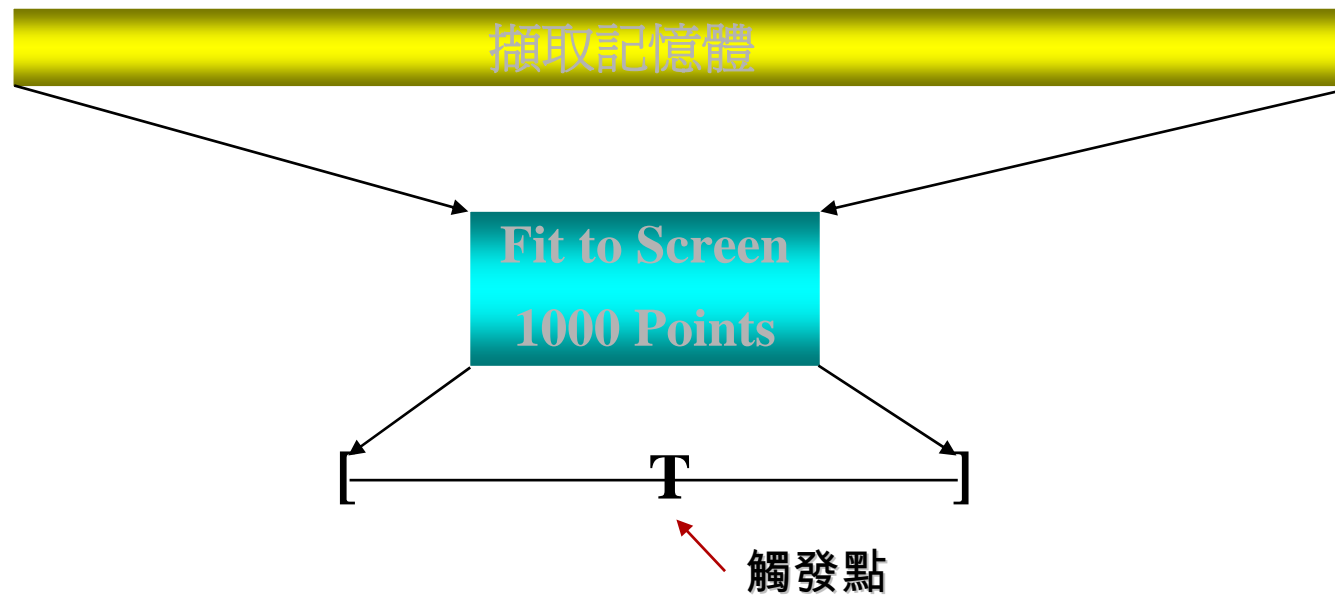
數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

顯示模式

▶ 壓縮模式 (Fit to screen ON)

- ▶ 將所有記錄在記憶體內的資料壓縮在螢幕上
- ▶ 一個螢幕可顯示1000點，故壓縮比率由記憶體長度自動決定
- ▶ 可以ZOOM的方式來仔細觀察特定部位波形

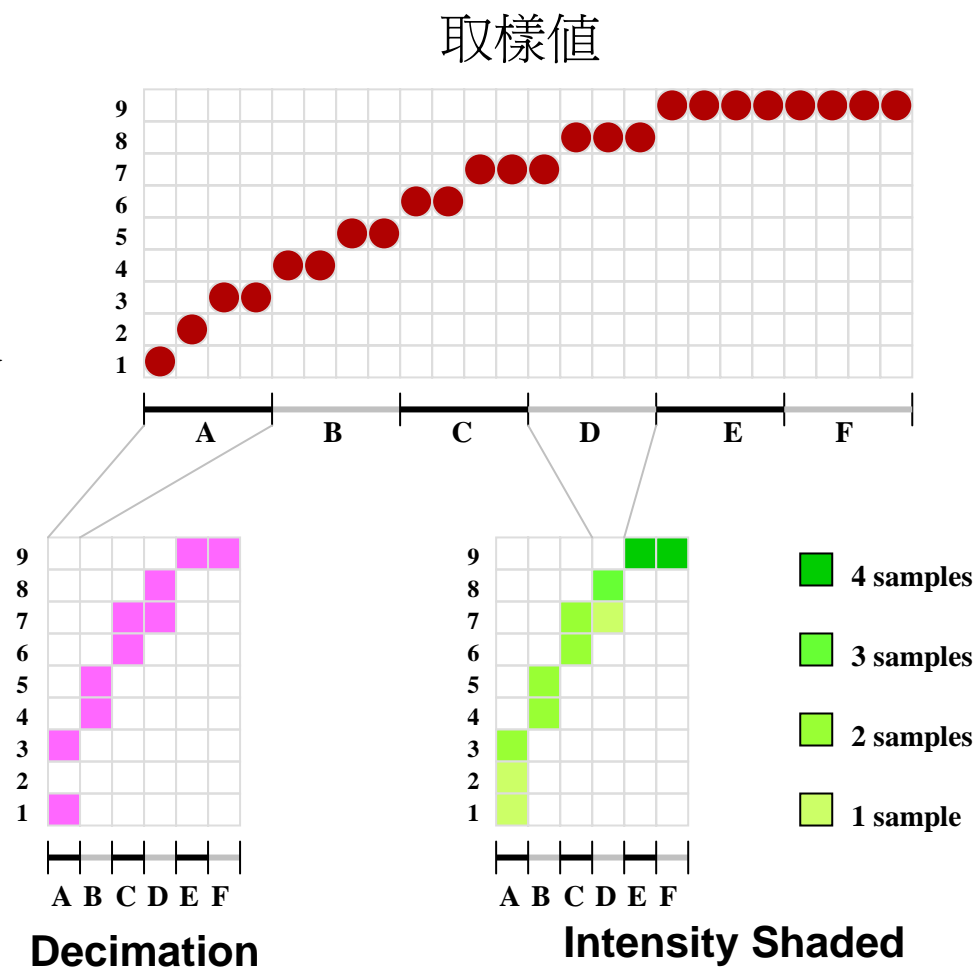


顯示模式

壓縮有兩種方式：

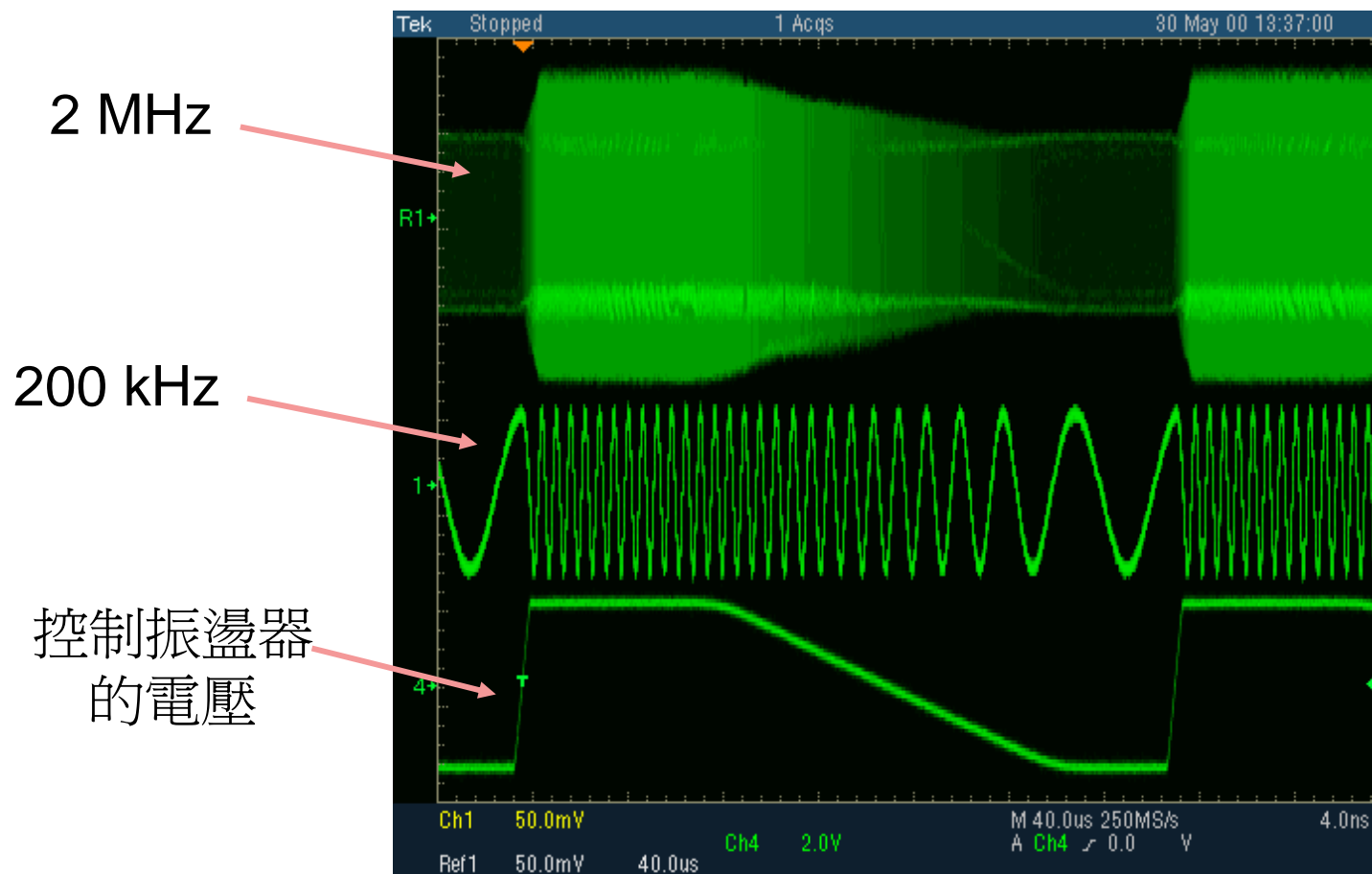
- 最大最小值壓縮(Decimation)
 - 只顯示四個取樣值中的最大最小值
- 強度階層壓縮(Intensity Shaded)
 - 將不同的取樣值以不同的強度階層來表示
 - Tek7XXXX系列獨有的創新功能

右圖為將四個取樣值，壓縮成一個顯示點 (2000點記錄長度)



