

# 最好的示波器也許並不是最適合你的

## Introduction

對於許多工程師來說，選擇一台合適的示波器是很不容易的。因為示波器種類繁多，規格各異，價格也不盡相同。如何多方面考慮各種因素，避免選購不適用而又昂貴的示波器呢？



## First Things First

很多人在選購一台合適的示波器之前，都是很認真的去看廣告，或是閱讀產品規格書；筆者肯定上述的動作都很重要，然而，但在此之前，你需要做的是，花點時間考慮要將示波器用在什麼領域，在什麼地方使用。

在什麼地方使用示波器（在工作臺上、在客戶服務現場還是汽車引擎蓋底下）？

- 一次需要測量多少信號？
- 待測信號的最大和最小振幅是多少？
- 待測信號的最大頻率是多少？
- 待測信號是重複發生的還是單次發生？
- 是否需要在頻域（頻譜分析）和時域內分析信號？

清楚了以上幾點，您就會開始認識到哪款示波器最適合您了。

 Analog vs Digital

此次，我們將著重在數位儲存示波器（DSOs），因為它是目前市場上市佔率最高的。但是在介紹如何選購數位儲存示波器之前，先簡單的說明『類比示波器』。

大多數電子工程師都曾使用過類比示波器，對其外觀和操作方式也很熟悉。但是現在很多研發人員開始選擇使用數位儲存示波器來代替類比示波器。

儘管有一些工程師偏愛類比示波器的外觀和手感（更不用說熱情了），然而在整個量測儀器市場上，若還是堅持類比示波器，你將發現你的選擇是很有限的。因為目前只剩少數製造商還在製造類比示波器，同時市場上銷售的機型有些是基於舊的的技術，性能也非常有限。

選購一台二手示波器乍看之下很實惠，但在此之前應該確定市場上是否有相關配件出售，因為昂貴的修理費用會讓實惠變得不實惠。

數位儲存示波器相對於類比示波器，還有以下一些特點：

- 小巧，容易攜帶
- 擁有較高的頻寬
- 單次測量功能
- 彩色波形顯示
- 提供自動測量功能
- 簡單的使用者介面
- 波形可儲存和列印

由於新式數位儲存示波器可與電腦相連，因此它可完整的融入自動測試設備（ATE）中。此外，數位儲存示波器可進行高速系統資料擷取。

 Bandwidth

首要，在選購示波器之前，你要考慮的是『頻寬』，也就是能通過前端放大器的信號的最大頻率。它所遵循的原則是，示波器的類比頻寬必須比待測信號(即時)的最大頻率要高。

但僅考慮頻寬並不足以保證數位儲存示波器能精確擷取高頻信號。示波器製造商的目標是研發一款可自行設計特殊的頻率響應DSO。這種頻率響應被稱為Maximally Flat Envelope Delay (MFED)。這種響應頻率是以以最小過衝，下衝和環繞發送高品質脈衝。但是，由於數位儲存示波器是由放大器、衰減器、類比/數位轉換器、連接線和繼電器組成的，所以MEFD響應只是一個可望不可及的目標。

大多數示波器製造商將頻寬定義為正弦波輸入信號衰減到71% (-3 dB 點)時的頻率。或者說，他們允許輸入信號的顯示軌跡有29%的誤差，這樣是毫無價值的。

同時也請記住，如果你的輸入信號不是一個純淨的正弦波，波形中將包含更高的頻率諧波。比如：一個20 MHz的方波如果用20 MHz頻寬的示波器顯示的話，將顯示出一個衰減且扭曲的波形。一般來說，儘量選購頻寬比待測信號的最大頻率高出5倍以上的示波器。但遺憾地是，高頻寬的示波器是很貴的，所以在這點上你可以會有所顧慮。

有些示波器所標明的頻寬並不適用於所有電壓範圍，所以務必仔細閱讀資料手冊。

## Sample Rate

類比示波器的使用很簡單，你只要選擇你所需要的頻寬就可以了。而對於數位示波器來說，取樣率和記憶體大小是同樣的重要。而在數位儲存示波器中，取樣率通常是以兆取樣速率(MS/s)或千兆取樣速率(GS/s)為單位的。奈奎斯特準則指出，取樣率必須是待測信號最大頻率的兩倍以上；這對於頻譜分析儀來說是可行的，但是對於示波器來說則必須是5倍以上才能精確描繪波形。

