

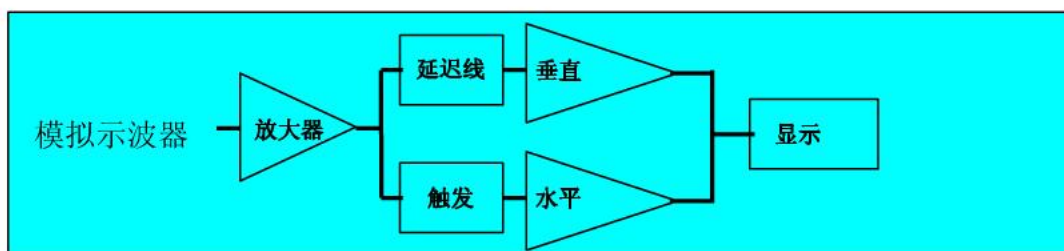
示波器的基本原理与应用

邱光瑞

· · ·

示波器的种类

模拟示波器(*Analog Real Time*)



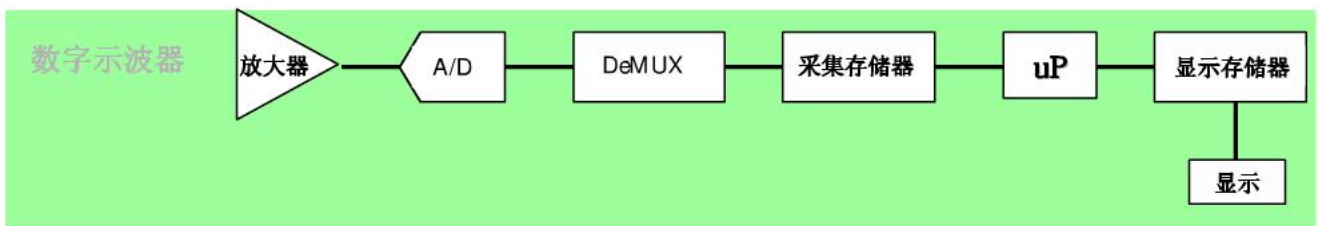
●模拟示波器的优点

- 实时显示
- 波形真实
- 捕获率高

●模拟示波器的缺点

- 无存储功能
- 无自动参数测量功能
- 仅有边缘触发及简单的视频触发功能
- 不能与电脑连接进行自动测量

数字示波器 (*Digital Storage Oscilloscope*)



• 数字示波器的优点

- 扩充功能多
- 多种存储方式, 波形, 设置
- 自动参数测量功能
- 连续触发能力
- 可与电脑连接进行自动测量

• 数字示波器的缺点

不是实时显示

新一代示波器让您魚与熊掌轻易兼得

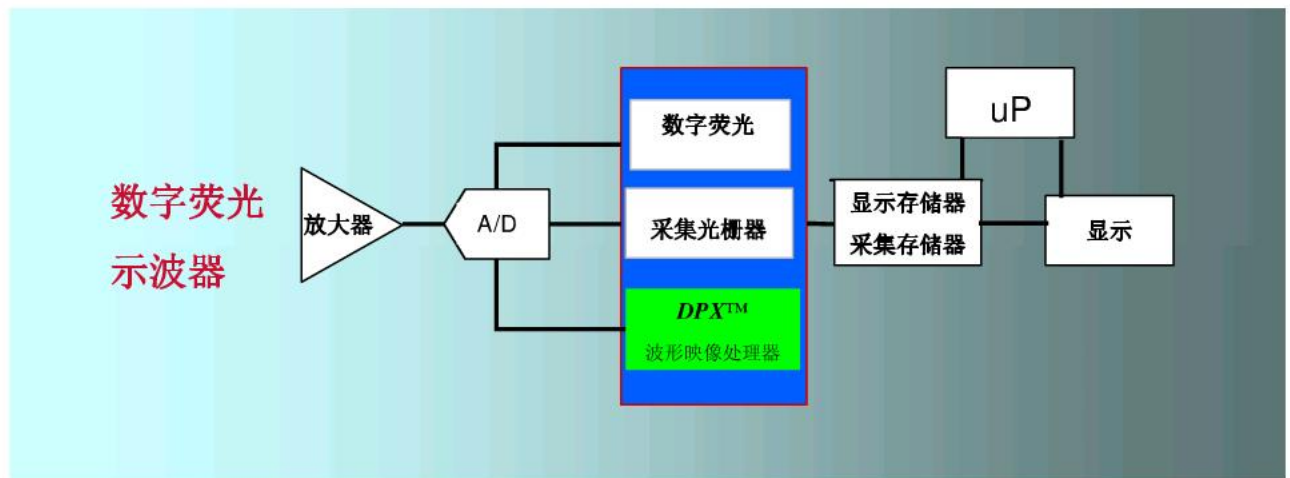
● 数字示波器的优点

- 扩充功能多
- 多种存储方式, 波形, 设定
- 自动参数测量功能
- 连续触发能力
- 可与电脑连接进行自动测量

● 模拟示波器的优点

- 实时显示
- 波形真实

DPO数字荧光示波器



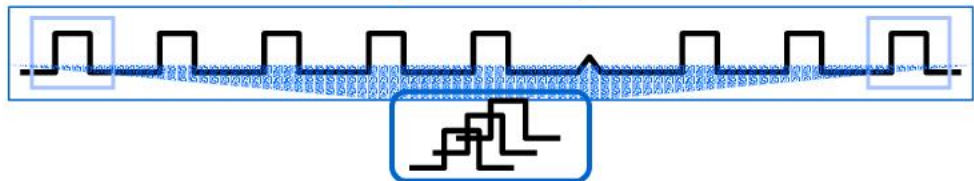
波形的捕获

- ▶ 波形捕获率也就是波形刷新率，已经成为考核一台示波器的重要参数之一；
- ▶ 对于示波器来说，波形捕获率高，就能够组织更大数据量的波形质量信息，尤其是在动态复杂信号和隐藏在正常信号下的异常波形的捕获方面，有着特别的作用。

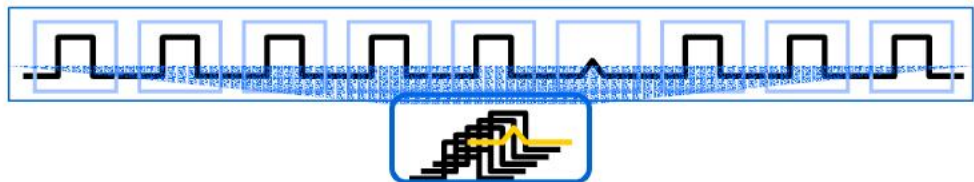
模拟示波器



数字存储示波器



数字荧光示波器

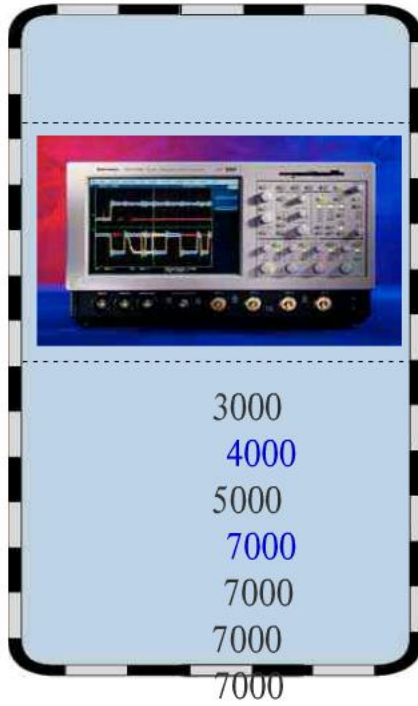


各类示波器对波形显示的能力

- ▶ 由于采用的技术和原理不同，在波形的保真、显示能力和捕获能力上，各技术类别的示波器之间存在较大差异。

| 示波器类别 \ 波形显示 | 简单重复信号 | | | | | | 复杂动态 重复信号 | 定时 测量 | 非 重复 单次 信号 | 触发 功能 | 预 触发 | 示波 器 带宽 | 数据 处理 |
|---------------|----------|----------|----------|--------------|------------------|--------------|-----------------|----------|---------------------|----------|---------|---------------|----------|
| | 稳定 信号 | 变化 信号 | 异常 信息 | 缓 变 信号 | 随 机 毛 刺 | 快 沿 信号 | | | | | | | |
| 模拟示波器 显示技术 | 好 | 好 | 差 | 差 | 差 | 差 | 好 | 差 | 不能 | 边沿 | 不能 | 低 470 | 不能 |
| 示波器 等效采样技术 | 好 | 差 | 差 | 好 | 差 | 好 | 差(点,余辉) 改善显示 | 好 | 差 | 多种 | 能 | 高 6 | 能 |
| 示波器 实时采样技术 | 好 | 好 | 差 | 好 | 好 | 好 | 差(点,余辉) 改善显示 | 好 | 好 | 多种 | 能 | 高 6 | 能 |
| 示波器 数字荧光技术 | 好 | 好 | 好 | 好 | 好 | 好 | 好 | 好 | 好 | 多种 | 能 | 高 6 | 能 |

DPO示波器家族



示波器的主要指标

- ▶ 示波器主要技术指标—保证示波器精确的显示信号波形的前提条件

- 示波器的带宽

- 线性范围()与过驱动恢复()

- 数字示波器采样率

- 示波器存储长度

- 波形捕获率（先进的 ）

- ▶ 示波器主要的功能—保证示波器稳定、捕获显示波形的必要条件

- 垂直

- 水平

- 示波器的触发

- 与外部设备的互联能力

- 数据的处理技术与能力

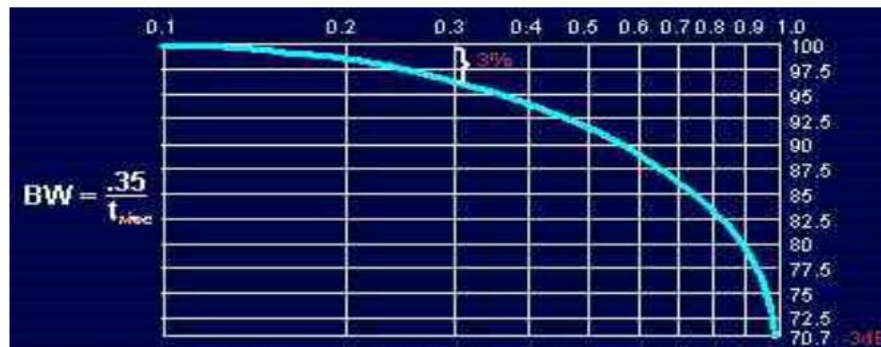
带宽是示波器的首要规格参数

▶ 示波器的结构决定了带宽的重要性：

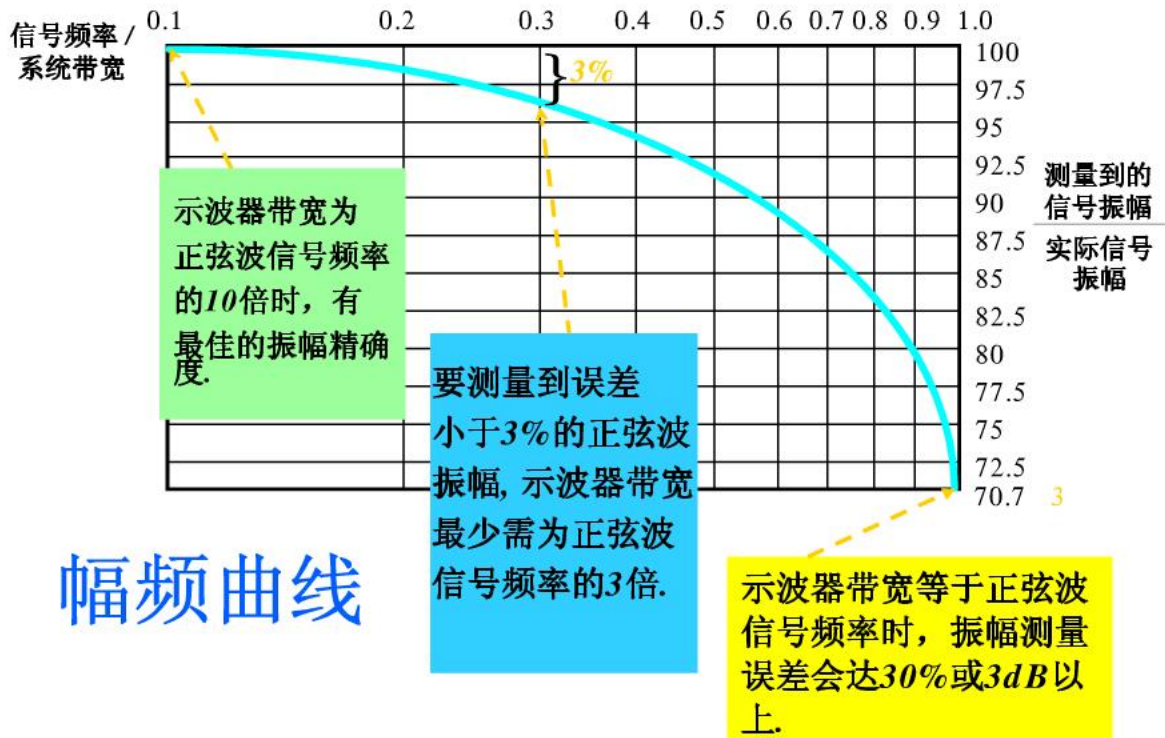
放大器的模拟带宽决定了示波器的带宽；放大器是信号进入示波器的大门，它的带宽决定了示波器的带宽，示波器能请进什么样的信号由这个大门来决定。