顯示模式

以強度階層壓縮顯示模式顯示一VCO掃瞄信號



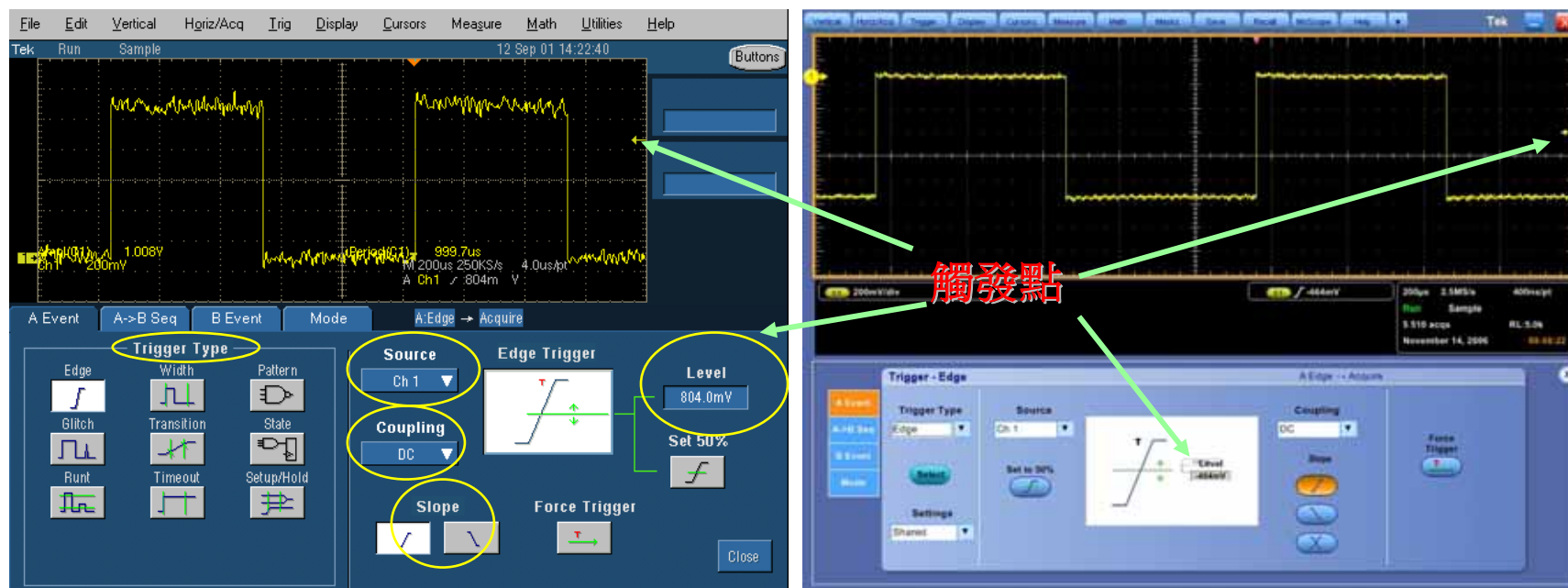
數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

觸發 (Trigger)

數位示波器提供多種觸發型式，類比示波器僅有邊緣觸

- ▶ 觸發的設定是經由觸發位準、來源、耦合方式、斜率及型式
- ▶ 耦合方式可分為直流(DC)、交流(AC)、高頻拒絕(HF Reject)、低頻拒絕(LF Reject)及雜訊拒絕(Noise Reject)



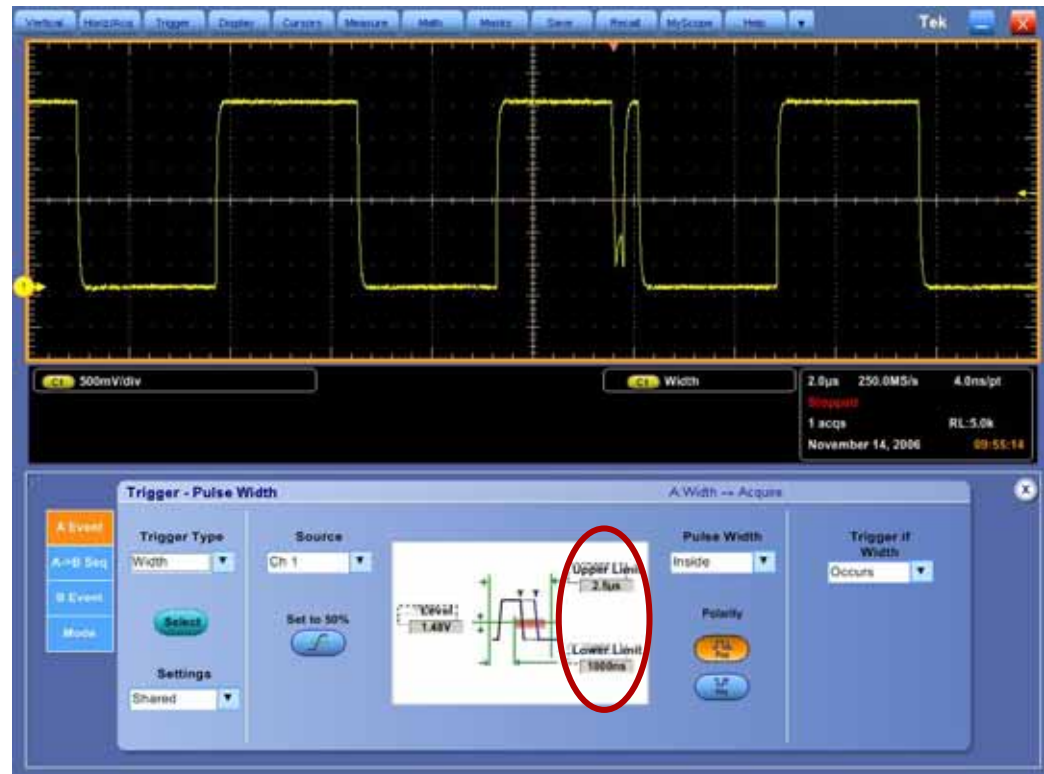
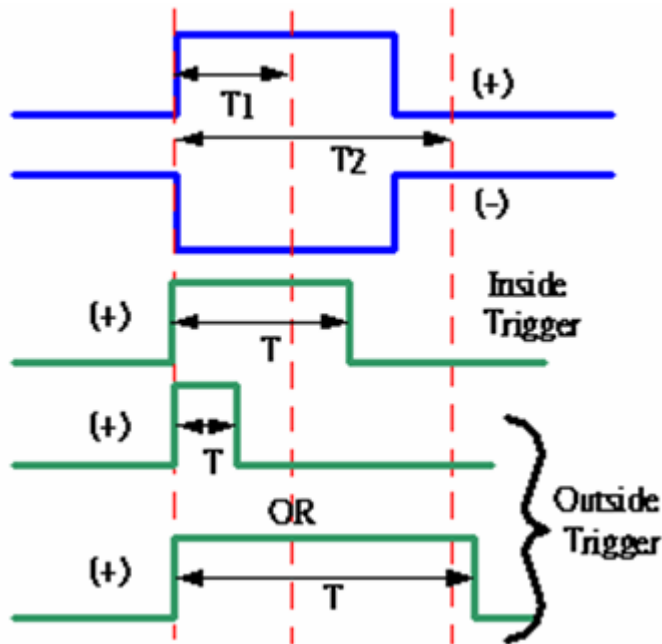
觸發

▶ 示波器觸發型式

- 邊緣 (Edge)
- 脈波 (Pulse)
 - ▶ 脈波寬 (width), 突波 (glitch), 矮波 (runt), 轉態(Transition或稱轉動率 (slew rate)), 超時 (timeout), 視窗 (Window)
- 邏輯 (Logic) (AND, OR, NAND, NOR)
 - ▶ 設定/保持(setup/hold), 圖樣 (Pattern), 狀態 (State)
- 視訊 (TV / Video)
 - ▶ 圖場選擇
 - ▶ 水平線計算
- 通訊 (Communication) (option)
 - ▶ ITU-T, TI102, SDH/SONET, Fiber Channel, Ethernet, PCI-E, SATA, XAUI
- 序列資料觸發 (Serial Pattern Trigger)
 - ▶ GB Ethernet, FC133/266/531/1063, DVB_ASI, RapidIO 500M/750M/1.0G, Custom...
- 低速串列訊號 (Low Speed Serial Bus)
 - ▶ I2C , CAN BUS , SPI, RS232

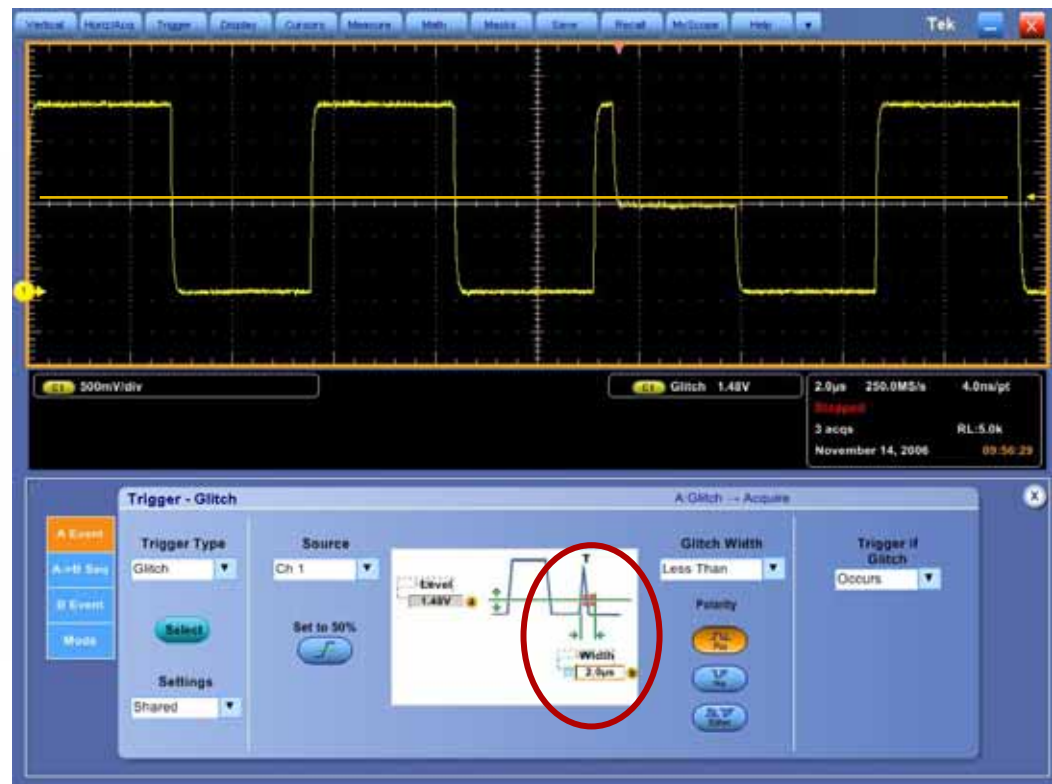
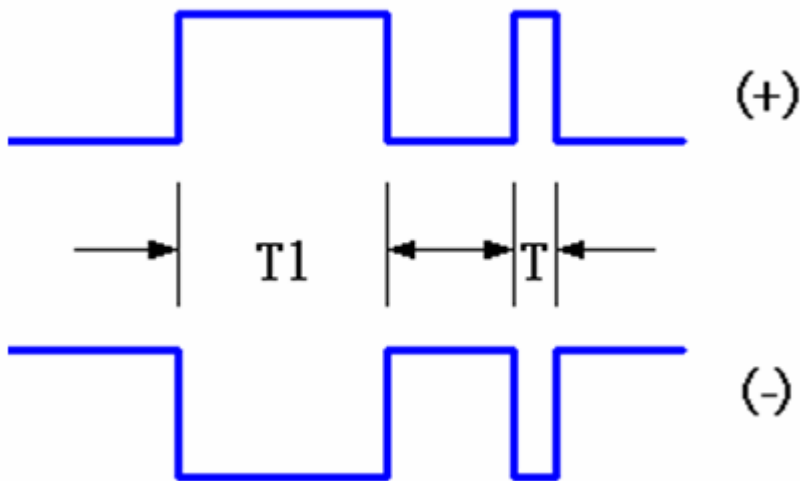
脈波寬觸發(WIDTH)