大多數示波器有兩種不同的取樣率（模式），依待測信號而定：即時取樣和等效時間取樣（ETS）-通常被稱為重複取樣。但是，由於等效時間取樣（ETS）只在成功取樣時才會記錄波形，所以只有當待測信號固定且重複時才能應用（ETS）。

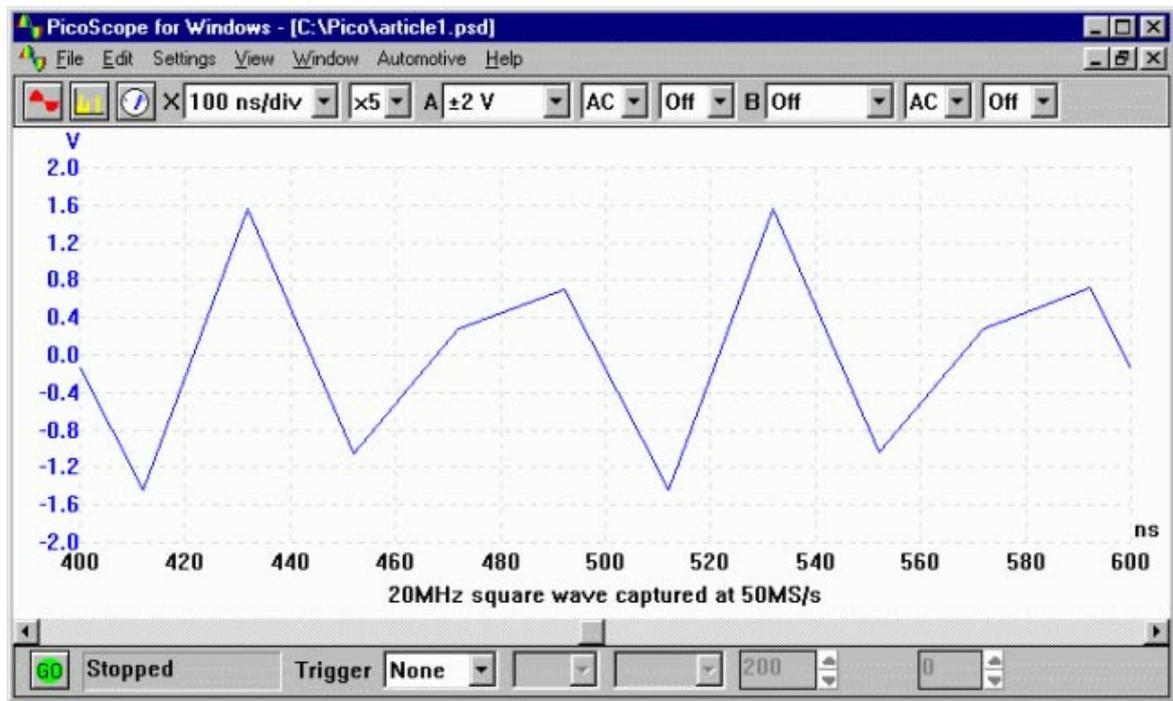


Figure 1a: 20 MHz square wave captured with a sampling rate of 50 MS/s.

► 圖1a：取樣率為50 MS/s時所擷取的20 MHz的方波

例如：Pico Technology公司製造的12-bit ADC-212/100型示波器，它能以100 MS/s即時取樣速率或5 GS/s等效時間取樣速率（重複波形）進行取樣。圖1a 是用50 MS/s的取樣速率擷取一個20 MHz的方波，而圖1b是用1 GS/s的取樣速率擷取相同方波，兩者相比，前者幾乎無法識別。1 GS/s的取樣速率效果看來不錯，但是可別忘了，如果信號是短暫的或不斷變化的（比如視頻波形），那ETS將無法使用，只能依靠即時（單次）的取樣。