▶ 数字示波器的带宽也是模拟带宽。示波器所谓带宽是指：

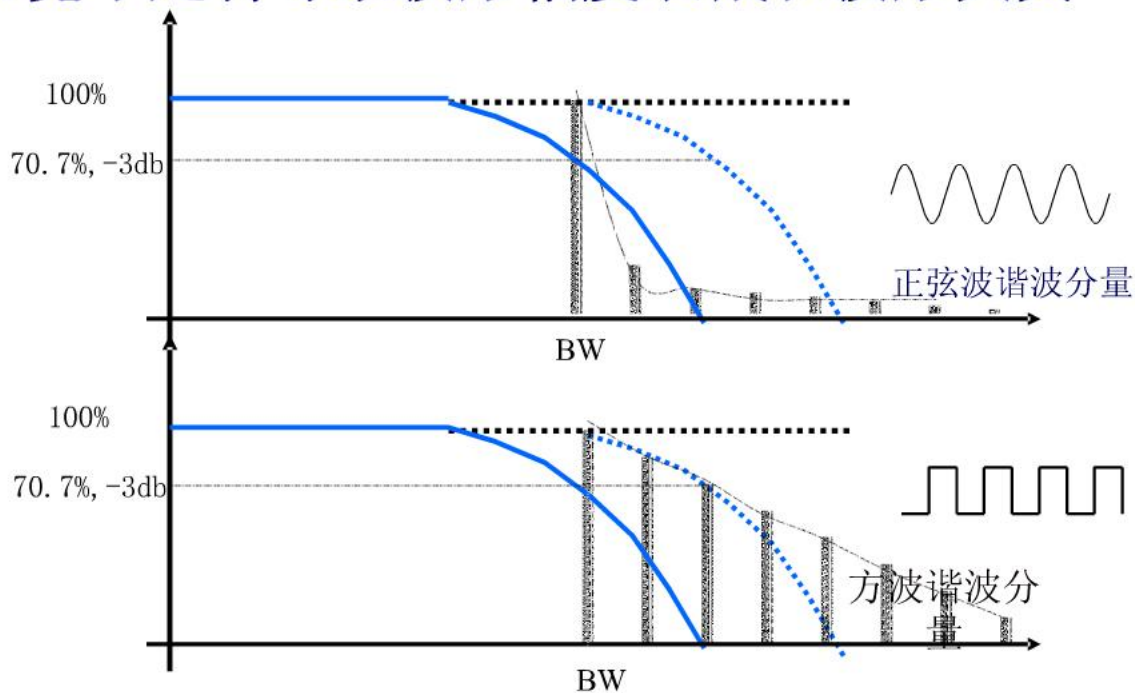
垂直放大器的频率响应，定义为：随着正弦波频率增加，信号幅度下降3dB（70.7%）。在此频点为示波器的带宽



示波器带宽 . . 正弦波振幅



带宽不足将导致波形幅度衰减和波形失真



注意：示波器带宽或上升时间与信号频率或上升时间一样时，会对波形幅度和上升时间产生影响，带来测量误差，如减少测量误差只能提高延伸示波器带宽。

示波器带宽 . . 上升时间

- ▶ 示波器的带宽 影响转换时间()的测量值

低通滤波器(一阶)的效应 (带宽 上升时间 = 0.35)

测量值是系统的合成结果 (示波器带宽需大于输入信号带宽)

$$\text{测量值}_{\text{上升时间}} = \sqrt{(\text{信号}_{\text{上升时间}})^2 + (\text{示波器}_{\text{上升时间}})^2}$$

使用350 带宽, 即1 上升时间(0.35/350)的示波器, 测量1 上升时间的方波信号 (示波器带宽等于输入信号带宽时)测量值如下:

$$\text{测量值}_{\text{上升时间}} = \sqrt{(1\text{ ns})^2 + (1\text{ ns})^2} = 1.41\text{ ns}$$

使用1 带宽, 即350 上升时间(0.35/1)的示波器(示波器带宽大于输入信号带宽3倍)测量值如下:

$$\text{测量值}_{\text{上升时间}} = \sqrt{(1\text{ ns})^2 + (350\text{ ps})^2} = 1.06\text{ ns}$$

测量误差与带宽、上升时间的关系

- ▶ 幅度误差: 仪器带宽是被测信号3倍时误差约3%
- ▶ 上升时间误差: 仪器上升时间比被测信号快3倍时误差约5%

适用于符合高斯响应的一阶系统

探头带宽 . . 上升时间

- ▶ 示波器的测量中，探头是必备的，所以探头带宽亦会影响测量结果，其影响公式如下：

$$\text{测量值}_{\text{上升时间}} = \sqrt{(\text{信号}_{\text{上升时间}})^2 + (\text{示波器}_{\text{上升时间}})^2 + (\text{探头}_{\text{上升时间}})^2}$$



系统带宽

- ▶ 由于带宽和上升时间成倒数关系故其公式如下：

$$\frac{1}{\text{测量带宽}} = \sqrt{\left(\frac{1}{\text{信号带宽}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{示波器带宽}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\text{探头带宽}}\right)^2}$$

- ▶ 由此式也可看出，示波器及探头的带宽越宽，则对测量带宽的影响越小，也就是说测量带宽越接近信号带宽。
- ▶ 示波器带宽是应包含探头和示波器整个测量系统的问题，泰克公司承诺指定示波器的带宽（上升时间），是当使用原配探头时，是探头尖的上升时间（示波器带宽）。

示波器带宽 . 上升时间的精确度

- ▶ 测量信号上升时间时，示波器带宽将影响测量结果

| 待测信号 t_r / 示波器 t_r | 上升时间测量误差 |
|------------------------|----------|
| 1:1 | 41.4% |
| 3:1 | 5.4% |
| 5:1 | 2.0% |
| 10:1 | 0.5% |

示波器的主要指标

- ▶ 示波器主要技术指标—保证示波器精确的显示信号波形的前提条件

- 示波器的带宽

- 线性范围()与过驱动恢复()

- 数字示波器采样率

- 示波器存储长度

- 波形捕获率（先进的 ）

- ▶ 示波器主要的功能—保证示波器稳定、捕获显示波形的必要条件

- 垂直

- 水平

- 示波器的触发

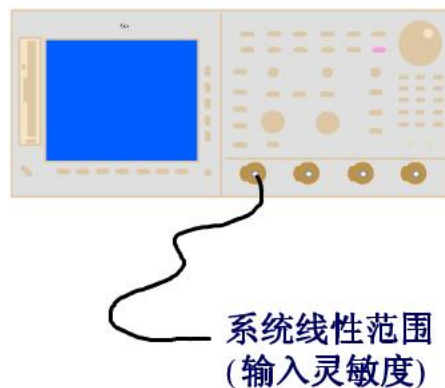
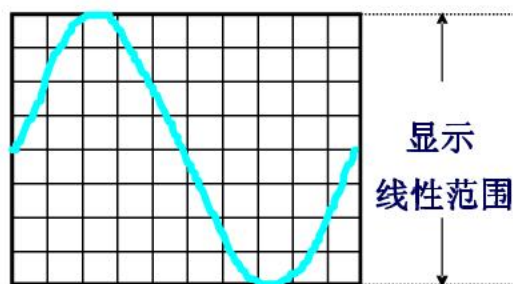
- 与外部设备的互联能力

- 数据的处理技术与能力

线性范围()与过驱动恢复()

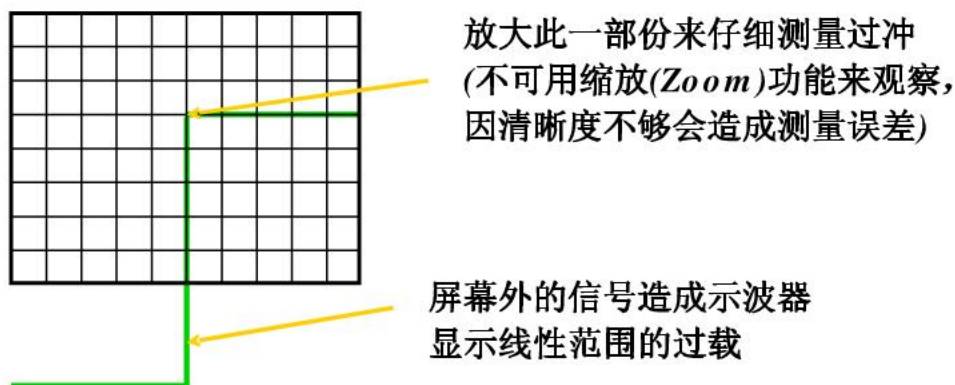
示波器的线性范围可有两种定义：

- **系统线性范围**：有时定义为**输入灵敏度**，比如范围从1mV/每格到10V/每格，在这个范围内，其**测量精确度固定**，例如2%。
- **显示线性范围**：是指在一个**荧屏显示范围内**的线性度，也就是从荧屏的最下方到最上方范围内，所有测量值都需有同一精确度。



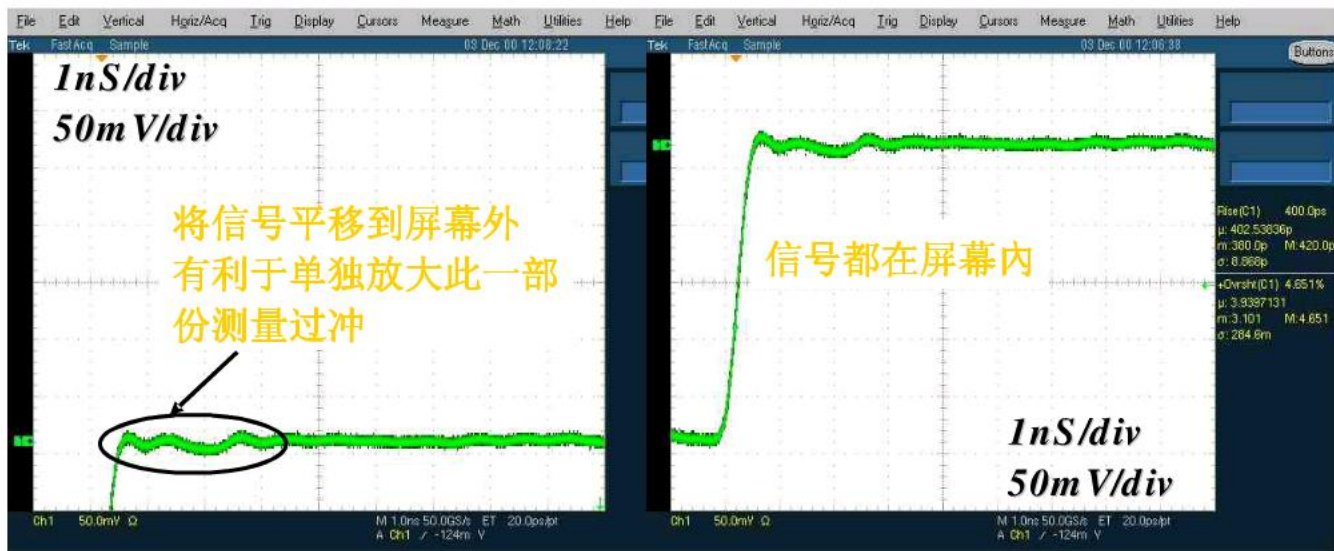
线性范围与过冲恢复

- **过驱动恢复**：是指输入示波器的信号，**超过显示线性范围**使得系统过驱动，此时示波器必须有恢复显示线性范围的能力，否则由于示波器工作在**非线性区**，而导致（致使）测量到的信号产生极大的误差。
- **过冲(Overshoot)及下冲(Undershoot)**：在测量脉冲信号时，必需使用过载恢复功能。