- 擷取特定脈波寬訊號
- 先定義兩個脈波寬 $T1$ 及 $T2$ ， $T1 < T2$
- 脈波訊號的寬度 T ，當 $T1 < T < T2$ 時，觸發 -- 稱為內部(Inside)觸發，當 $T < T1$ 或 $T > T2$ 時，觸發 -- 稱為外部(Outside)觸發
- 可選擇正或負脈波觸發



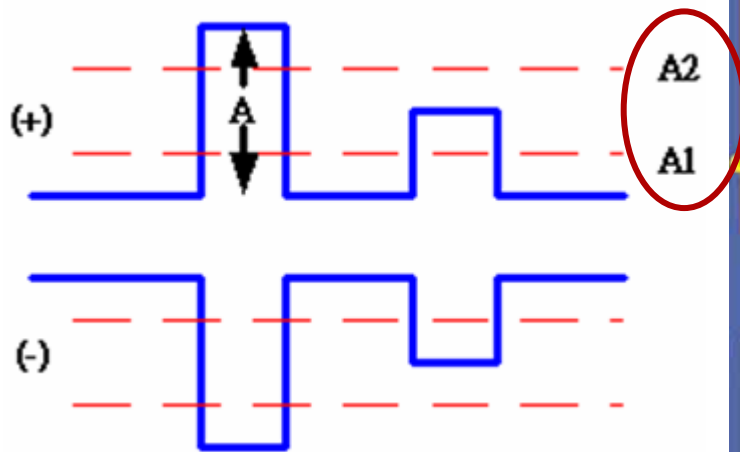
突波觸發 (GLITCH)

- 擷取脈波寬突然變窄的訊號
- 先定義一個脈波寬 $T1$
- 脈波訊號的寬度 T ，當 $T < T1$ 時，觸發
- 可選擇正或負脈波觸發



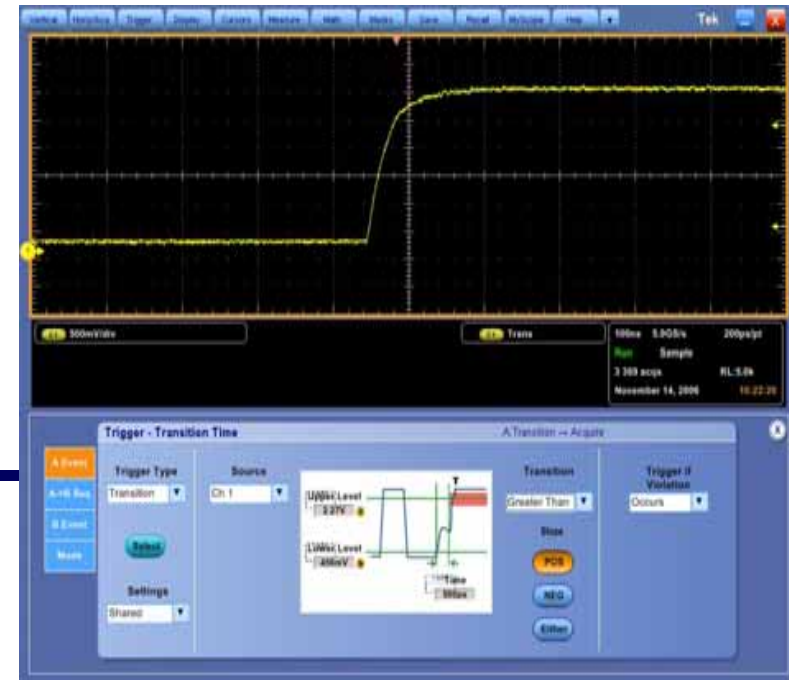
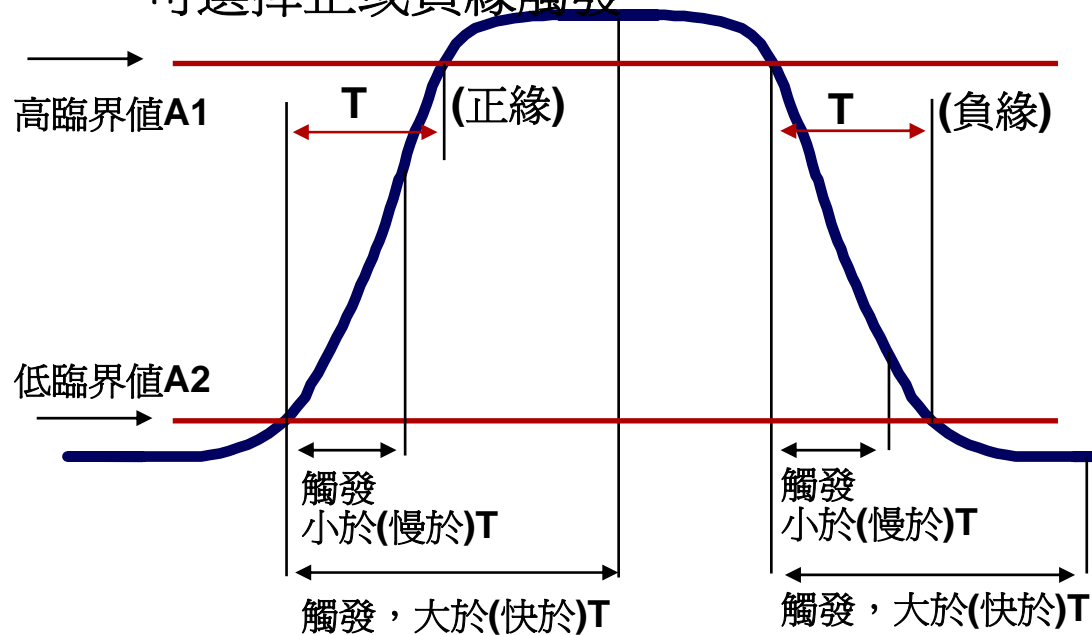
矮波觸發(RUNT)

- 擷取脈波振幅突然變小的訊號
- 先定義兩個振幅臨界(Thresholds)電壓A1及A2， $A1 < A2$
- 脈波訊號的振幅A，當 $A1 < A < A2$ 時，觸發
- 可選擇正或負脈波觸發
- 亦可設定最小脈波寬



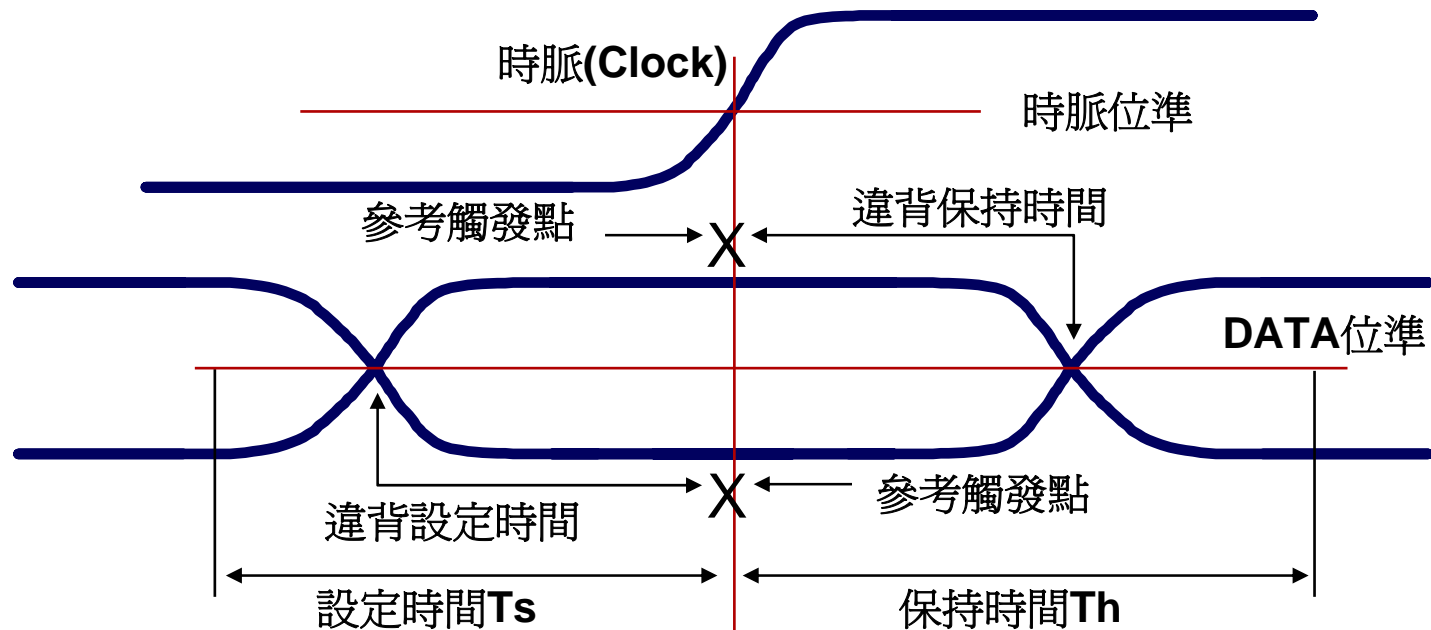
轉態(TRANSITION)觸發

- 擷取快速上升(下降)或緩慢上升(下降)的脈波訊號
- 先定義一個脈波的高臨界值A1及低臨界值A2，A1&A2的時間差為T
- 脈波訊號A1&A2間的上升(下降)時間，若小於(慢於)或大於(快於)T時，觸發
- 可選擇正或負緣觸發