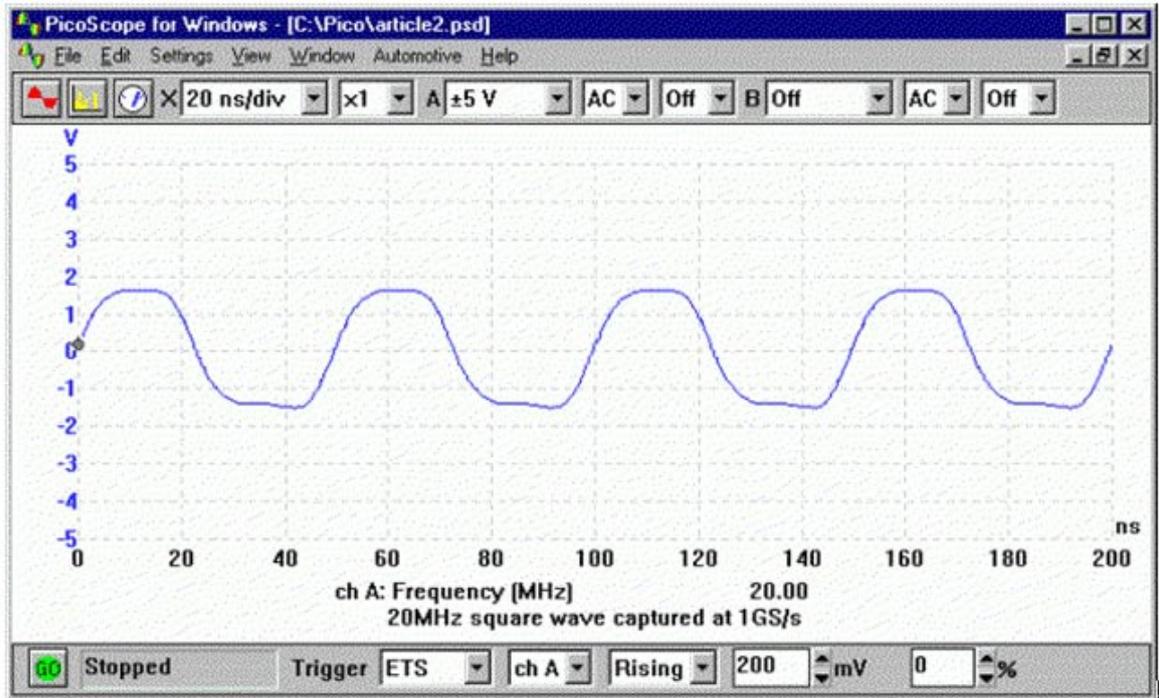


Figure 1b: 20MHz square wave captured at 1GS/s.

► 圖 1b：用1GS/s擷取的20MHZ的方波

建議：示波器製造商都喜歡著重推薦最好的功能，所以在選購時要仔細閱讀規格書，檢查其中標示的取樣率是否適用於所有信號，還是只適用於重複信號。您可能會發現您準備買的示波器並不是“非常適用”。

一些示波器有不同的取樣率，依使用的通道數而定。最典型的就單通道模式的取樣速率是雙通道模式的兩倍。再次提醒，仔細查看規格書。

## Memory Depth

記憶體大小對數位儲存示波器而言是有絕對的影響性。

數位儲存示波器將所擷取的信號儲存在一個緩衝記憶體裡，所以，如果取樣率已設定，緩衝記憶體的大小將決定示波器能擷取的最長信號時間。

取樣率和記憶體大小的關係是非常重要的。高取樣率低記憶體的示波器只能在短暫測量時間裡用最大取樣率擷取信號。圖2a是用1k的緩衝記憶體所擷取的一段200 μs的視頻波形。1k的緩衝記憶體固定了取樣率為5 MS/s ( $1\text{ k} / 200\ \mu\text{s} = 5\text{ MS/s}$ )，即使該示波器的最大取樣率可達100 MS/s。