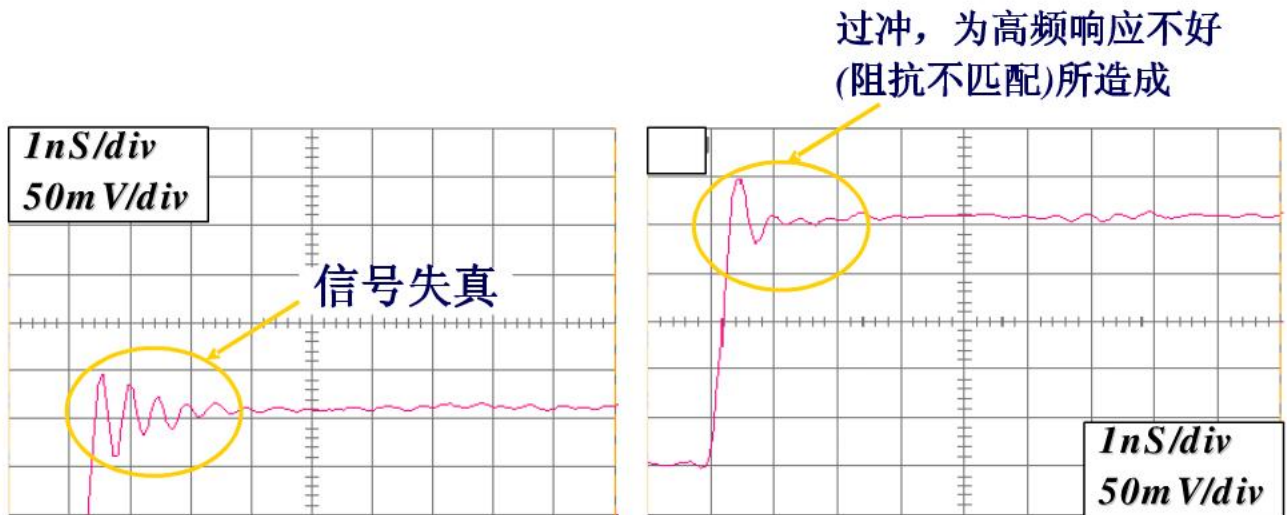
线性范围与过载恢复

测量实例：示波器的过载恢复功能良好，信号没有失真。



线性范围与过载恢复

测量实例: 示波器的过载恢复功能不佳, 造成信号失真。
(测试脉冲信号与上一页相同)



实例：



示波器的主要指标

- ▶ 示波器主要技术指标—保证示波器精确的显示信号波形的前提条件

- 示波器的带宽

- 线性范围()与过驱动恢复()

- 数字示波器采样率

- 示波器存储长度

- 波形捕获率（先进的 ）

- ▶ 示波器主要的功能—保证示波器稳定、捕获显示波形的必要条件

- 垂直

- 水平

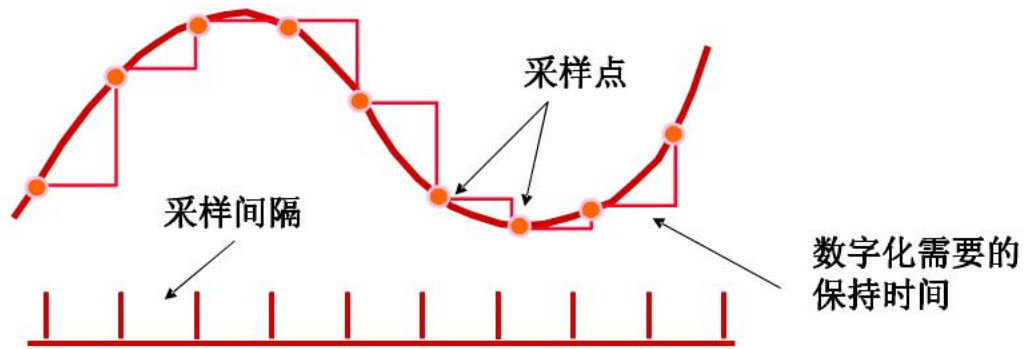
- 示波器的触发

- 与外部设备的互联能力

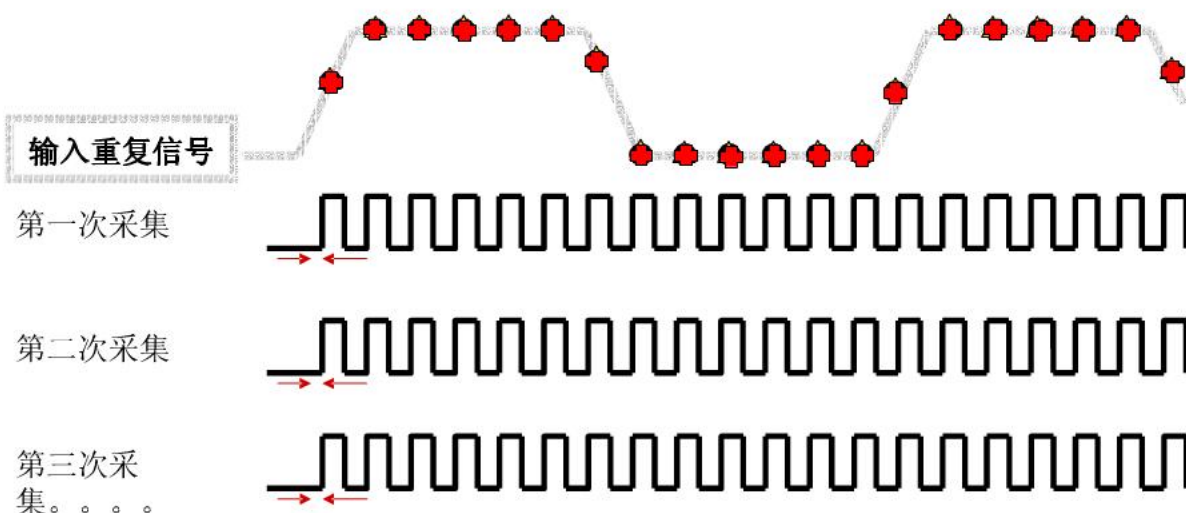
- 数据的处理技术与能力

采样

- ✦ 采样是等间隔地进行；
- ✦ 采样率以“点/秒”来表示。
- ✦ 实时采样、随机等效采样、顺序等效采样方式

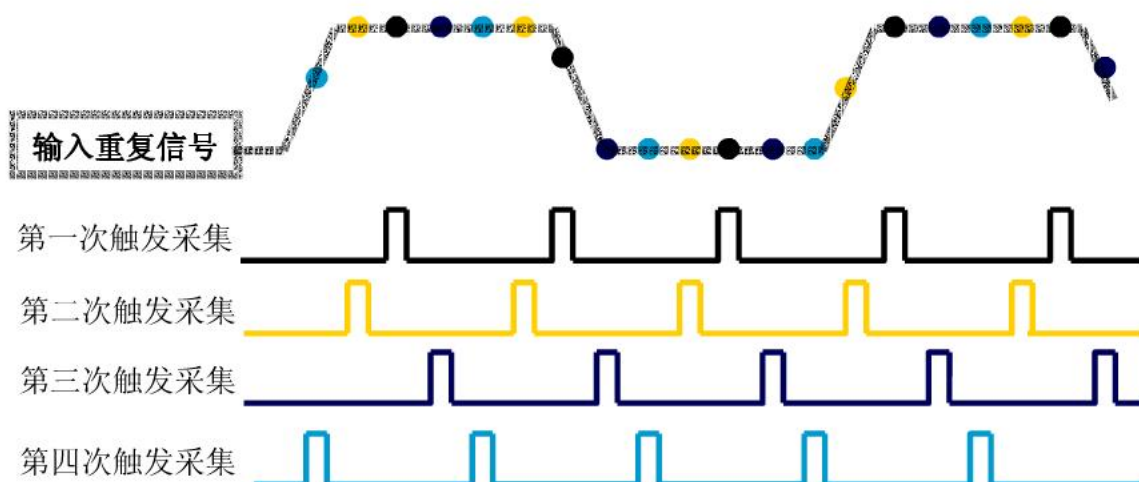


数字实时采样技术：实时采样是最直观的采样方式，采样率超过模拟带宽4-5倍即可。



- ▶ 只需一次触发已采集到信号所有资料
- ▶ 对信号的要求：重复信号且可允许信号变化
- ▶ 实时采样技术示波器，不仅适用捕获重复信号，而且是捕获非重复信号和单次信号的可靠技术。以及是捕获隐藏在重复信号中的瞬态和异常信号的前提条件。

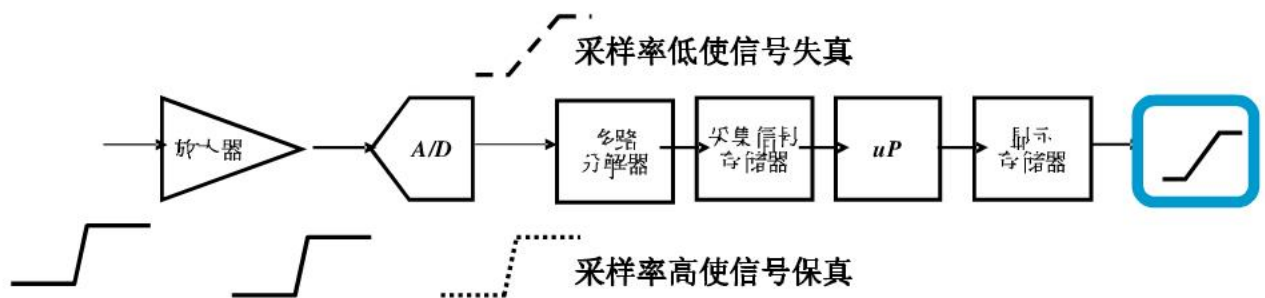
随机数字等效采样技术：以较低的 f_s 对信号采集，将多次触发采集到资料进行重组，实现对重复信号的捕获和显示。



- ▶ 需要经过多次次触发才能采集到信号的所有资料
- ▶ 对信号的要求：信号必须重复并且稳定，如信号变化（如幅度）将造成显示混乱。
- ▶ 等效技术示波器，只适用捕获重复稳定信号，对捕获非重复信号和单次信号的能力。以及对捕获隐藏在重复信号中的亚幅度和异常信号的能力。将受到实时采样率的限制。

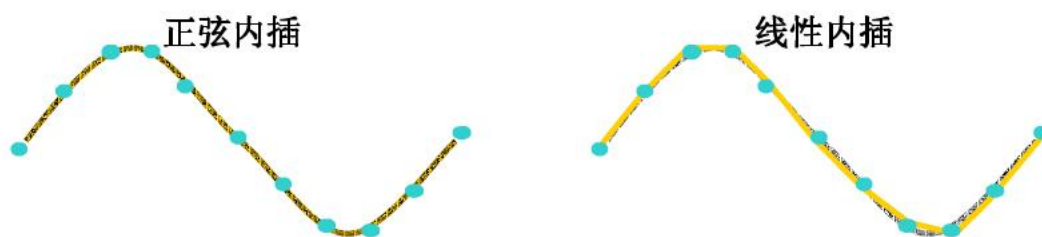
采样率对单次信号采集

- 数字示波器不但观测重复信号，同时需要观测单次事件信号。虽然示波器的放大器带宽保证了信号输入不失真，但采样率不足会造成显示信号丢失和失真。所以示波器必须具有足够的采样速率，可以捕捉单次信号和精确恢复显示波形。
- 奈奎斯特采样定理中指出采样率至少为信号最高频率带宽的2倍以上，从而保证信号在恢复时不发生混叠现象和失真的情况发生。



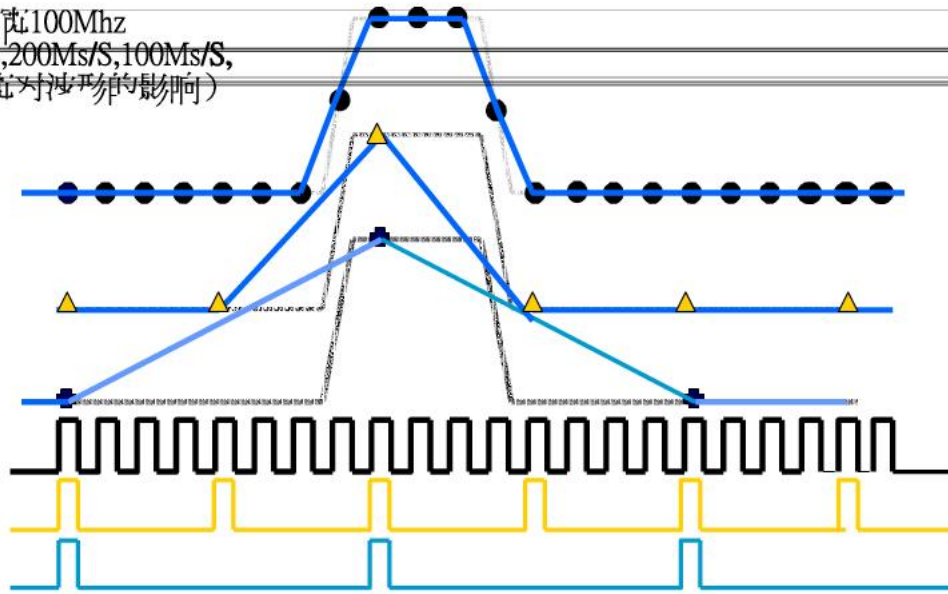
单次采集带宽和波形复现

- ✦ 单次采样带宽也就是常说的实时带宽，它是由模拟带宽、采样率以及波形重建的方法共同决定，因此它决定了所构建的单次波形的完整性。
- ✦ 波形重建的方法主要是指波形再现的插值算法。
 - ✦ 线性内插：在相邻采样点直接连接上直线，局限于直边缘信号。
 - ✦ 正弦内插： $(\sin X/x)$ 利用曲线来连接样点，通用性更强。它利用数学处理，在实际样点间隔中运算出结果。这种方法弯曲信号波形，使之产生比纯方波和脉冲更为现实的普通波形。
- ✦ 内插系数：泰克公司的内插系数为2.5，采用5倍以上示波器带宽的采样率是为提高信号的保真
 - ✦ 使用正弦内插，一般采用内插系数为5计算示波器的单次信号带宽。单次带宽=实时采样率/5（内插系数）。使用线性内插，一般采用内插系数为10计算示波器的单次信号带宽。单次带宽=实时采样率/10（内插系数）。