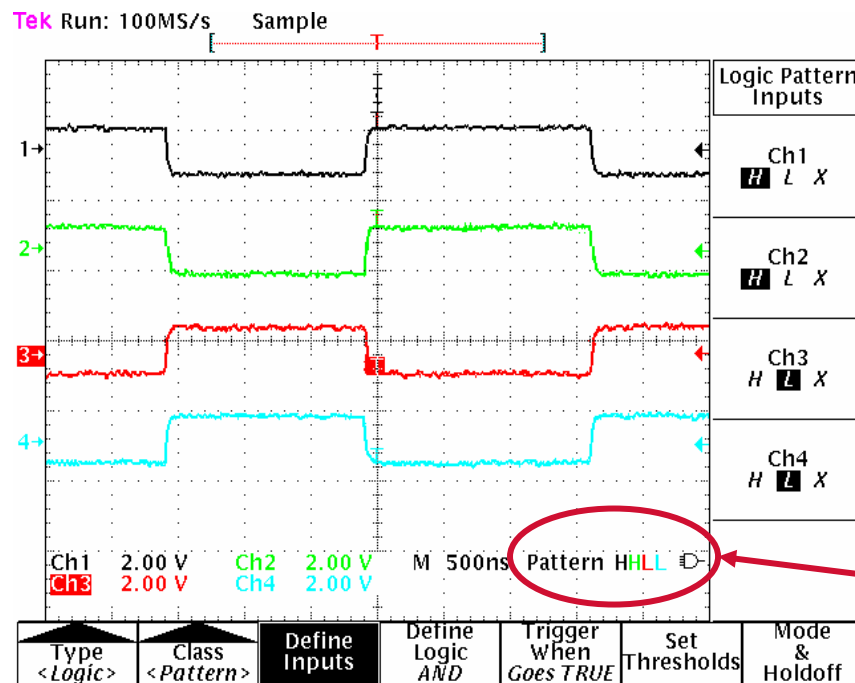
設定及保持觸發 (SET/HOLD TIME)

- 擷取違反設定 (SET) 及保持 (HOLD) 時間的數位訊號
- 需用到兩個 CH，分別為時脈 (CLOCK) 及資料 (DATA)
- 先定義 CLOCK 及 DATA 的位準，然後設定時間 T_s 及保持時間 T_h
- 任一 DATA 的設定或保持時間小於設定時，觸發



圖樣觸發(PATTERN)

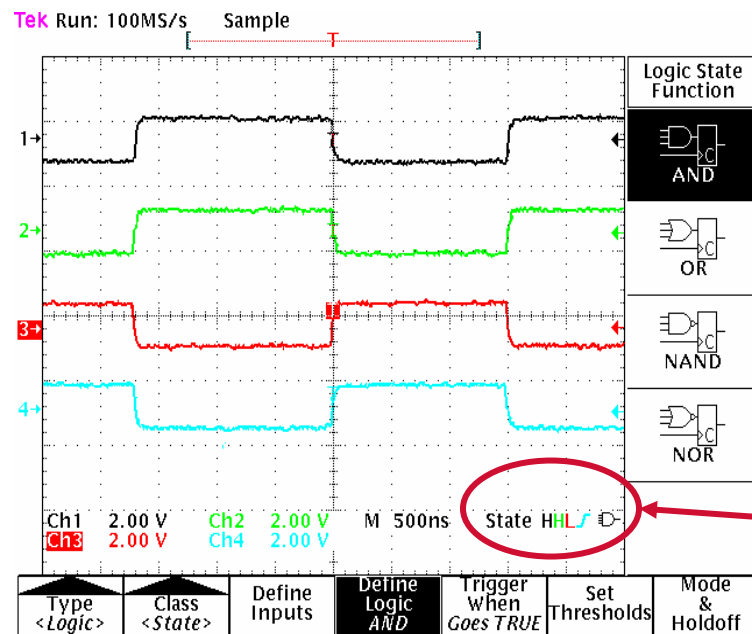
- 擷取特定的邏輯圖樣訊號
- 先定義各CH的邏輯位準(H, L, X), 邏輯閘種類(AND, OR, NAND, NOR), 和定義臨界值位準
- 定義各CH間邏輯圖樣真或偽的訊號→觸發



邏輯圖樣為HLL
及AND閘的觸發點

狀態觸發 (STATE)

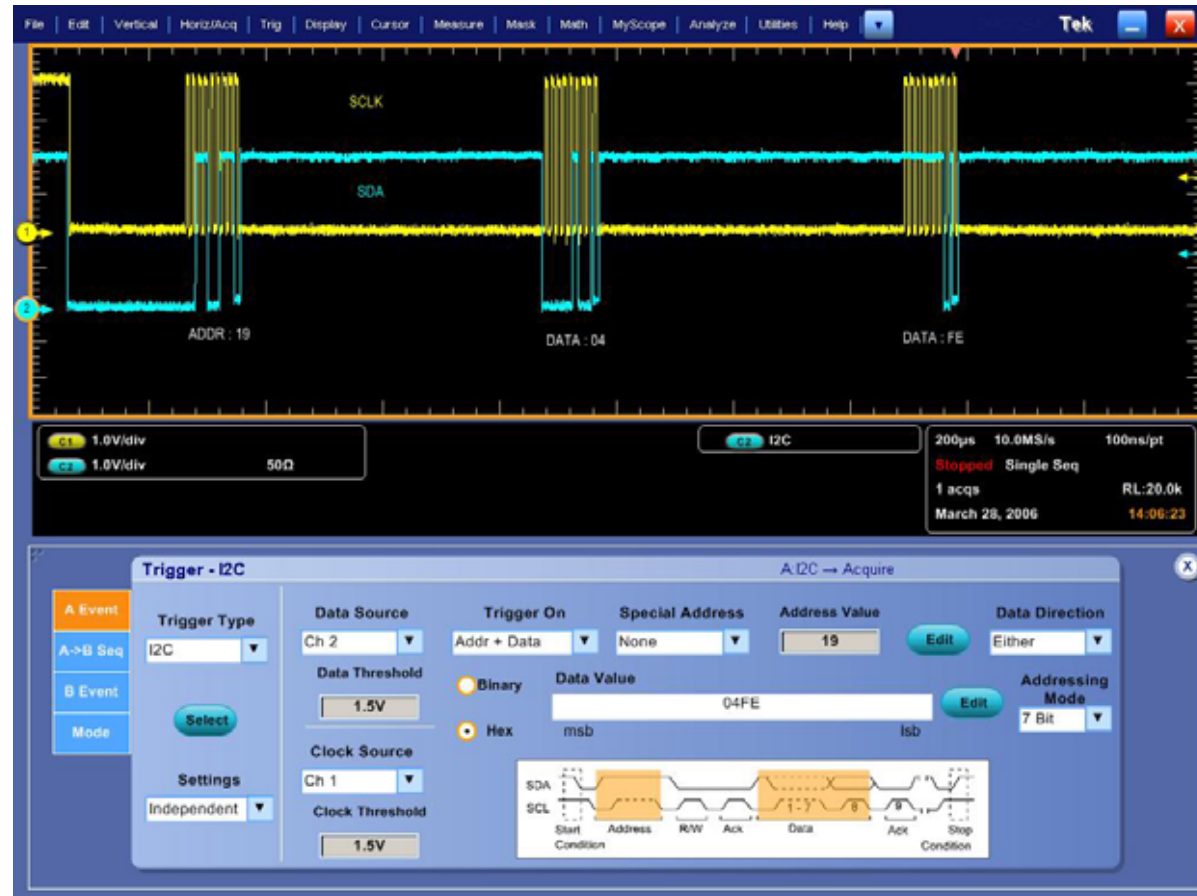
- 擷取特定的邏輯狀態含CLOCK訊號
- 以**CH4 CLOCK**訊號的正緣或負緣為觸發點
- 先定義其他**CH(1-3)**的邏輯位準(H, L, X), 邏輯閘(AND, OR, NAND, NOR)種類, 和定義臨界值位準
- **CLOCK**訊號的正或負緣觸發其他**CH(1-3)**邏輯狀態



波道4前緣觸發
邏輯狀態為H H L L
及AND閘的觸發點

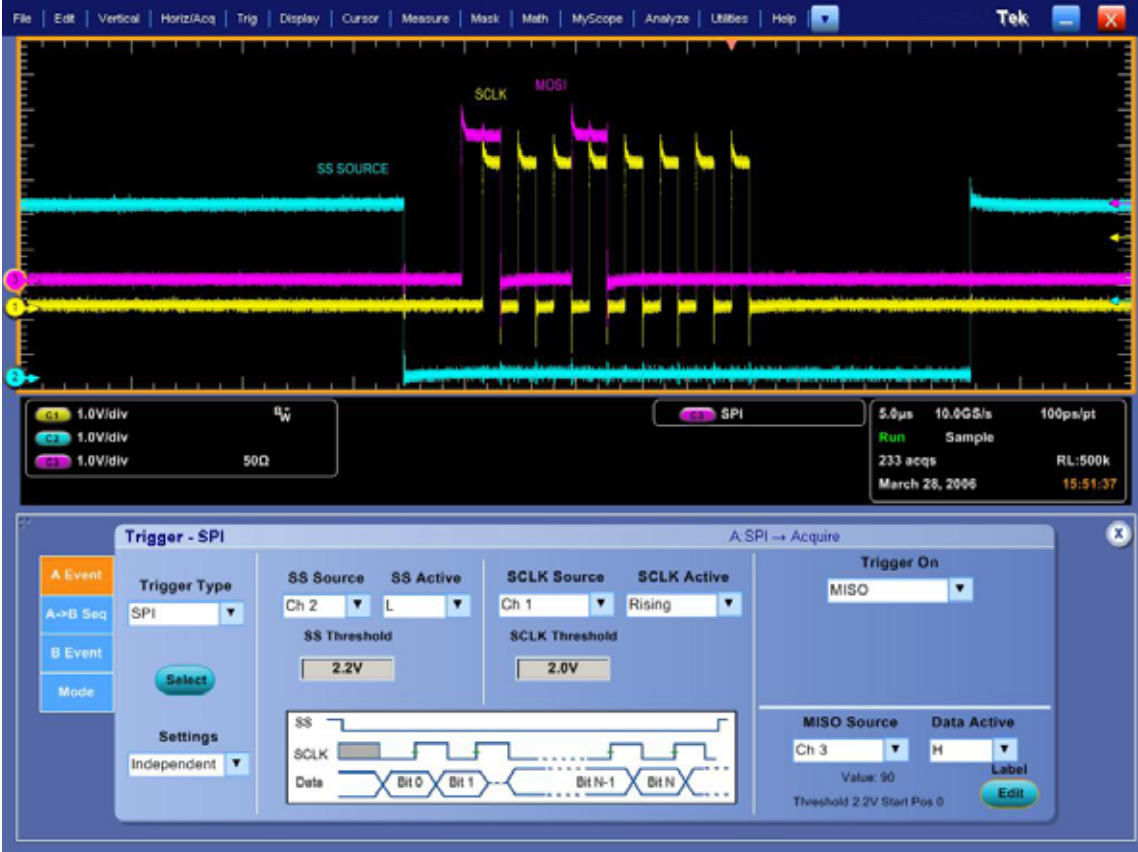
DPO7000 Series I2C Trigger Function

- ▶ Start
- ▶ Repeat Start
- ▶ Miss Ack.
- ▶ Addr. Read
- ▶ Addr. Write
- ▶ Data
- ▶ Addr.+Data
- ▶ Stop