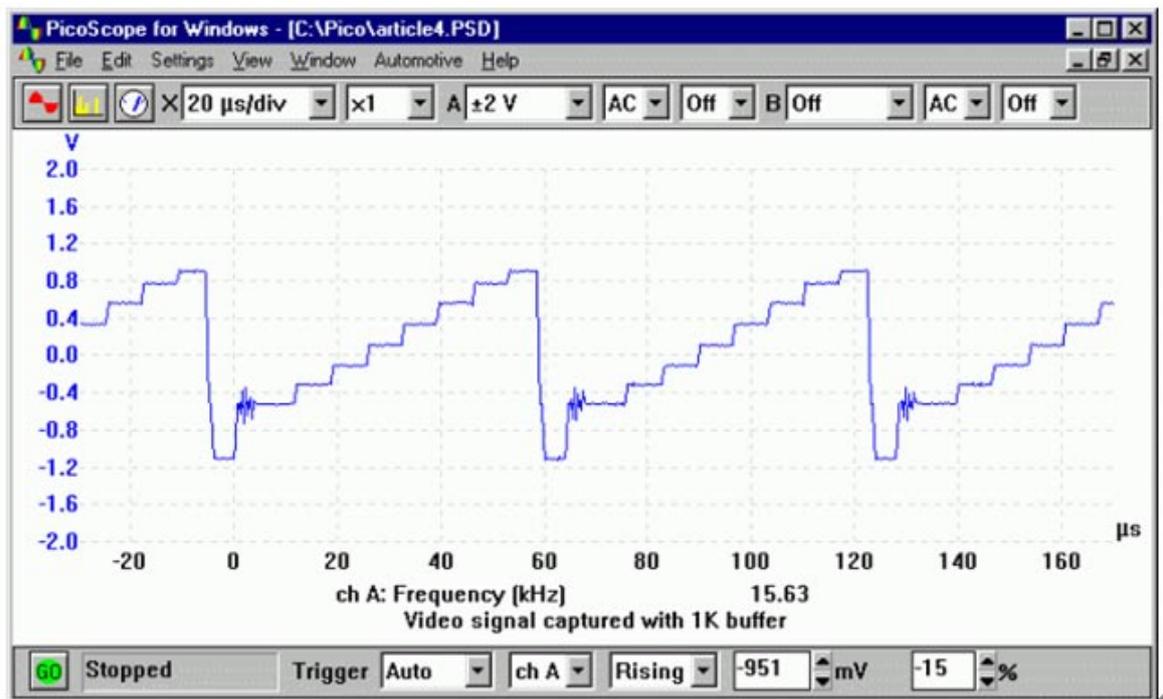


Figure 2a: 200 μs of a video wave captured with a 1 K buffer memory.

- ▶ 圖2a：用1K緩衝記憶體攝取的200μs的視頻波形

乍看所擷取取的波形好像是沒有問題。但是，當波形進行局部放大時，小記憶體的缺點就顯現出來了（圖2b）。色彩同步部分持續了大約5ms，因為只用了25個取樣點來表示，但是當把波形放大時，就顯出波形失真。

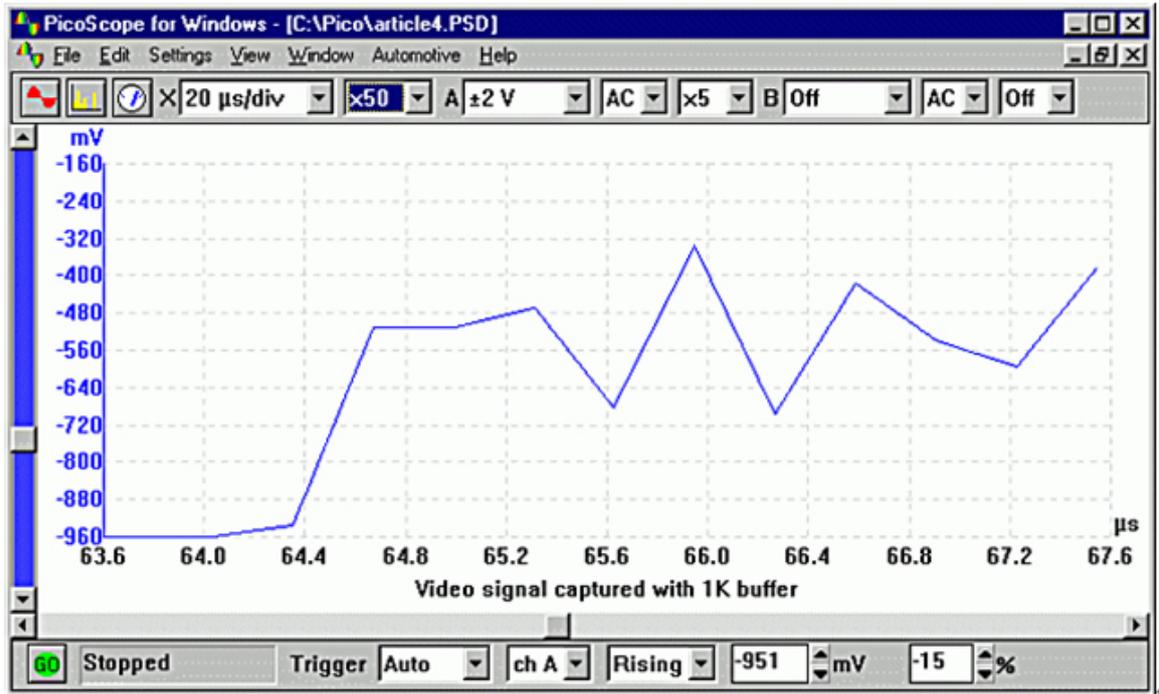


Figure 2b: The limitation of the small buffer memory is revealed when the waveform is expanded to display the colour burst signal.