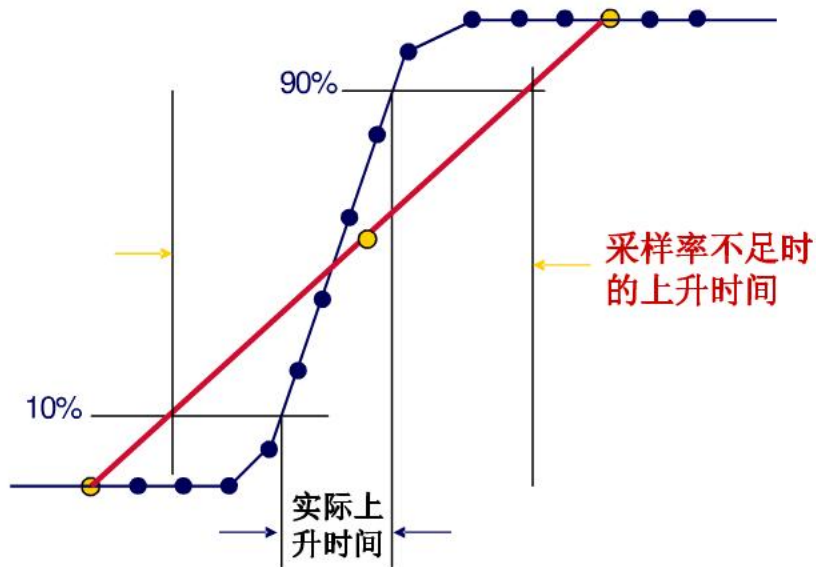
示波器采样率决定：窄脉冲和毛刺信号精确捕获和复现能力只有信号速度在单次带宽的范围内，对捕获信号才能精确复现

例：示波器带宽100Mhz
采样率1Gs/S, 200Ms/S, 100Ms/S,
(不考虑带宽对波形影响)



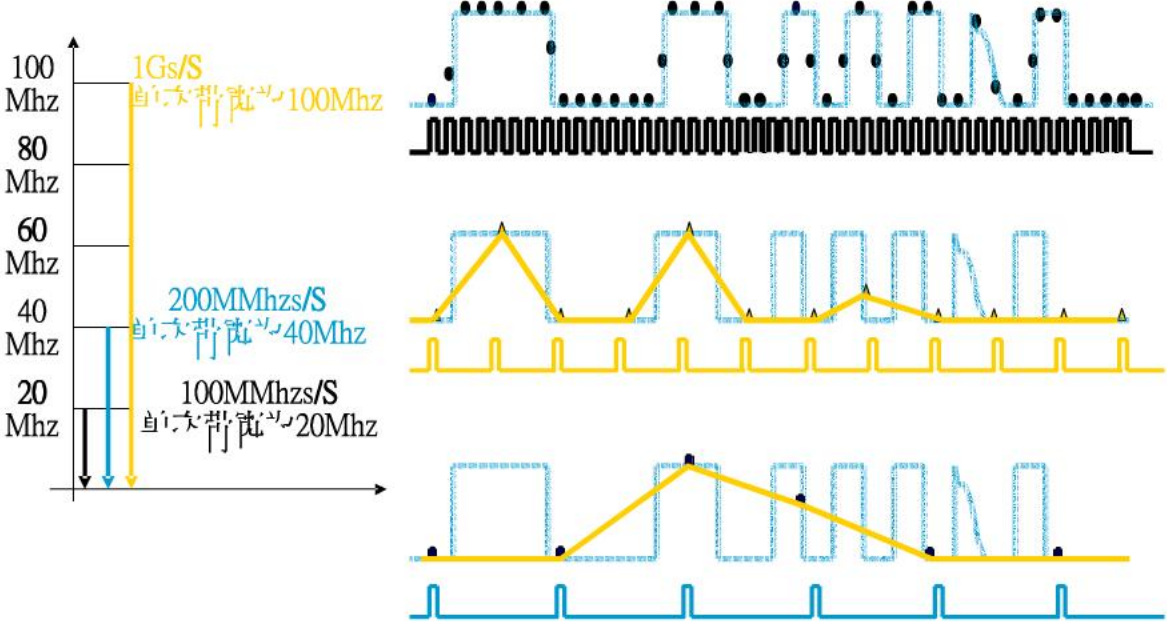
- ▶ 示波器带宽选定后，采样率决定了单次带宽。单次带宽决定示波器对毛刺和单脉冲信号的捕获能力和复现能力，也决定了示波器检测重复信号中异常信号和随机毛刺信号的捕获能力。

示波器采样率决定：采样率不足使测量上升时间产生误差。



- ▶ 示波器带宽选定后，采样率决定单次带宽。单次带宽决定示波器对阶跃、单次信号中的快沿的捕获和复现能力，也决定了示波器对检测，低重复率信号的上升和下降沿捕获能力。

示波器采样率决定：脉冲序列精确复现能力，只有信号速度在单次带宽的范围内，对捕获信号才能精确复现



总结：采样率的选择

- ▶ 我们在确定示波器的带宽后，还要选择足够的采样率来与之相配合，这样才能获得适合于实际测量中的实时带宽，从而获得满意的显示和测量结果。
- ▶ 如果在实际的测量中，比较重视单次信号的精确信息，我们建议采样率要在带宽的五倍以上，最好能在八到十倍。

示波器的主要指标

- ▶ 示波器主要技术指标—保证示波器精确的显示信号波形的前提条件

- 示波器的带宽

- 线性范围()与过驱动恢复()

- 数字示波器采样率

- 示波器存储长度

- 波形捕获率（先进的 ）

- ▶ 示波器主要的功能—保证示波器稳定、捕获显示波形的必要条件

- 垂直

- 水平

- 示波器的触发

- 与外部设备的互联能力

- 数据的处理技术与能力

示波器存储深度

- ▶ 操作时以记录长度()来表示
 - ▶ 以点()为单位来记录波形
 - ▶ 示波器储存采样点数据
 - ▶ 记录长度由几十点到数十兆点
 - ▶ 在相同采样率的条件下，记录长度愈长，记录的时间愈长

$$\text{记录时间} = \text{采样区间} (1/\text{采样率}) \times \text{记录长度}$$

| <i>Duration</i> (时间) | <i>Record Length</i> (记录长度) | <i>Sample Rate</i> (采样率) | <i>Resolution</i> (分辨率) |
|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <i>20 us</i> | <i>500 samples</i> | <i>25 MS/s</i> | <i>40 ns/pt</i> |
| <i>20 us</i> | <i>2500 samples</i> | <i>125 MS/s</i> | <i>8 ns/pt</i> |
| <i>20 us</i> | <i>5000 samples</i> | <i>250 MS/s</i> | <i>4 ns/pt</i> |

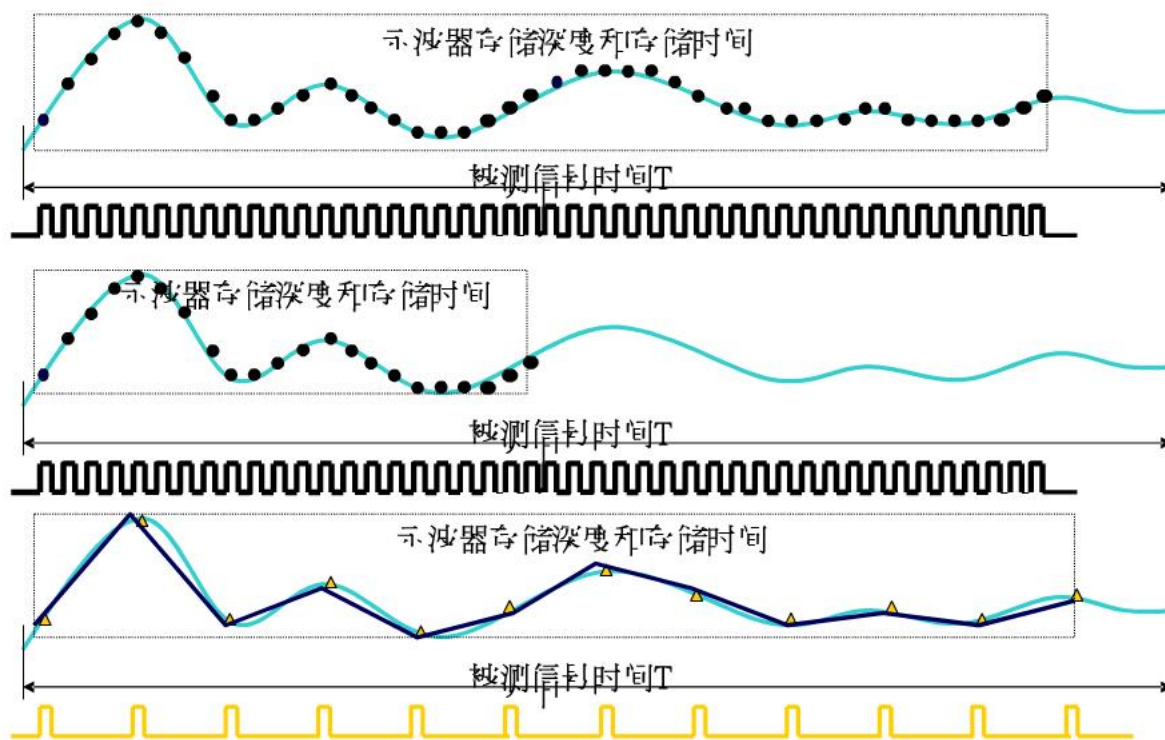
示波器采样率与存储长度的关系

- ▶ 示波器最高采样率决定示波器单次带宽的限制，为保证波形精确复现建议：正弦内插技术示波器以： $\text{采样率} / 5 = \text{单次带宽}$ 的公式计算单次带宽，线性内插技术示波器以： $\text{采样率} / 10 = \text{单次带宽}$ 公式计算。
- ▶ 采样率不足将限制示波器单次带宽。如果示波器在全带宽范围内，对单次信号实现捕获和精确复现。只有采样率高于示波器带宽5倍以上（正弦内插），才能使示波器的重复信号带宽 = 单次信号带宽。
- ▶ 示波器存储长度对波形的记录是以波形精确捕获为前提。

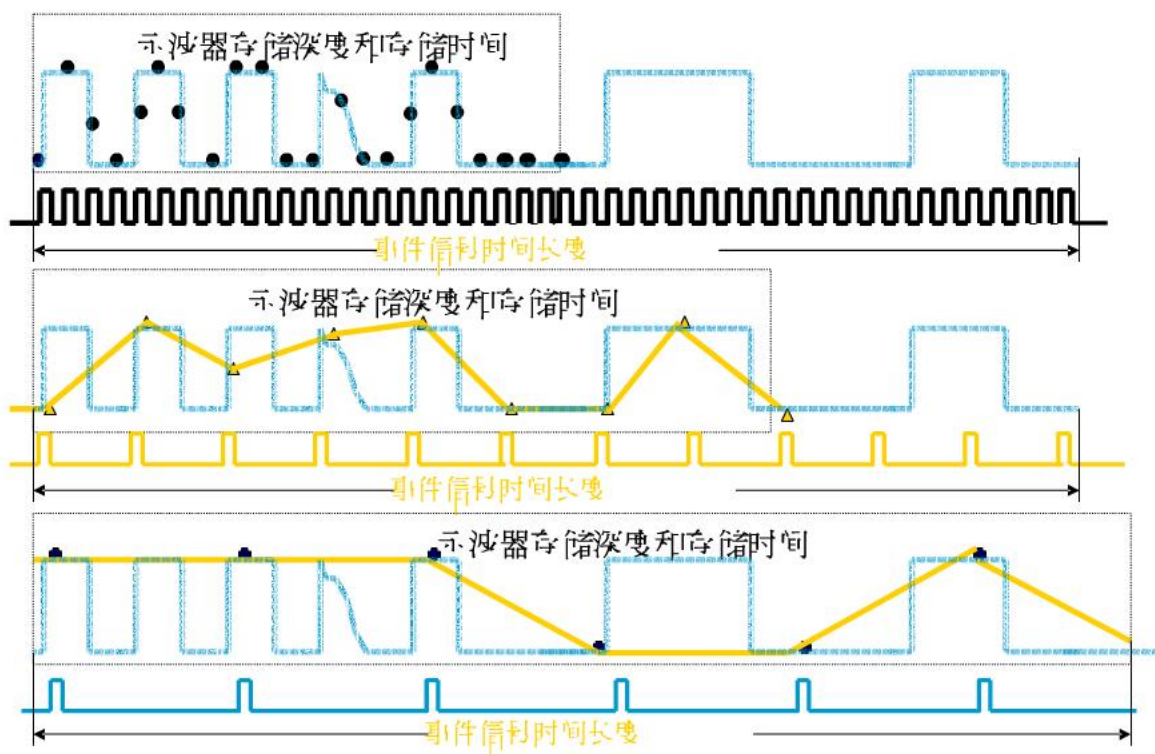
当信号频率或速度超过单次带宽的限制（信号不能重组），即使示波器带宽对信号不产生影响，但由于采样不足将造成显示信号的混叠、畸变和漏失。就是示波器有再长的存储，存储的波形也是畸变的失真波形。