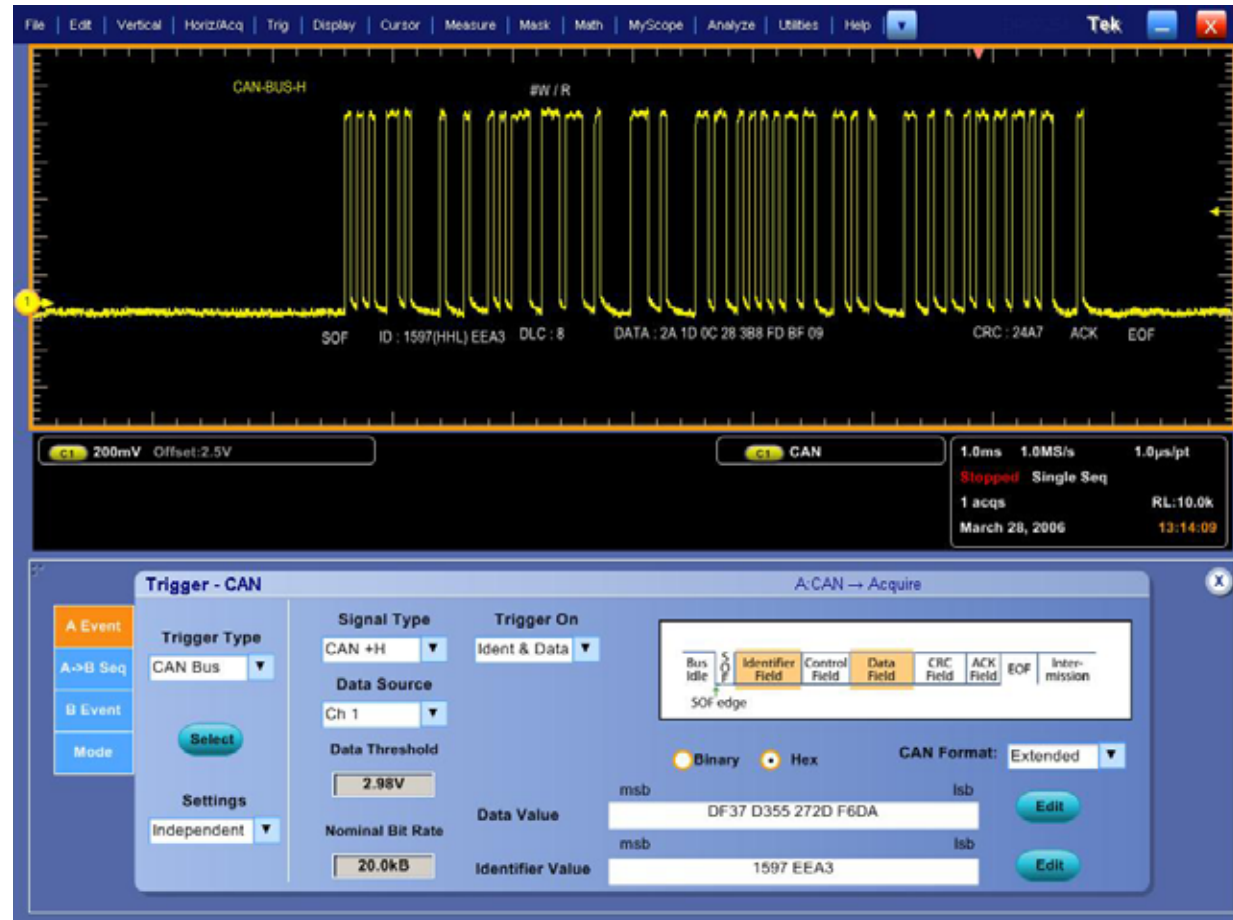
DPO7000 Series SPI Trigger

- ▶ SS Source (H/L)
- ▶ SCLk (Rising/Falling)
- ▶ MISO Source (H/L)

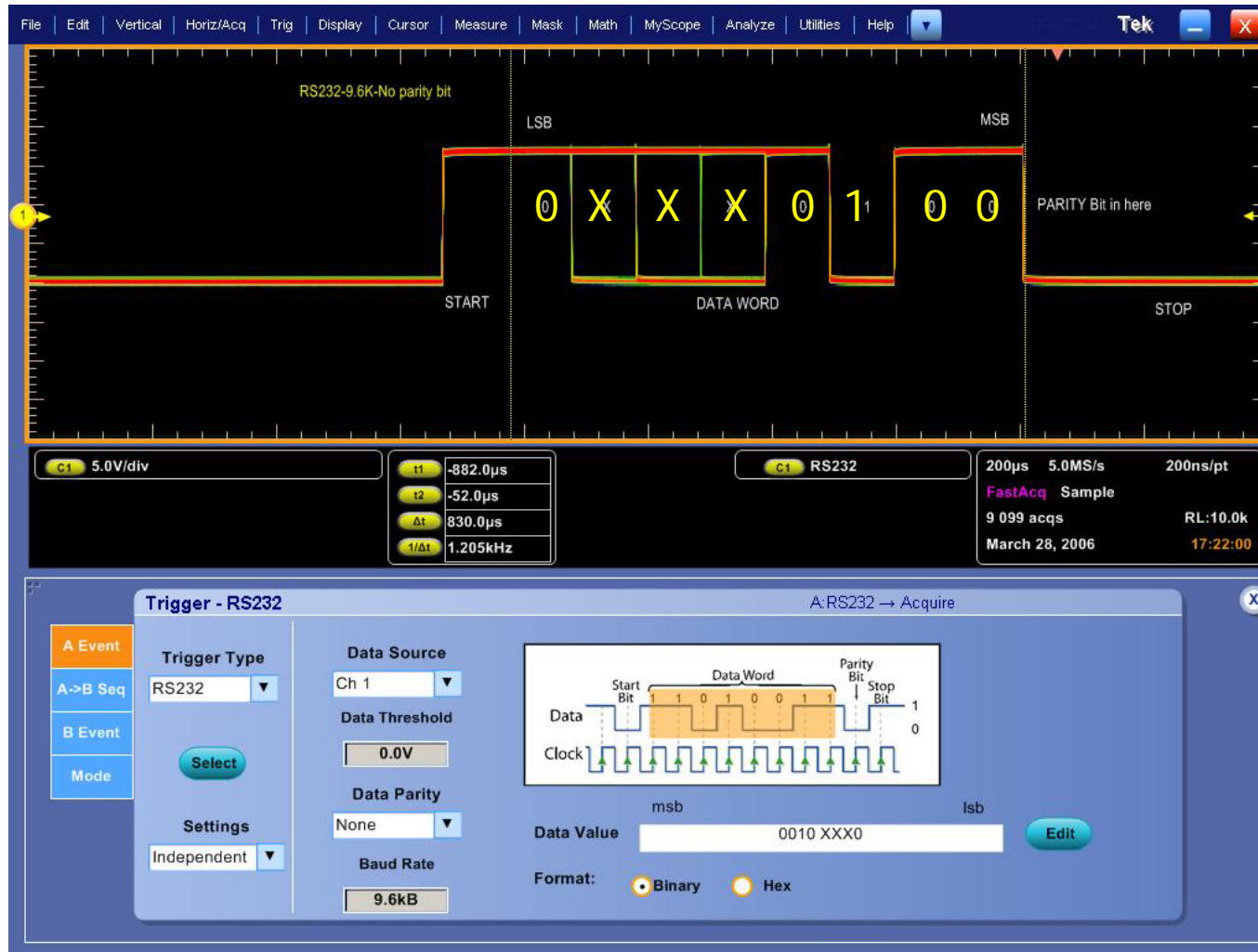


DPO7000 Series CAN-BUS Trigger

- ▶ SOF
- ▶ ID Read
- ▶ ID Write
- ▶ Data Frame
- ▶ Remote Frame
- ▶ ID + Data
- ▶ EOF



DPO7000 Series RS232



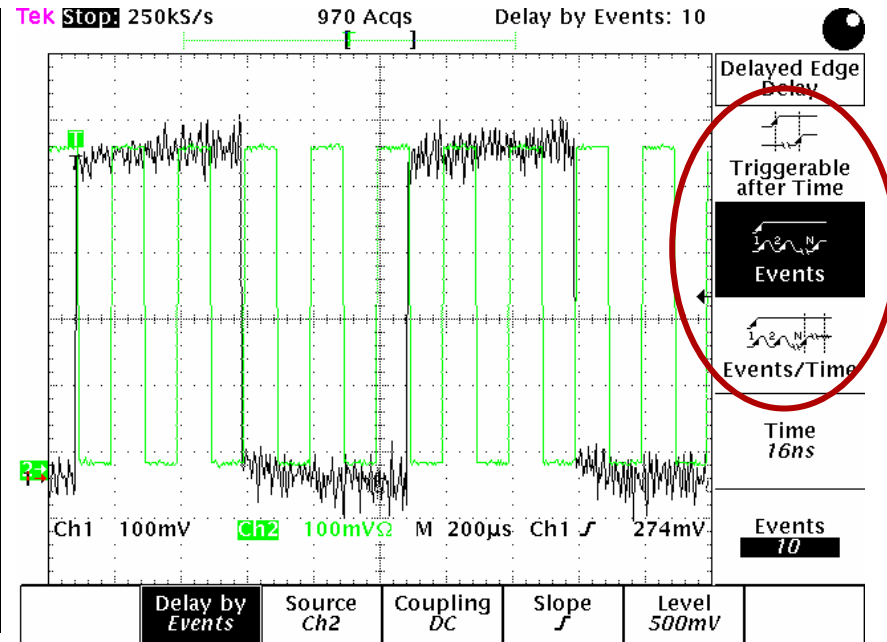
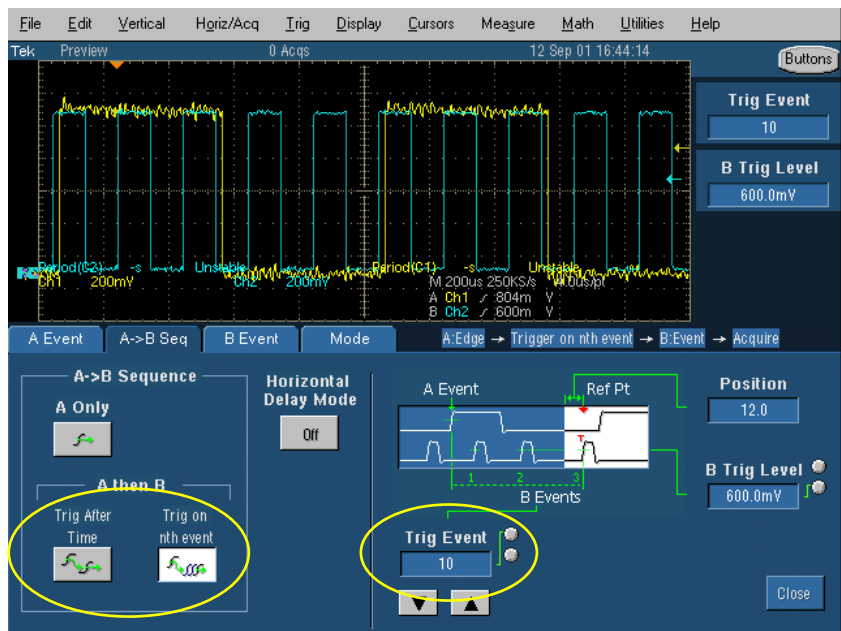
DPO7000 Series High Speed Serial Pattern Trigger (Up to 1.25G)