- ▶ 圖2b：波形放大顯示色彩同步信號時，小記憶體的缺點就顯現出來了。

圖2c是用一台記憶體為128K的示波器來擷取相同的視頻波形的色彩同步信號。這裡我們用超過3000個取樣點來表示色彩同步，效果差別很明顯

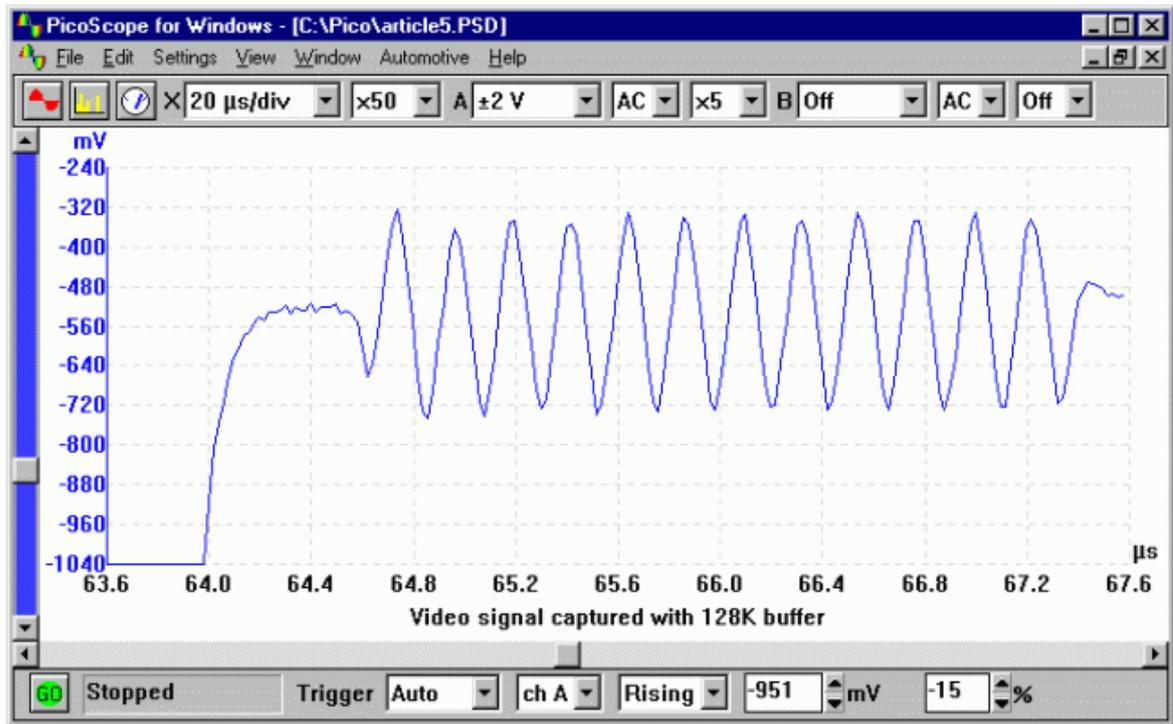


Figure 2c: shows the same waveform, this time using a 128 kB buffer memory.

- ▶ 圖 2C相同波形，但使用的是128kb的緩衝記憶體。

## Resolution and Accuracy

在數位電子產品中，信號偏差1%沒什麼問題；但是在音訊電子產品中，0.1%的偏差或雜訊會導致很大問題。大多新式的數位儲存示波器都經過改善，可用於快速數位信號的測量，並提供8 bit 解析度 (8 bit ADC)，所以它最大可檢測到0.4%的信號偏差。

有8bits的解析度，電壓範圍可分為256階 ( $2^8 = 256$ )。電壓範圍每增加/減少1 V，相當於每階為8 mV。這很適合查看數位信號，但是用於類比信號還有待改進，尤其是使用頻譜分析儀的時候。

在音訊、雜音、振動和監控感測器 ( 溫度、電流、壓力 ) 方面，8 bit的示波器就不適用了，可能考慮選用12 bit或16 bit的示波器。

關於數位儲存示波器的精確度，通常不被重視。你可以在幾個百分比的精確度進行測量 ( 大多數8 bit的數位儲存示波器都標明DC精確度為3%-5% )，如果想要進行更高精確度的測量，你可以選擇萬用表。