当单次信号中的高频成份，低于示波器的单次带宽，才能保证信号的高频细节。此时存储长度越长，波形记录时间越长。存储深度短，将丢失波形部分时间的信息。

采样率、单次带宽与存储深度对波形限制



采样率、单次带宽与存储深度：对波形的限制



存储深度总结

▶ 示波器带宽、单次带宽和记录长度对被测波形显示的影响：

单次带宽对单次信号的精确复现起到限制作用。对单次事件和脉冲串等非重复信号，以及对重复信号中的异常信号进行捕获时，如采样率不符合捕获信号速度的要求，将造成复现的信号会失去高频成份。显示的信号与被测信号相比，上升和下降时间变慢，或高频脉冲信息漏失，影响信号完整性测量。在这种情况下不论示波器的存储深度有多长，已没有实际意义。

在保证对单次信号进行精确捕获前提下，示波器存储深度越长，波形的存储时间就越长。

由于示波器存储深度有限。使用的不是示波器最高采样率，对单次信号进行捕获时。提高采样率可以提高对信号的捕获精度和分辨率。但降低了存储信号的时间。采样率和存储深度有限，提高存储时间只能降低采样率，但降低采样率将失去波形的细节同时失去快沿信号的高频成份使上升时间变慢。

如单次信号时间较长，要保证信号中高频信息不丢失（信号漏失和畸变）。需要我们综合考虑示波器带宽、采样率和存储长度等指标，以保证被测信号的精确复现。示波器的捕获率和触发功能、可以优化示波器的存储深度和采样率。

采样率 时基() 记录长度

水平解析度

- ▶ 两个采样点间的时间(采样区间)是最小的水平解析度
- ▶ 采样区间 = 1/采样率
- ▶ 因此在采样率为50 / 时，水平解析度为 $1/50 = 20$

在一个固定的记录时间内要想改进水平解析度有两个方法：

- ▶ 更高的采样率(或速度)；
- ▶ 更长的记录长度(或存储器)。

示波器的主要指标

- ▶ 示波器主要技术指标—保证示波器精确的显示信号波形的前提条件

- 示波器的带宽

- 线性范围()与过驱动恢复()

- 数字示波器采样率

- 示波器存储长度

- 波形捕获率（先进的 ）

- ▶ 示波器主要的功能—保证示波器稳定、捕获显示波形的必要条件

- 垂直

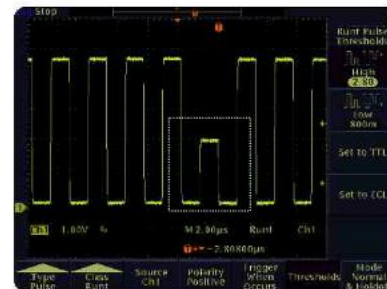
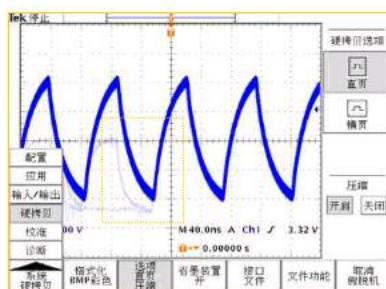
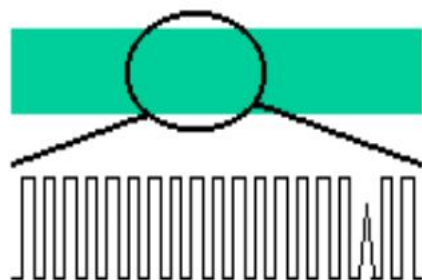
- 水平

- 示波器的触发

- 与外部设备的互联能力

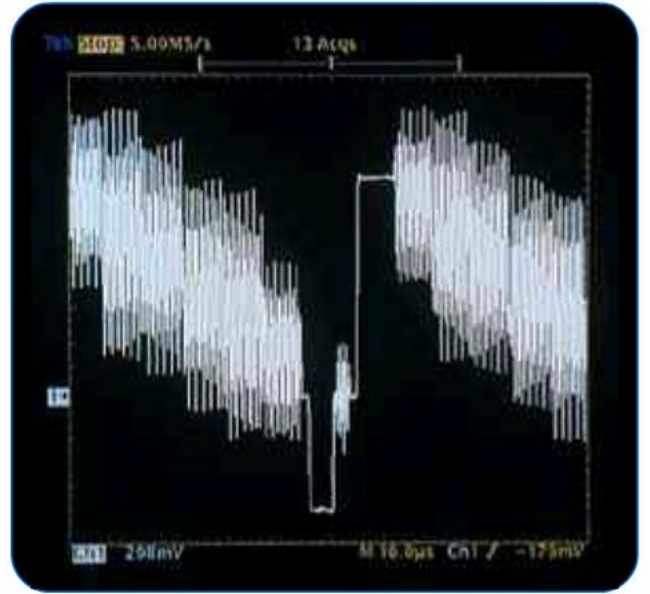
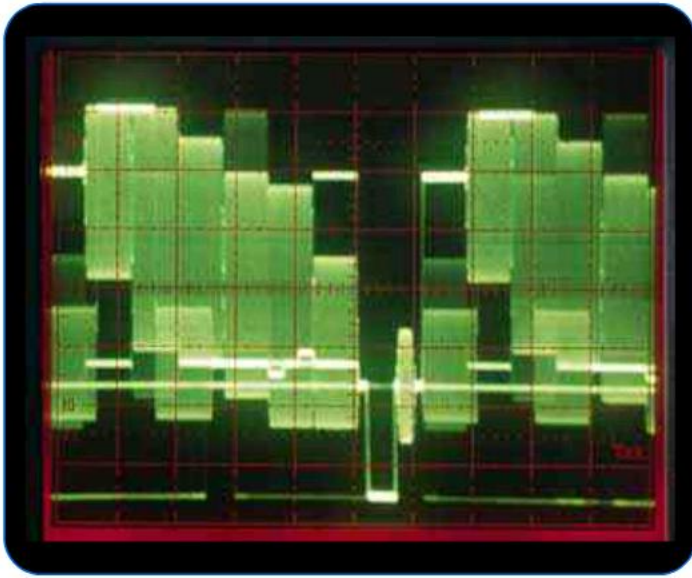
- 数据的处理技术与能力

捕获率 (DPO技术)：我们关心重复信号中存在的异常波形（未知信息）和观测复杂重复信号，使用DPO技术是发现故障信息的最佳选择。

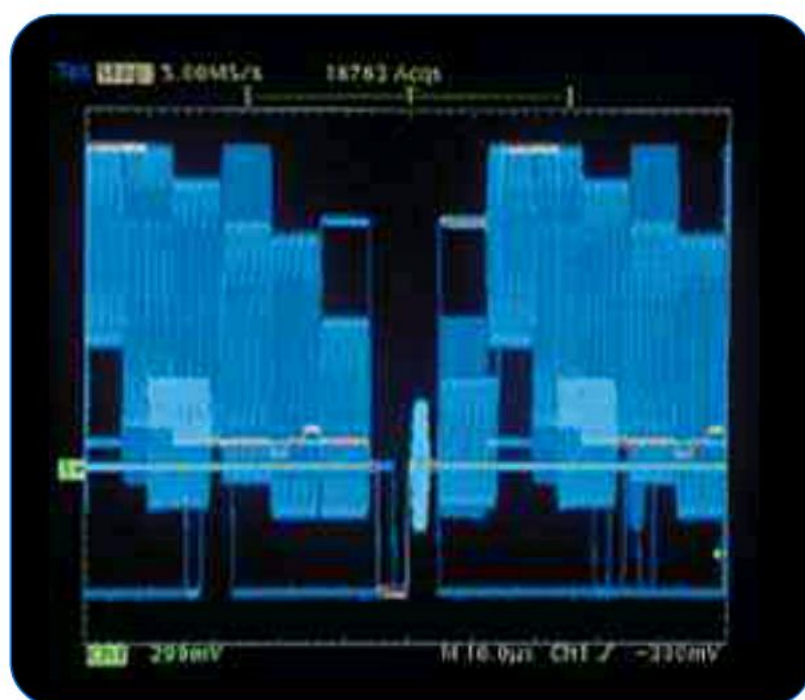


- 数字荧光示波器波形捕获能力，可快速发现波形中的异常信号。可将未知信号转变为可视的已知信号。
- 通过示波器的高级触发功能选择和设置，进一步将信号隔离捕获，从而能对该信号进行精确的测量和分析。
- 象触发功能一样，捕获率可以减小示波器实际需要的存储深度，优化采样率和示波器存储深度。
- DPO技术不但有快速的波形捕获率，同时对每次捕获的波形进行数字荧光处理。使其有类似模拟示波器一样的，对信号具有快速实时响应和亮度等级显示的能力。观测重复信号中异常波形和复杂重复信号使用DPO是最佳选择。
- ▶ 异常波形检测功能

模拟示波器

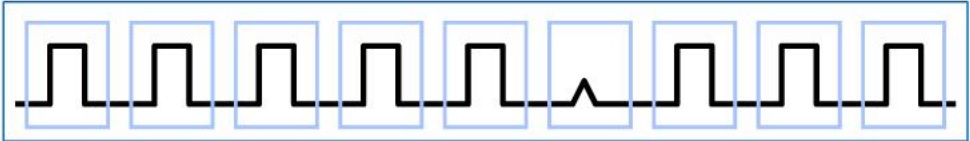


鱼与熊掌兼得的



数字荧光示波器

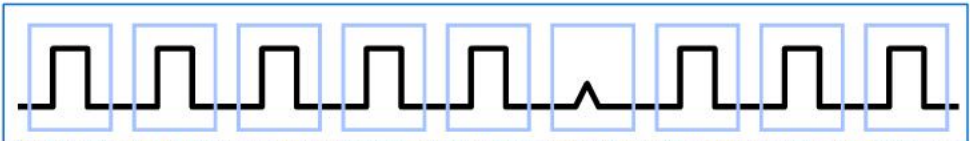
模拟示波器



普通数字存储示波器



数字荧光示波器



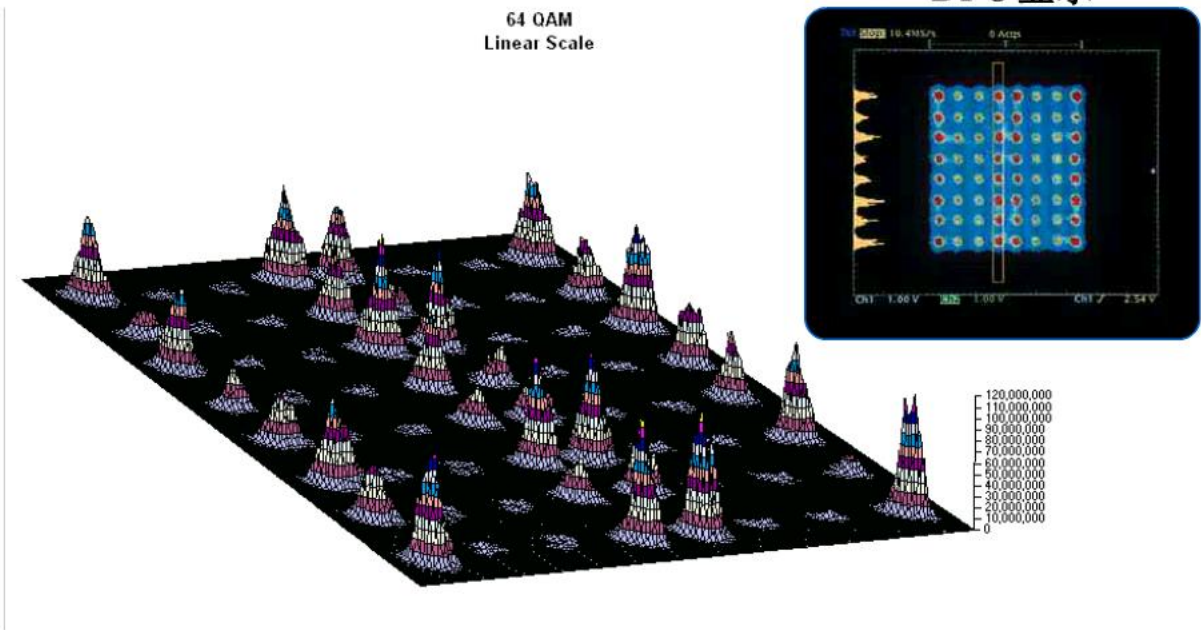
(数字荧光) 显示

- *DPO*采用**并行处理结构**整合显示与采集系统。
- *DPX* **波形影像处理器**建立与管理实时亮度层。
- *DPX* 提供比数字示波器处理快 **1,000** 倍以上的信号数据量。
- 支持*YT*, *XY* 及 *XYZ* 显示。