- ▶ User definable pattern 64 bits



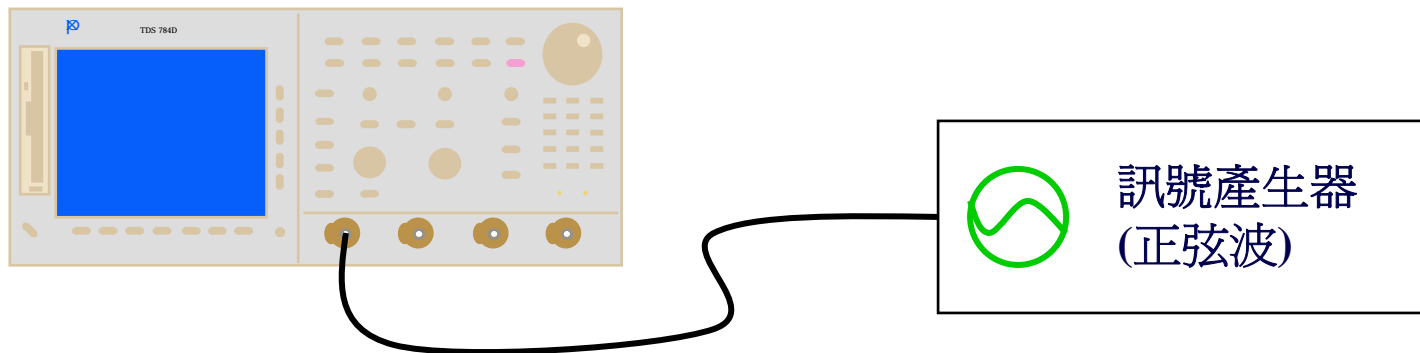
延遲觸發(Delay)

- ▶ 針對不同CH允許設定兩個觸發點，一個CH為主觸發點，另一個CH的觸發點，可跟據主觸發點做時間或(和) 事件的延遲觸發
- ▶ 時間延遲須設定主觸發點後的時間長度，事件延遲則須設定主觸發點後的事件次數



探棒和觸發系統的效能測試

- ▶ 探棒的頻寬必須大於或等於示波器的系統頻寬，否則訊號將無法正確的顯示在螢幕上
- ▶ 測試方式，只須使用一正弦波產生器，能產生頻率至示波器最大頻寬的正弦波，將其輸出接到示波器，固定振幅大小，然後逐漸增加頻率來測試觸發效能
- ▶ 螢幕上所顯示的訊號振幅，應隨頻率增加緩慢變小，直到3dB(0.707)點為止，

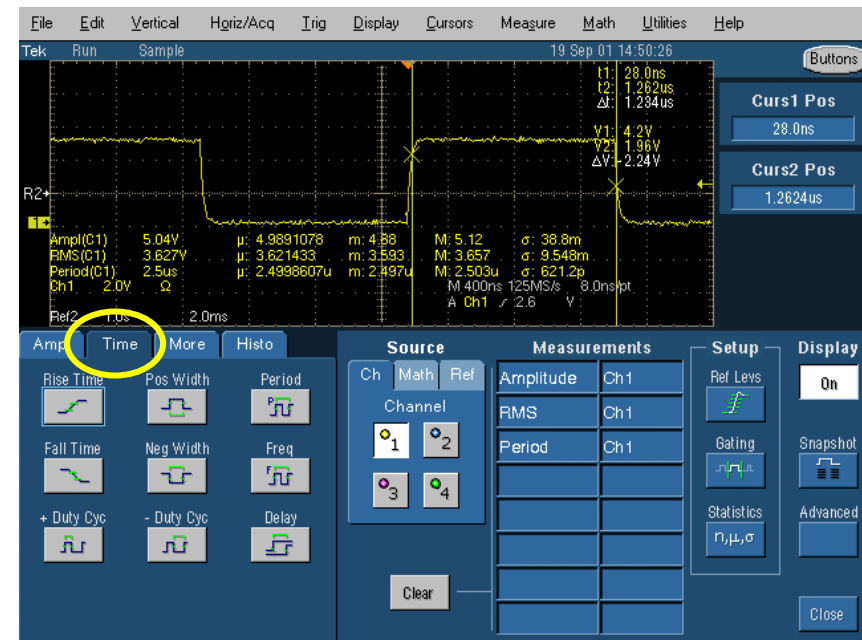
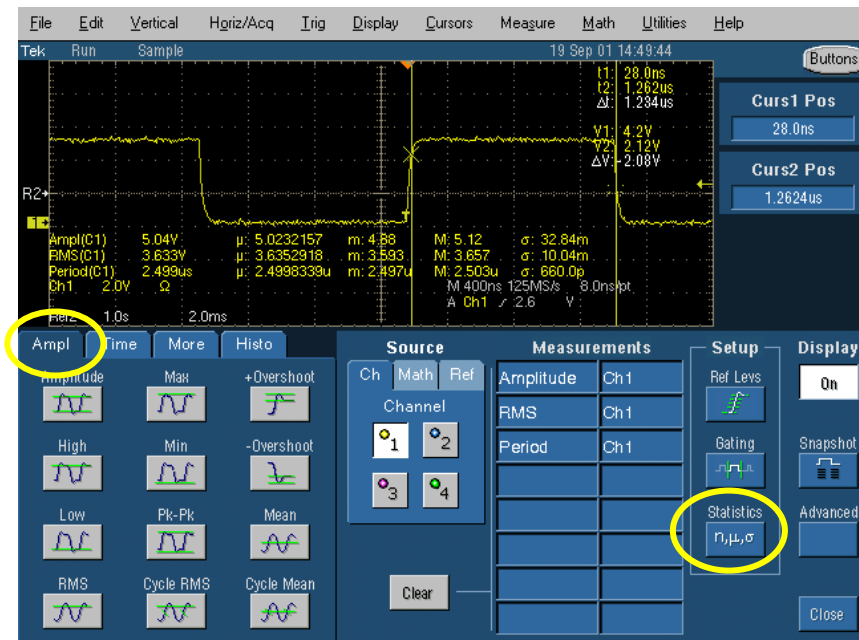


數位示波器的主要規格與特性

- 頻寬 (Bandwidth)
- 線性範圍(Linear Range)與過載恢復(Overdrive Recovery)
- 取樣率 (Sampling Rate)
- 波道數 (Channel)及波道補償(Channel Deskew)
- 記憶體深度 (Memory Depth)
- 取樣率 v.s. 時基(Time Base) v.s.記錄長度
- 顯示模式 (Display Mode)
- DPO顯示 (DPO Display)
- 觸發 (Trigger)
- 自動量測與統計分析

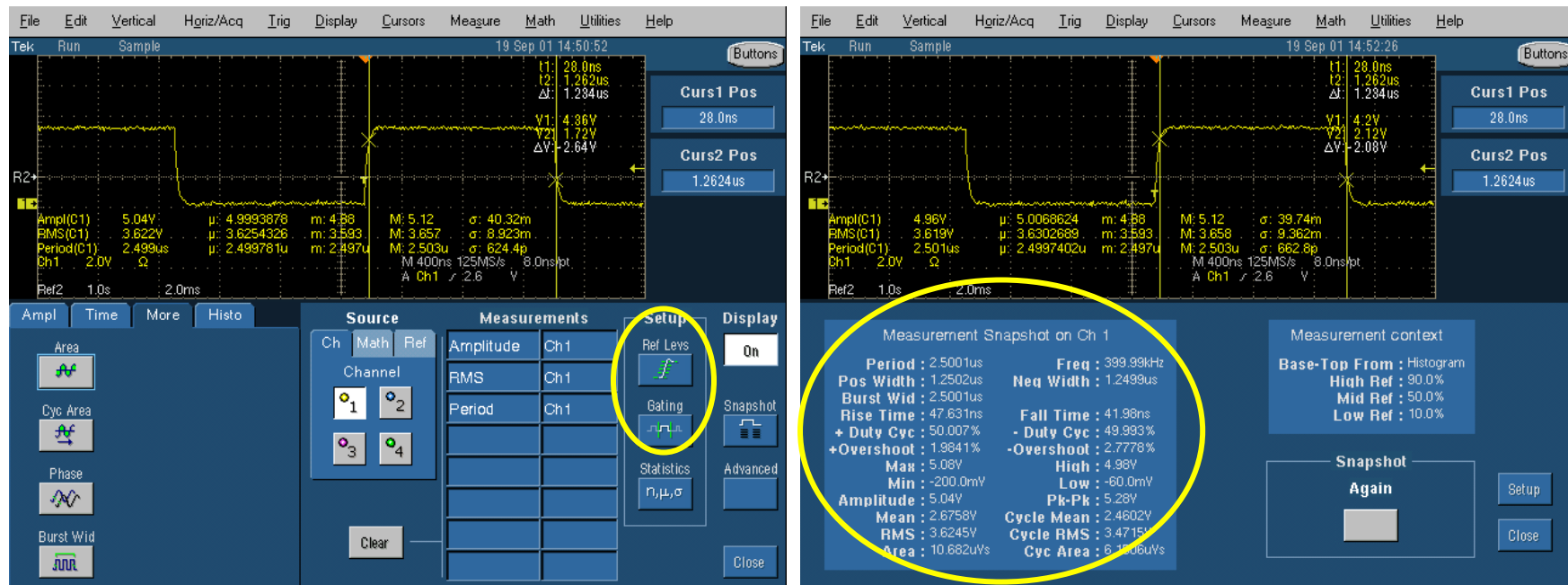
自動量測與統計分析

- ▶ 自動測量波形參數，包括：週期，頻率，正/負脈波，上升時間，下降時間，正/負工作週期，延遲，相位，脈波叢寬度，高/低值，最大/最小值，峰對峰值，振幅，正/負過激，平均值，週期平均值，均方根值，週期均方根值，區域值，週期區域值，等25項參數
- ▶ 每一測量參數皆可加入統計值，包括：最大/最小統計值，平均統計值及標準差