如果示波器有較高的解析度，則可以進行更精確的測量 ( 1%或更好 )，這時就沒有必要用萬用表了。

有較高的解析度 ( 12 bits或以上 ) 和較高的DC精確度的示波器有時被稱為精密示波器

## Triggering Capabilities

示波器的觸發功能就是能在信號水準軸上找出正確的同步位置；這對信號特徵分析是非常關鍵的。觸發功能可以讓你在固定重複的波形中擷取特定波形位置。然而各家製造商所提供的觸發選項不盡相同。但所有的數位示波器都提供基本觸發選項 ( 來源、電位、斜率、預先/延遲觸發 )，在更高級的觸發功能中便各有不同。更加高級的觸發功能是否有用需取決於待測信號。如脈波寬度觸發對數位信號分析來說是十分有用的，自動儲存至硬碟/記憶體對於追蹤間歇性故障非常有幫助。

## Input Ranges and Probes

一個典型的示波器會提供可選擇的輸入範圍，從 $\pm 50$  mV 到  $\pm 50$  V。因為較高的電壓可以用10 : 1和100 : 1的衰減示波器探棒來測量，重要的一點是檢查示波器是否有足夠小的電壓範圍來測量信號。如果需經常測量電壓較小的信號（小於50mV），那就要考慮買一個12 bit或16 bit解析度的示波器。16 bit解析度的示波器的垂直解析度是8 bit解析度示波器的256倍，可以針對mV或是uV等級的信號電壓進行測量。

選擇符合頻寬需求或是選用更高頻寬的示波器探棒。某些製造商為節省成本，為示波器提供不符合標準的探棒，或者針對探棒需收取額外費用，但是探棒對於示波器來說是一種重要的配件。大多數示波器探棒可以在1 : 1和10 : 1的衰減量之間轉換。無論如何，若以10 : 1衰減量作為待測電路的預設值，可以降低因不慎連接至高電壓而導致示波器燒毀的狀況。

對於非常快速的信號(>200 MHz)，使用被動探棒便會碰到電容效應的問題。針對這種問題可以使用主動式FET探棒來解決，此探棒的頂端有一個緩衝放大器。如果需要測量高電壓，如 $\pm 100$  V、輸配電線或3相電壓時，最安全的方法是使用一個特製的絕緣示波器探棒。

## Form Factor

數位儲存示波器主要分為三類：傳統獨立式示波器、手提式示波器和PC-based的示波器。

一個特製的獨立式數位示波器通常有最高的性能，這也反映在它的價格上。一些功能如FFT頻譜分析、PC介面、硬碟裝置和印表機介面等，都需要額外付費的，而且價格不菲。

手提式示波器對出差的工程師來說具有明顯優勢，但是其顯示效果不佳（在陽光下很難識別），電池壽命也很短。而對於處於相同性能水準的示波器來說，手提式示波器也是最貴的。

PC-based的示波器正越來越流行，因為它相對於獨立式示波器來說要便宜很多。便宜的原因很明顯：只要有一台個人電腦，那你就有了一個大型彩色顯示器、快速處理器、磁碟機和鍵盤，不需另外購買。只需點擊幾下滑鼠，就可以將資料匯出到文字編輯器和試算表，這也是個很大的優勢。

PC-based的示波器分為兩類：外接和內置。內置型PC-based的示波器設計成PCI介面卡。但使用時必須安裝於桌上型電腦才可使用，使得攜帶上相當不方便。

外接型PC-based示波器的形狀像一個小盒子，通過USB埠連接到電腦上。與手提式電腦搭配使用就能擁有相當的便利性。



## Summing Up

就像恐龍一樣，類比示波器的時代已經結束。憑著價格和性能兩方面的優異表現，數位儲存示波器已開始主導整個量測儀器的舞臺，現在，只是要選擇哪一款的問題了。

選購示波器時，注意以下幾點：

- 對於價格較高的示波器，要先演示一下，並且確保是用你想測的實際信號來演示，而不是賣方自己的信號。
- 購買示波器時，要詢問是否可以升級，升級費用是否包括在價格內。對於基於PC的示波器，則必須確保包括配套軟體，並詢問軟體升級是否要付費。對於臺式示波器，檢查連接到電腦或印表機的線和軟體的價格—它們可能會給總價格增加50%。

總之，考慮各種因素的優先次序是：頻寬，取樣率（即時/等效時間），以及記憶體大小。注意：大部分的數位儲存示波器都不無法針對頻寬或取樣率進行升級，因此儘管你支付高額的費用，也沒有辦法升級。

文章引用自PICO TECH官網：

[http://www.picotech.com/applications/oscilloscope\\_tutorial.html](http://www.picotech.com/applications/oscilloscope_tutorial.html)