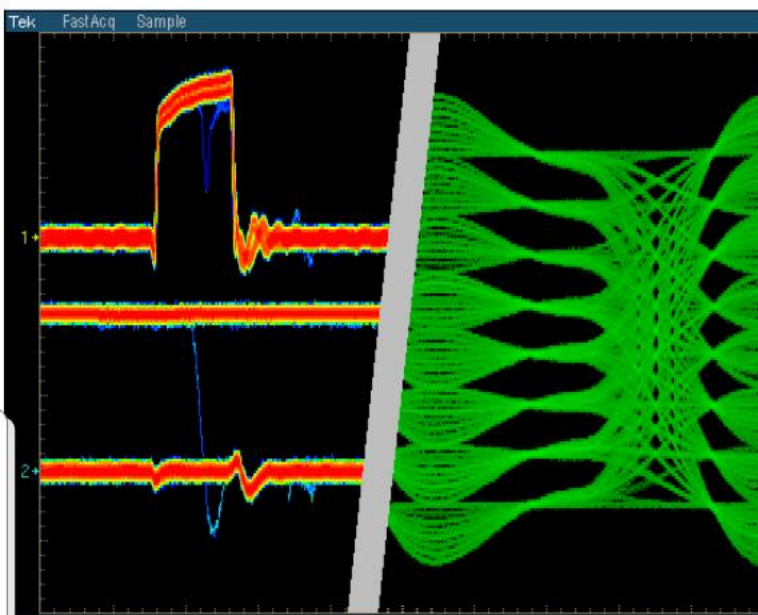
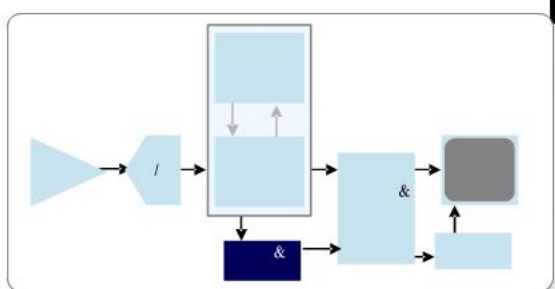
(数字荧光) 显示

▶ 3 (三维) 数据库。



DPO (数字荧光) 显示实例

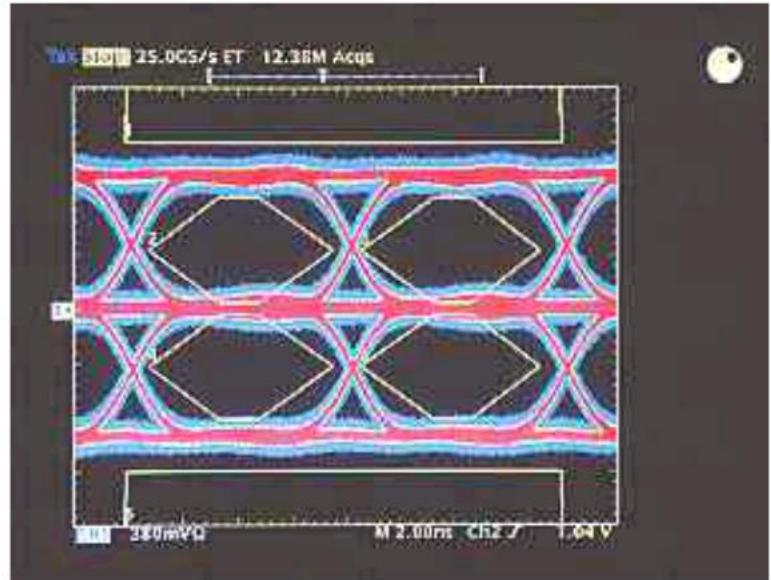
- ▶ 波形捕获率 > 400,000 / 。
- ▶ 显示亮度直接控制。
- ▶ 偶发的异常信号清晰可见。
- ▶ 64 信号强弱分明。



显示 长余辉()

- ▶ 余辉显示是示波器利用连续叠加屏幕触发波形，来观察异常信号的一种特殊波形显示与采集。在进行信号的眼图统计与分析时候，经常会使用长余辉方式。
- ▶ 能够观察到异常信号的时间长短，取决于屏幕更新率的快慢。屏幕更新率若太慢，则可能需要很长的时间才能显示出异常信号。因此，此一功能一般在得知有异常信号出现时使用。
- ▶ 显示**不是**长余辉

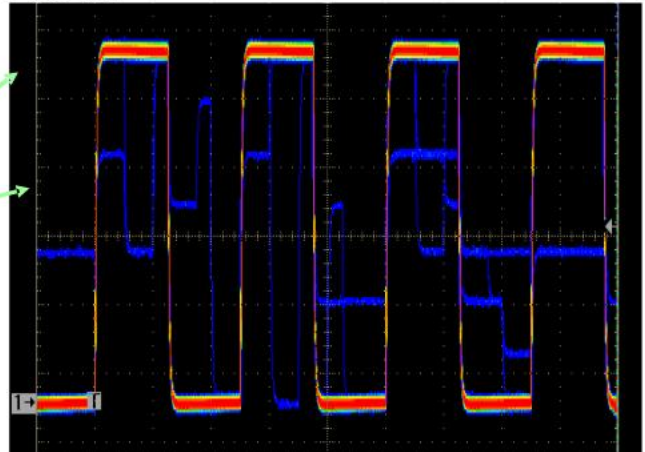
用持续显示来分析眼图



显示 记录长度

- ▶ 观察异常信号的另一种方式，就是利用很长的记录长度，一次性的将很长的信号采集到存储器内，然后再逐一的检视异常的部分。
- ▶ 能否观察到异常信号，取决于异常信号出现的概率及记录长度的长短，若异常信号在经过每百万次正常信号后出现一次，则需要至少1M点的记录长度才能显示一次异常信号。因此，此一功能一般也在**得知有异常信号出现**时使用。
- ▶ **DPO**显示由于能够以很高的捕获率抓住异常信号，加上3D资料库的功能可将异常信号出现的比率同时以色温等方式显现。

不同颜色代表
不同的出现率

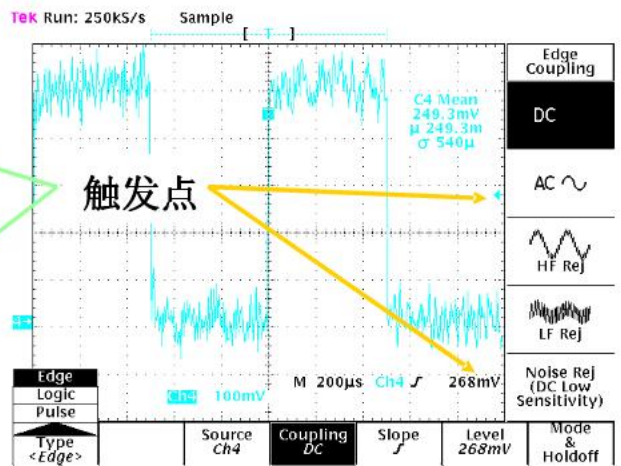
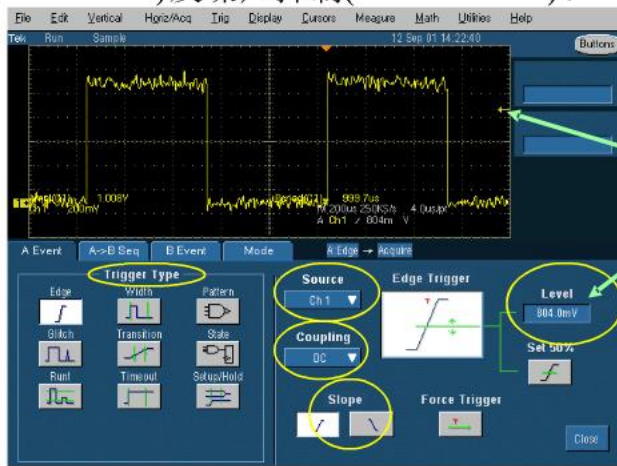


数字示波器的主要规格与特性

- 带宽 ()
- 线性范围()与过驱动恢复()
- 采样率 ()
- 通道数 ()及通道时延调整()
- 存储深度 ()
- 采样率 . . 时基() . .记录长度
- 示波器的波形显示与采集
- 触发 ()
- 自动测量与统计分析

触发 ()

- ▶ 所有采样的参考点都是根据触发而来，只有经过正确的触发后，才能显示正确的波形及测量数据。
- ▶ 数字示波器提供多种触发形式，模拟示波器仅有边缘触发。
- ▶ 触发设置是经由触发电平、触发源、耦合方式、斜率及形式。
- ▶ 耦合方式可分为直流()、交流()、高频抑制()、低频抑制()及噪声抑制()。



触发 ()

▶ 示波器触发形式

边缘 ()

脉冲 ()

- ▶ 脉冲宽度 (), 毛刺 (), 欠幅脉冲 (), 斜率(或称), 超时 ()

逻辑 () (, ,)

- ▶ 建立/保持(/), 图形 (), 状态 ()

视频 (/) ()

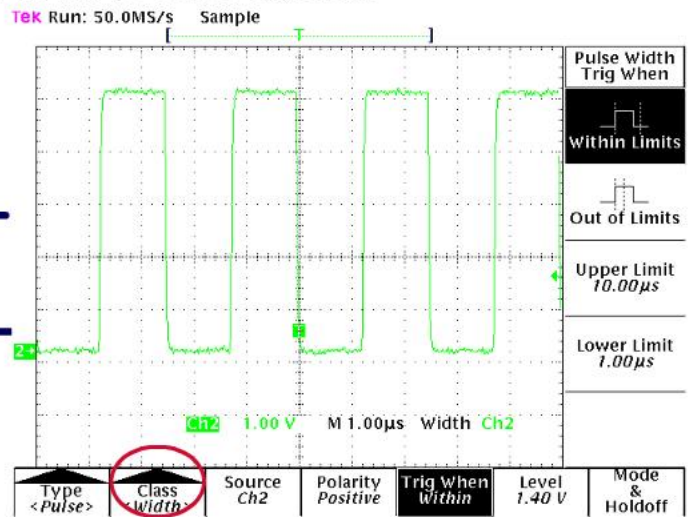
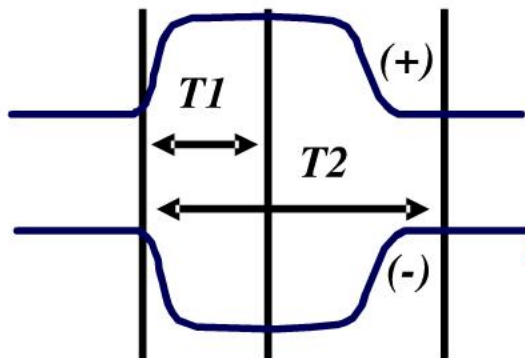
- ▶ 图像选择
- ▶ 水平行计算

通讯 () ()

- ▶ , 102, / , (光纤通道), (以太网)。

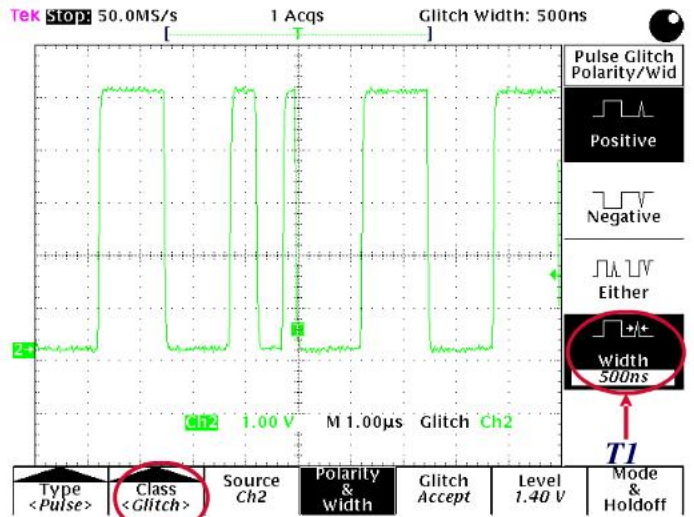
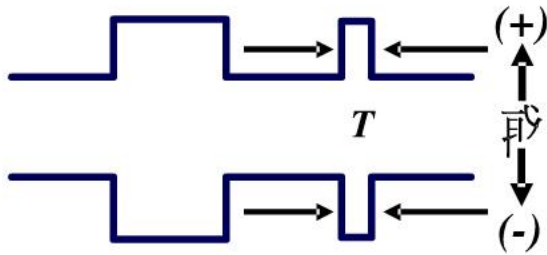
脉冲宽度触发

- 采集特定**脉冲宽度**信号时使用。
- 先定义两个脉冲宽度 $T1$ 及 $T2$ ， $T1 < T2$
- 脉冲信号的宽度 T ，当 $T1 < T < T2$ 时，触发 – 称为内部(*Inside*)触发，当 $T < T1$ 或 $T > T2$ 时，触发 – 称为外部(*Outside*)触发。
- 可选择正或负脉冲触发。