自動量測與統計分析

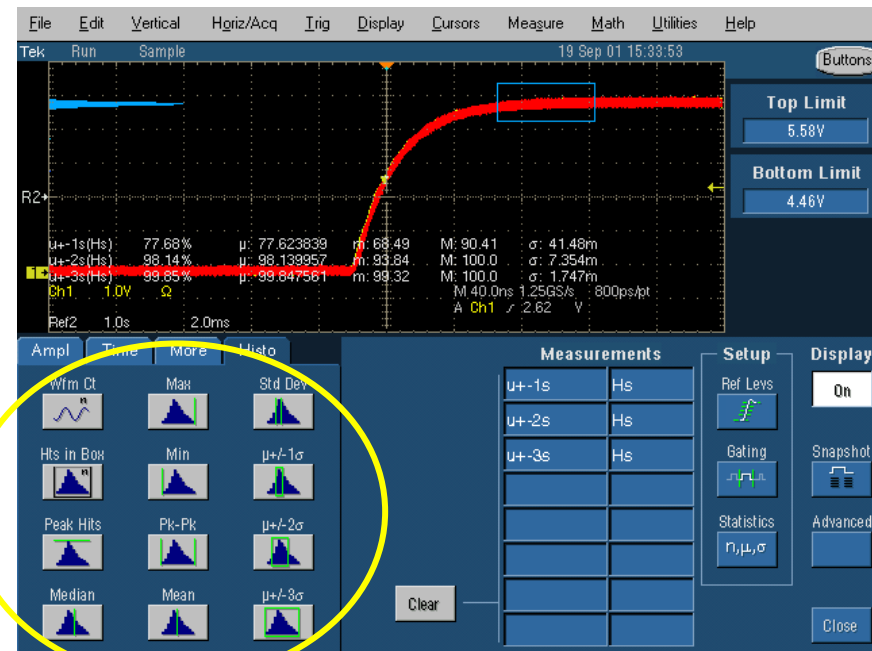
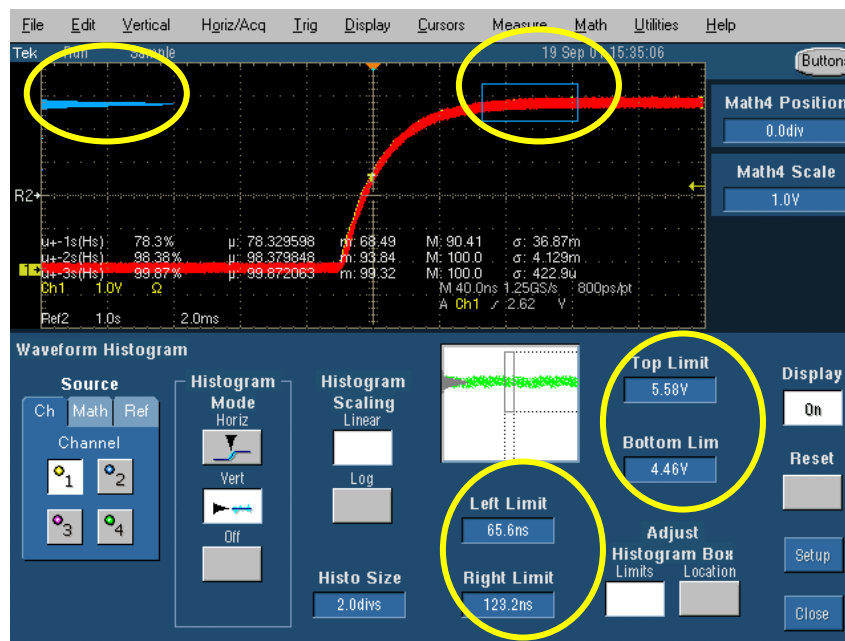
- ▶ 全部或局部量測(Gating)，並可調整測量參考位準
- ▶ 快照(Snapshot)功能一次顯示23項參數值(不含延遲及相位)



自動量測與統計分析

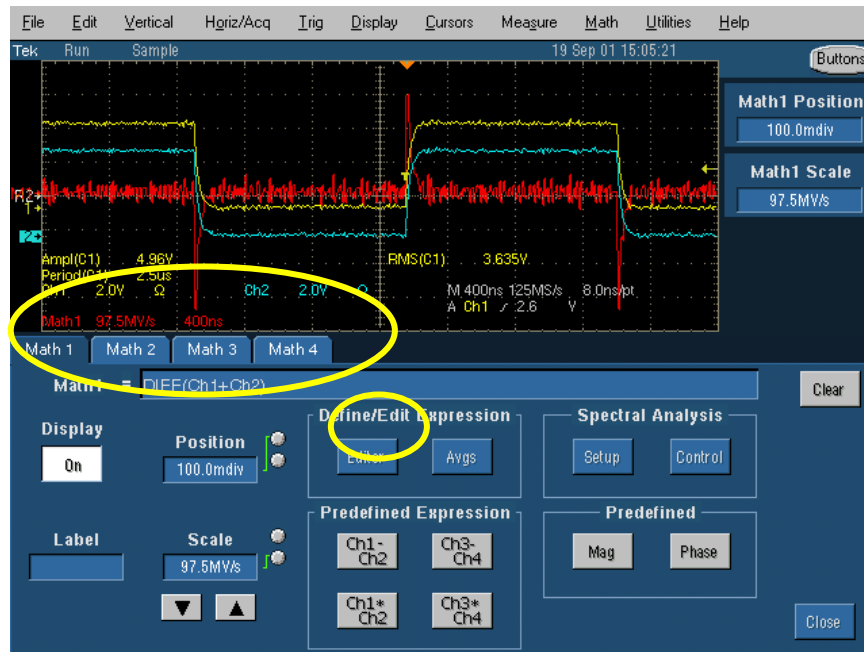
▶ 統計分析功能

- ▶ 直方統計圖(Histogram)方塊可設在螢幕任意位置，自由調整測量範圍
- ▶ 自動測量直方圖方塊內及上所有點的統計值，包括平均數、中間數(Median)、標準差、擊中方塊數(Hits in Box)、波形計數(Waveform Count)、峰擊數(Peak hits)、峰對峰數、平均數 $\pm 1,2,3$ 個標準差



自動量測與統計分析

- ▶ 算數(Math)功能分爲時間運算及頻率運算兩部分，可以是單一波道運算或多波道間運算
- ▶ 提供3(TDS600/700)或4(TDS7000)個運算式，TDS7000具強大的運算編輯器，可編輯波道間各式各樣複雜的運算
- ▶ 時間運算包括平均(Average)、反轉(Invert)、對數(log10及loge)、積分(Integral)、微分(Derivative)、均方根(Square Root)、指數(Exponent)...



自動量測與統計分析

- ▶ 頻率運算則是以快速傅立葉轉換(FFT)，將時域訊號轉成頻域分析
- ▶ 可顯示頻域振幅及相位波形，並提供類似頻譜分析儀般的操作方式(TDS7000)，如中心頻率(Center Freq.)、跨頻範圍(SPAN)、解析頻寬(Resolution BW)等



Tektronix 示波器家族



DSO



TDS1000
TDS2000
THS700
TDS6000B/C

DPO



TDS3000B
DPO4000
TDS5000B
DPO7000
DPO/DSA70000
DPO/DSA70000B

High Sampling



TDS8000B
CSA8000B

DPO7000 Series

DPO7000 Series Performance

Models	DPO7054	DPO7104	DPO7254
Bandwidth	500 MHz	1 GHz	2.5 GHz
Sample Rate (3, 4 ch) (2 ch) (1 ch)	2.5 GS/s (5GS/s)* 5 GS/s (10 GS/s) 10 GS/s (20 GS/s)	5 GS/s (10 GS/s)* 10 GS/s (20 GS/s) 20 GS/s (40 GS/s)	10 GS/s 20 GS/s 40 GS/s
Record Length (1 ch) (2 ch) (3, 4 ch)	40M 20M 10M	40M 20M 10M	40M 20M 10M
Max opt Record Length (1/2/3,4)	200M / 100M / 50M	200M / 100M / 50M	400M / 200M / 100M
Max Waveform Capture Rate	>250,000	>250,000	>250,000
Probing Interface	TekVPI	TekVPI	TekVPI

***With Option 2SR : Double Sample Rate**

DPO70000/DSA70000 Series

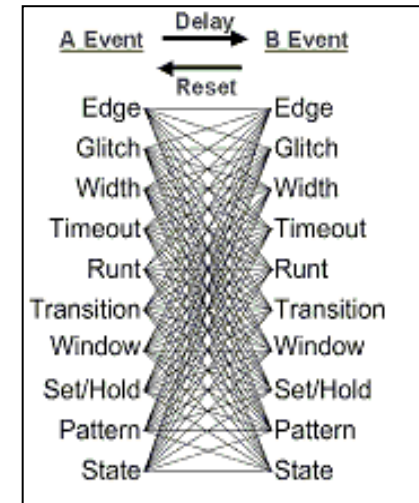
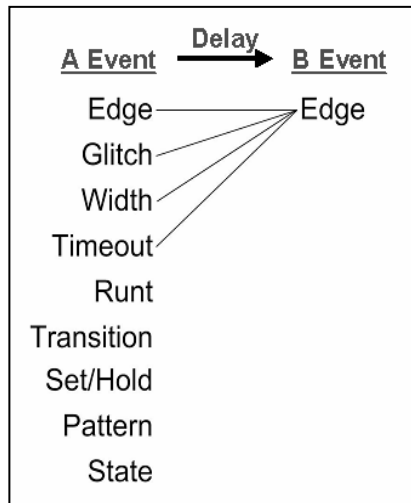
Specs	DPO70404	DPO70604	DPO70804	DSA70404	DSA70604	DSA70804
Bandwidth	4GHz	6GHz	8GHz	4GHz	6GHz	8GHz
Sample Rate 1 ch 4 ch	25GS/s 25GS/s	25GS/s 25GS/s	25GS/s 25GS/s	25GS/s 25GS/s	25GS/s 25GS/s	25GS/s 25GS/s
Record Length Standard Maximum	10M/ch 100M/ch	10M/ch 100M/ch	10M/ch 100M/ch	20M/ch 100M/ch	20M/ch 100M/ch	20M/ch 100M/ch
Waveform Capture Rate	>300,000	>300,000	>300,000	>300,000	>300,000	>300,000
Triggering	Pinpoint	Pinpoint	Pinpoint	Pinpoint + Serial	Pinpoint + Serial	Pinpoint + Serial
Display/ CPU	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4
Serial Data Measurements	Optional	Optional	Optional	Standard	Standard	Standard