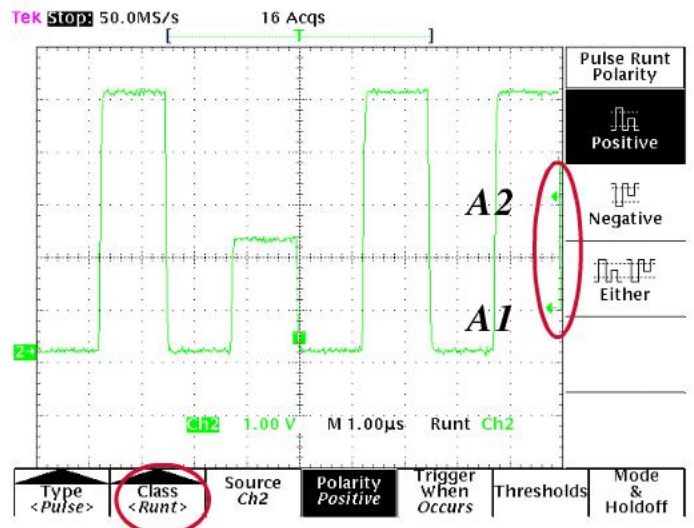
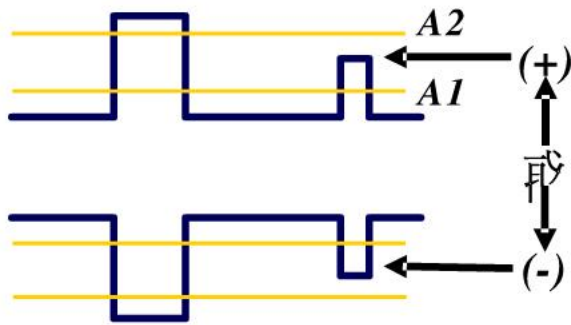
毛刺触发

- 采集脉冲宽度突然变窄的信号时使用。
- 先定义一个脉冲宽度 $T1$ 。
- 脉冲信号的宽度 T ，当 $T < T1$ 时，触发。
- 可选择正或负脉冲触发。



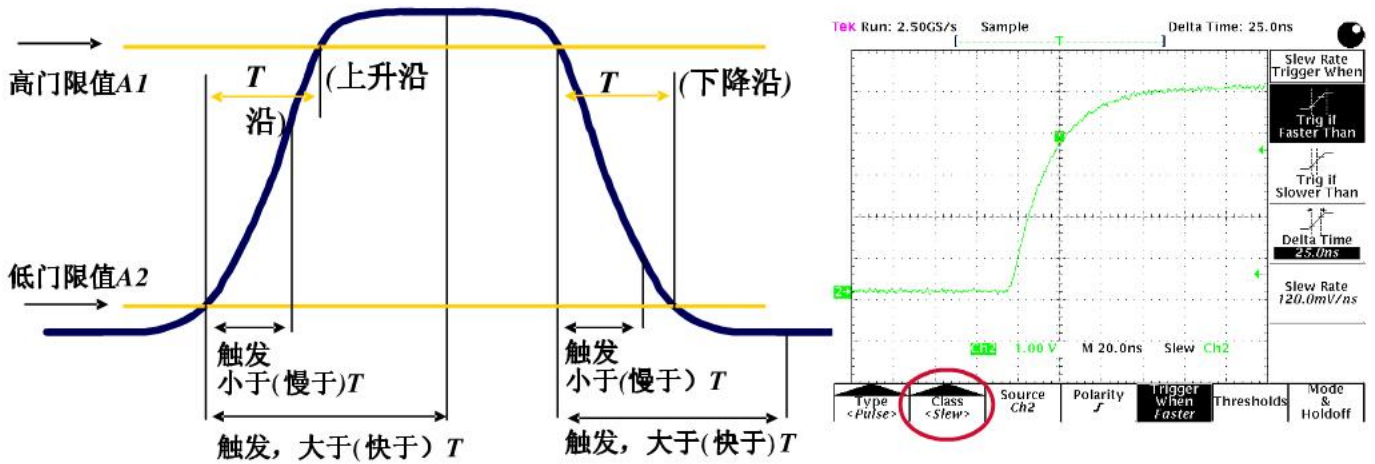
欠幅触发

- 采集脉冲振幅突然变小的信号时使用。
- 先定义两个振幅门限(Thresholds)电压 $A1$ 及 $A2$, $A1 < A2$ 。
- 脉冲信号的振幅 A , 当 $A1 < A < A2$ 时, 触发。
- 可选择正或负脉冲触发。
- 亦可设置最小脉冲宽度。



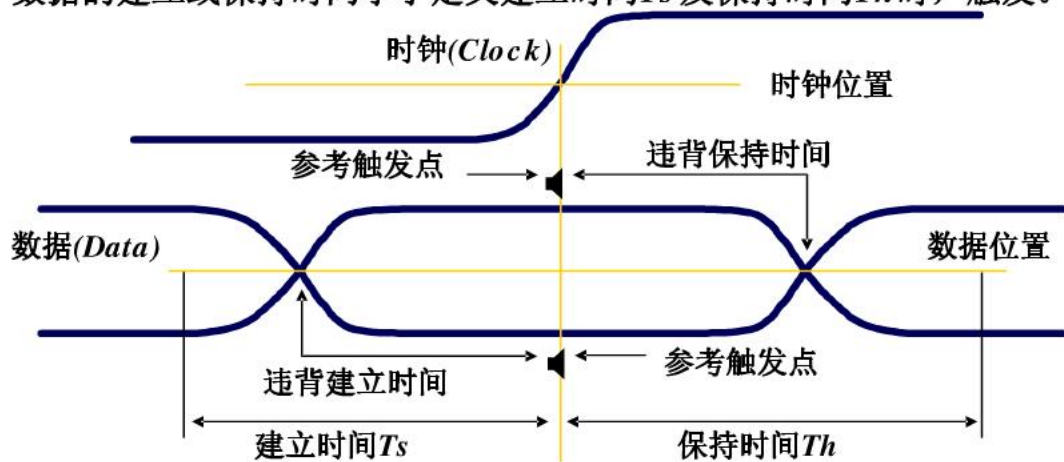
斜率触发

- 采集 **特定斜率的脉冲信号** 时使用。
- 先定义一个脉冲的高门限值 $A1$ 及低门限值 $A2$ ， $A1A2$ 的时间差为 T 。
- 脉冲信号 $A1A2$ 间的上升(下降)时间，若小于(慢于)或大于(快于) T 时，触发。
- 可选择正或负边缘触发。



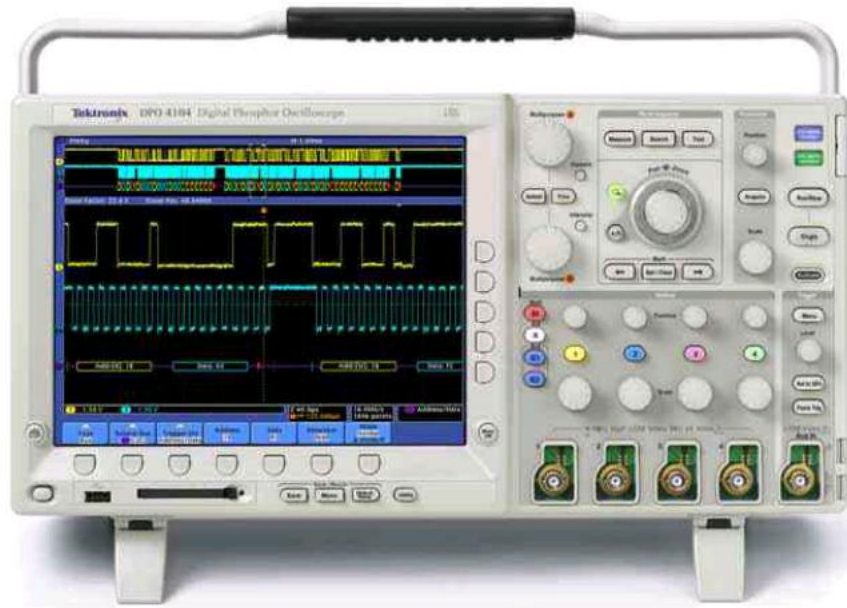
建立及保持触发

- 采集建立及保持时间违规的数字信号时使用。
- 需占用两个通道，分别为时钟(*Clock*)及数据(*Data*)。
- 先定义时钟及数据的位置，然后定义建立时间 T_s 及保持时间 T_h 。
- 在参考触发点之前的时间，为前一数据的保持时间，之后的时间，则为后一数据的建立时间。
- 任一数据的建立或保持时间小于定义建立时间 T_s 及保持时间 T_h 时，触发。






介绍 4000系列 数字荧光示波器

调试更智能，而不是更困难！



介绍 4000系列数字荧光示波器

4000的产品特点

| | | |
|---|--|---|
|  <p>Wave Inspector</p> |  <p>串行触发和分析</p> |  <p>操作简便</p> |
| <p>高性能</p> | | |