DPO71000/DSA71000 Series

Specs	DPO71254	DPO71604	DPO72004	DSA71254	DSA71604	DSA72004
Bandwidth	12.5GHz	16GHz	20GHz	12.5GHz	16GHz	20GHz
Sample Rate 1 ch 4 ch	50GS/s 50GS/s	50GS/s 50GS/s	50GS/s 50GS/s	50GS/s 50GS/s	50GS/s 50GS/s	50GS/s 50GS/s
Record Length Standard Maximum	10M/ch 200M/ch	10M/ch 200M/ch	10M/ch 200M/ch	20M/ch 200M/ch	20M/ch 200M/ch	20M/ch 200M/ch
Waveform Capture Rate	>300,000	>300,000	>300,000	>300,000	>300,000	>300,000
Triggering	Pinpoint	Pinpoint	Pinpoint	Pinpoint + Serial	Pinpoint + Serial	Pinpoint + Serial
Display/ CPU	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4	12.1"/ 3.4GHz P4
Serial Data Measurements	Optional	Optional	Optional	Standard	Standard	Standard

Pinpoint™ Triggering

New Sequential Logic Triggering



- ▶ Old Trigger Sequences
 - 17 Trigger Combinations
 - Plus Comm & Serial

- ▶ New Pinpoint Triggering
 - 1445 Trigger Combinations
 - Plus Comm & Serial

Pinpoint™ Triggering

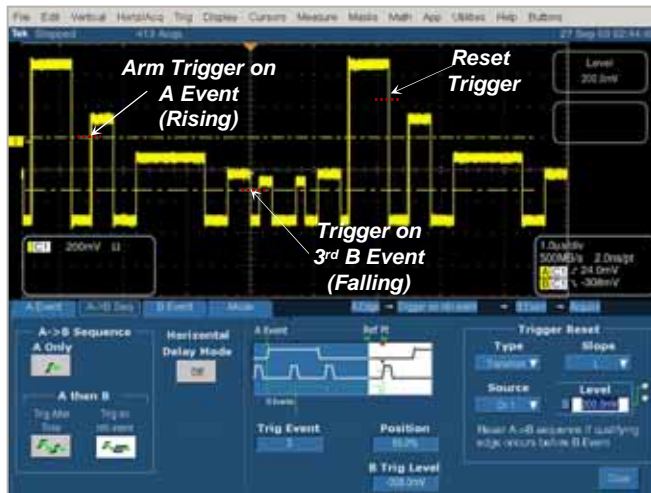
Sequential Logic Triggering

▶ Advanced Trigger Features

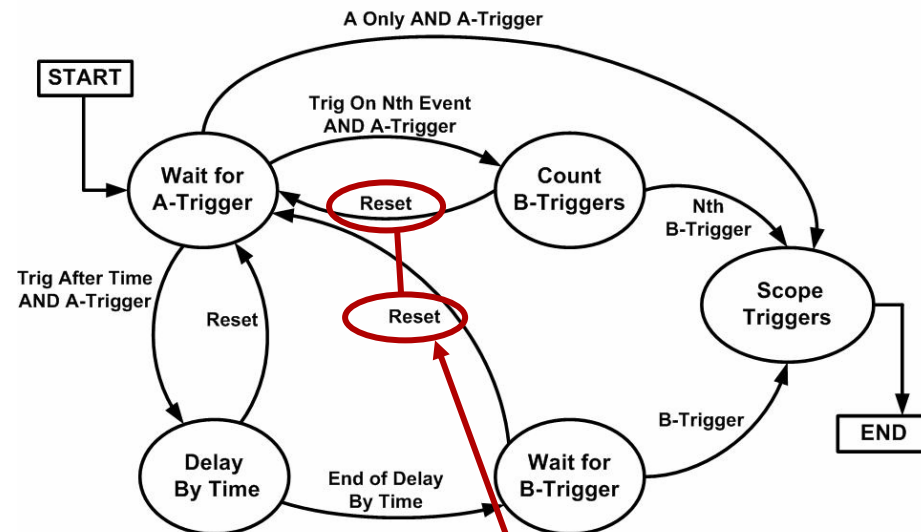
- A-Trigger
- Delay on Time & Events
- B-Trigger

▶ **New!** Reset Triggering

▶ **New!** Advanced B-Trigger



Trigger State Machine



A-Trigger	Delay	Reset	B-Trigger
Edge Glitch* Width* Timeout* Runt* Transition* Window* Setup/Hold* Pattern State	By Time, or By n B-Events Delay Time ranges 4.8 nSec to 3M Seconds. Delay Events range from 1 to 2e9 events.	By Timeout, By State, By Transition, or None Reset can be on Ch1..Ch4, or AUX, with unique threshold level and condition.	Edge Glitch* Width* Timeout* Runt* Transition* Window* Setup/Hold* Pattern State

* These trigger types can be further qualified by 2 logic signals.

Performance

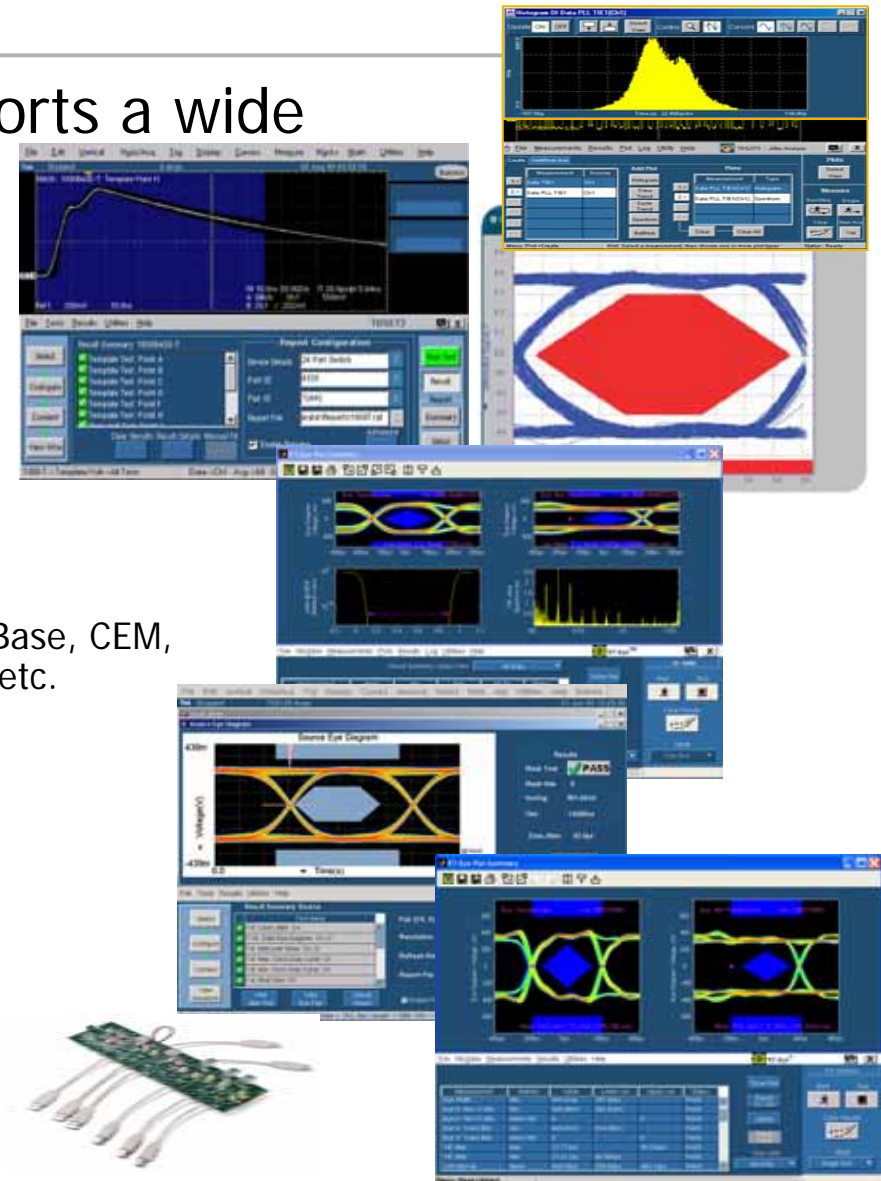
Productivity

Insight

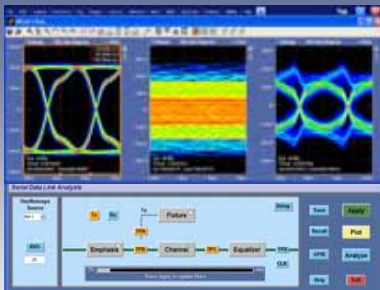
Digital Serial Compliance Applications packages

► Compliance Test Software supports a wide range of App. solutions:

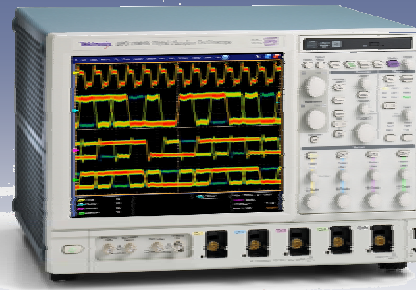
- USB2.0
- HDMI/DVI
- J1T3 jitter measurement (Rj/Dj/Tj)
- Power compliance and analysis
- Ethernet Compliance Testing
- RT-Eye Compliance and Analysis
 - PCI Express Compliance Module
 - Many Standard Variants Supported: Base, CEM, ExpressCard, Cable, ExpressModule, etc.
 - InfiniBand Compliance Module
 - FB-DIMM Compliance Module
 - Serial ATA Analysis Module
 - SAS Analysis Module
 - FibreChannel Masks and Limits
 - XAUI (10GbE CX-4) Masks and Limits
 - Serial Rapid I/O Masks and Limits



Introducing
DPO/DSA70000B, Software and Probes
World's Fastest Real Time Oscilloscopes and Probes
Enhanced for 3rd Generation Serial Data Analysis



**Best
Insight**



**Highest
Performance**



**Leading
Connectivity**

Uncompromised Insight, Performance and Connectivity

DPO/DSA70000B New Features

- ▶ **Features Benefits Enhanced signal integrity and excellent signal to noise ratio**
 - Observe the truest representation of your waveform through improved flatness and reduced measurement noise
- ▶ **5Gb/s real-time serial trigger**
 - Assured triggering on the first instance of a specified 8B/10B pattern isolates pattern dependent effects and reduces debug time
- ▶ **250MS Maximum Record Length**
 - Capture and analyze the entire acquired waveform to find long-term trends or infrequent events
- ▶ **New P7500 TriMode™ probes**
 - Perfectly matched signal connectivity from 4GHz to 20GHz Full P7500 portfolio to choose from including 4, 6, and 8 GHz models
- ▶ **Bandwidth Upgrade kits**
 - Protect initial instrument investment Match instrument capabilities to changing needs
- ▶ **TekLink™ capability and new TekLink hub**
 - Provides time aligned triggering between multiple oscilloscopes Debug multiple lane high-speed applications such as PCIe x8, x16, and DDR memory

Tektronix®

Thank You For Attending!