高性能

▶ 还有这些新性能：

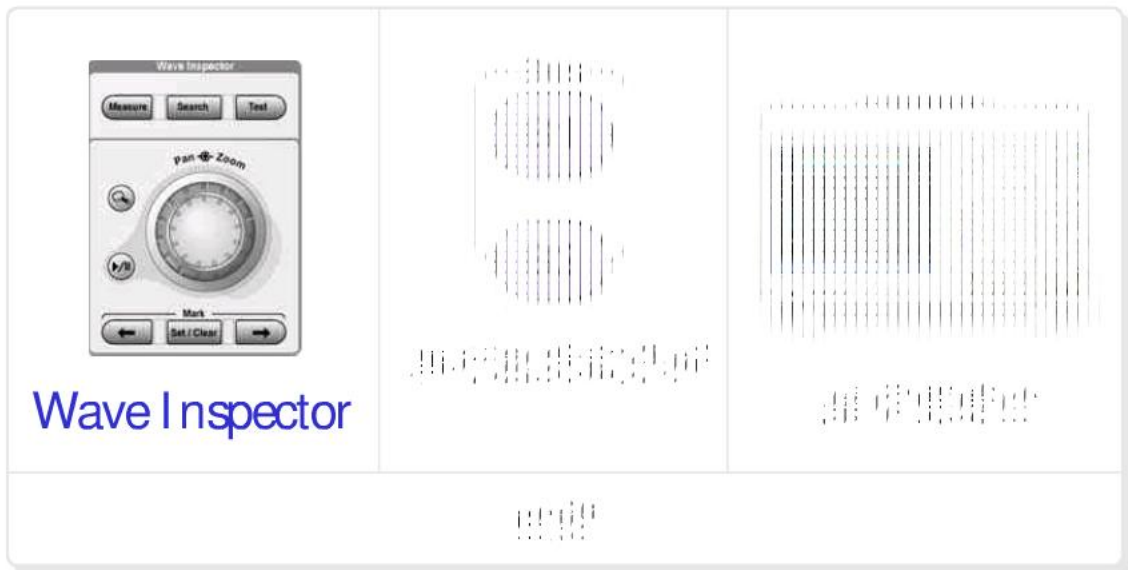
系列的高级触发功能

- ▶ 边沿(触发)
- ▶ 逻辑
- ▶ 脉宽
- ▶ 上升/下降时间
- ▶ 触发
- ▶ 建立/保持时间
- ▶ 2 , , 触发

支持 接口打印机,
盘和 卡

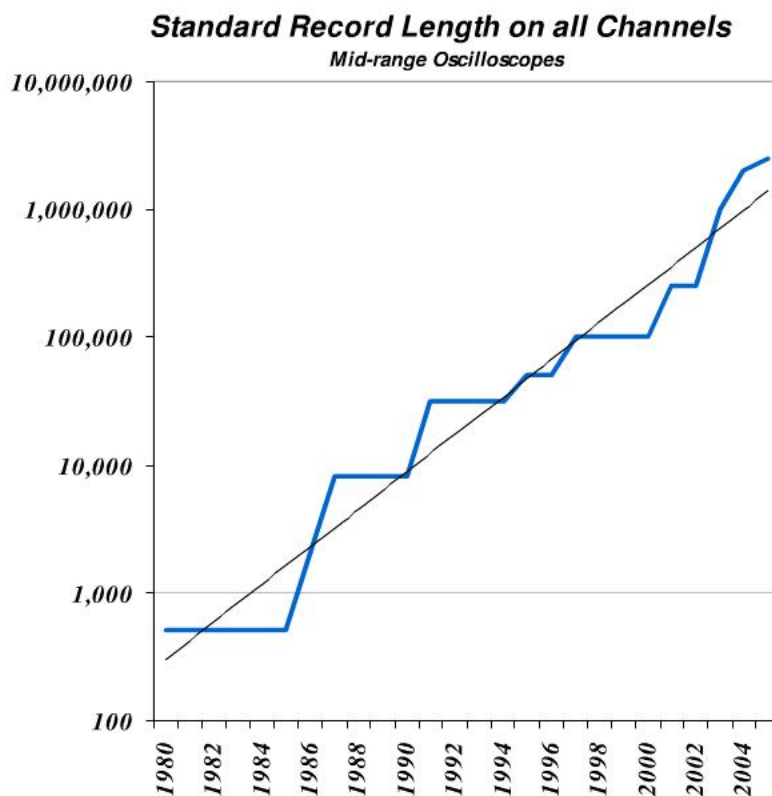


4000主要特色



背景

- ▶ 第一部数字示波器的记录长度约为500点
- ▶ 在过去25年中记录长度一直在逐步提高
- ▶ 当前大多数示波器的标配记录长度是100,000+样点



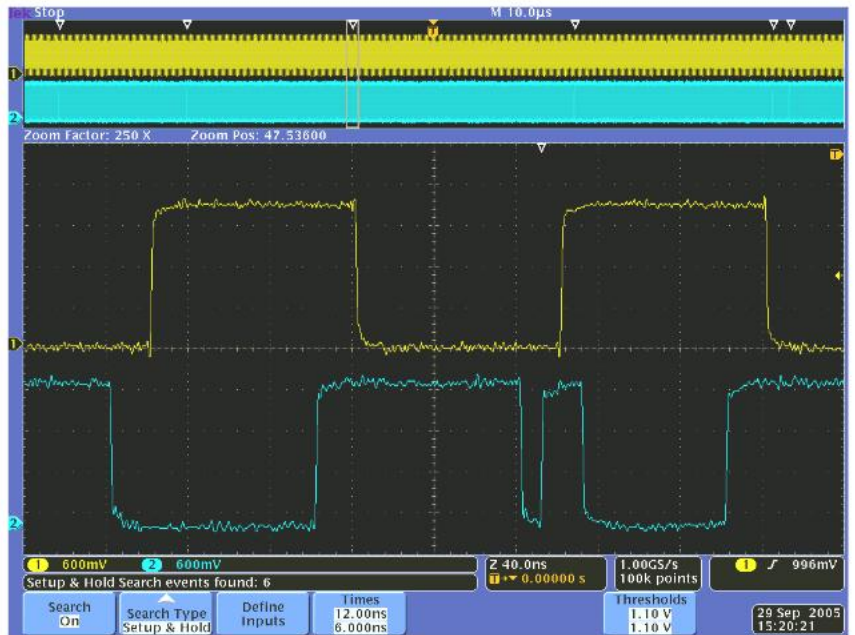
介绍

- ▶ Wave Inspector对示波器就象是Google对互联网
- ▶ 专用前面板控制功能：
 - 缩放
 - 平铺
 - 播放 / 暂停
 - 设置 / 清除标记
 - 在标记之间导航
 - 搜索和标记
- ▶ 强制外圈反馈
 - 旋转得越远，速度越快
 - 反向旋转旋钮，改变方向或减慢速度
 - 异常直观
- ▶ 大大改善了几乎每个客户都会关注的操作便捷性!

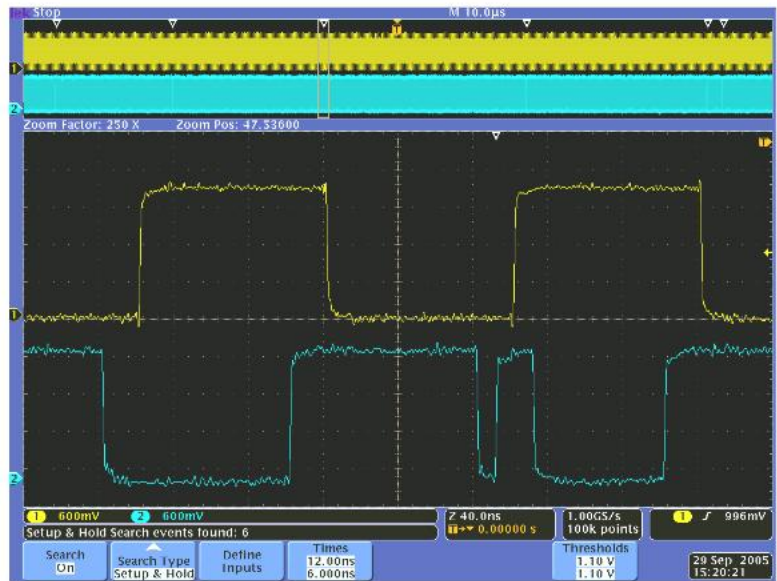
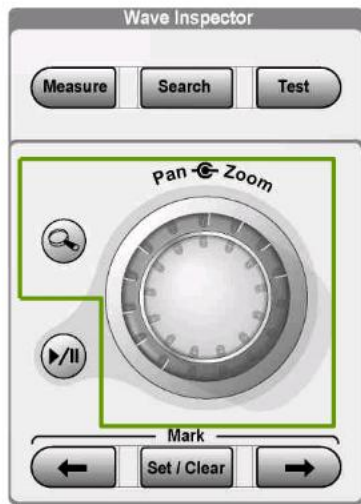


介绍

- ▶ 左移, 右移, 放大, 缩小, 标记, 有效的手动波型观测
- ▶ 强大的自动搜索能力, 快速找到答案

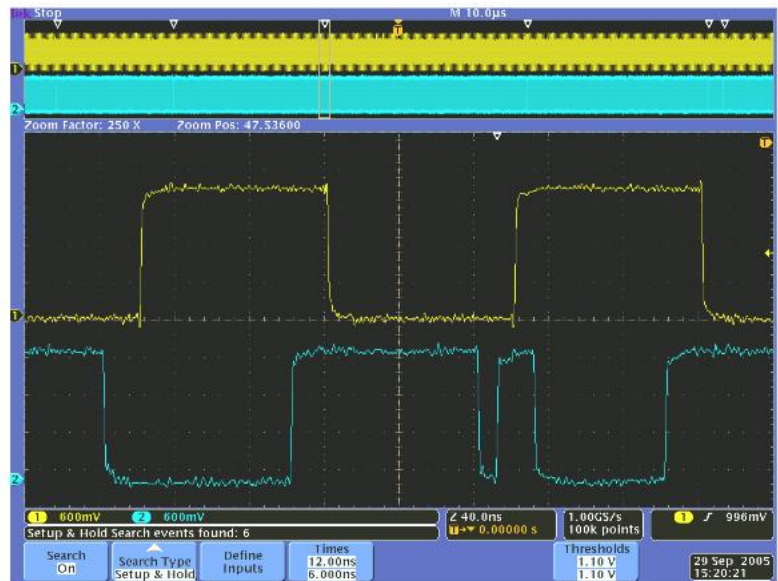
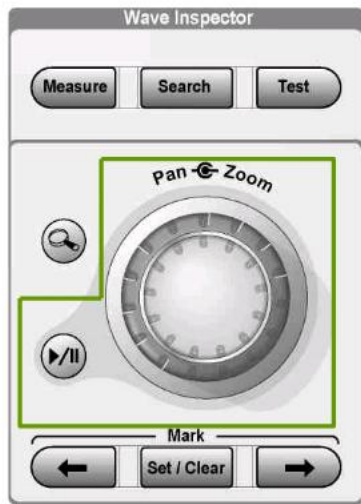


缩放, 平移



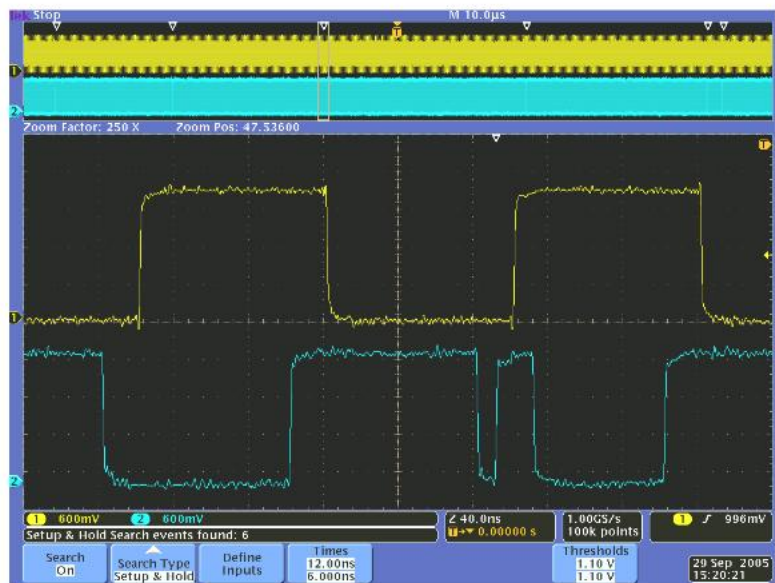
- ▶ 左移, 右移, 放大, 缩小, 导航钮外圈旋转得越远, 波形平移速度越快
- ▶ 1000万点的数据, 瞬间就可以从头到尾观看

播放/暂停



- ▶ 不想费力动手 可以试一试自动播放, 导航钮外圈可以控制播放的速度
- ▶ 你可以专注地观测波形了

标记



- ▶ 看到你感兴趣的波形了，加个标记吧！（白色小三角）
- ▶ 左右移动标记，一瞬间就可以在你感兴趣的事件之间切换

例一：汽车电路调试

- ▶ 我们在调试汽车电动车窗系统
- ▶ 想知道在司机按下按钮到实际车窗开始动作需要多长时间？
- ▶ 还需要同时关注汽车 总线传递的命令是否正常



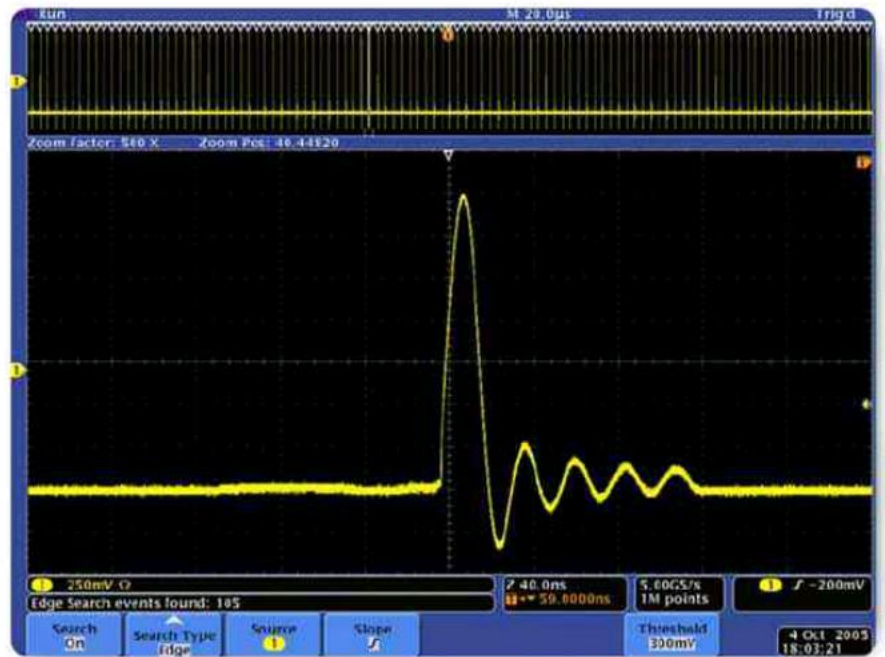
例一：汽车电路调试

- ▶ 通过 4000 的长存储，我们捕获整个的事件波形
- ▶ 看到按下按钮的动作，做标记（白色实心小三角）
- ▶ 看到 总线的车窗马达控制命令，标记
- ▶ 看到汽车马达动作的波形，做记号
- ▶ 你现在测量这些事件的时序关系轻而易举了



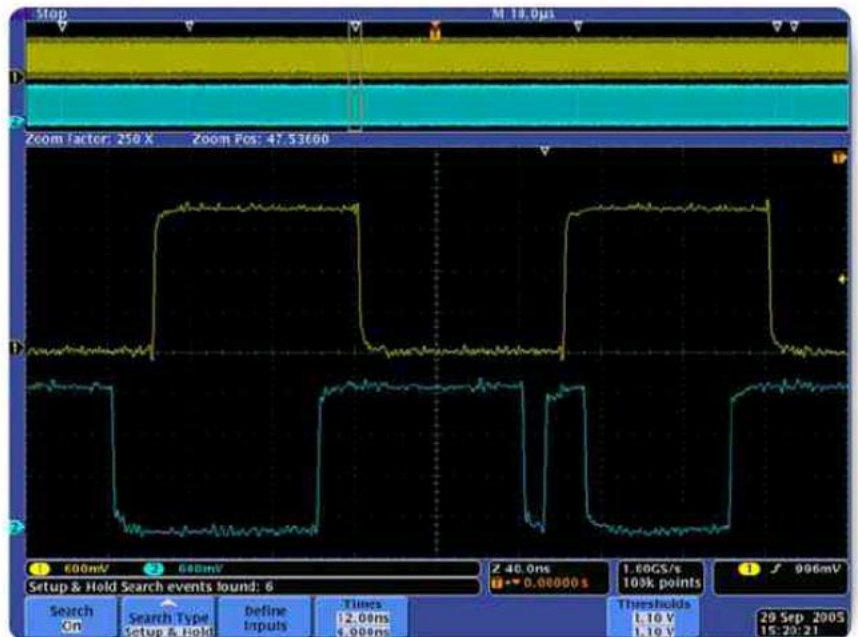
搜索

- ▶ 我们捕获到了一系列的激光脉冲信号，需要找到脉冲宽度小于20的脉冲
- ▶ 只要设置搜索条件为脉冲宽度小于20
- ▶ 你需要的脉冲出来了，（虚心小三角）

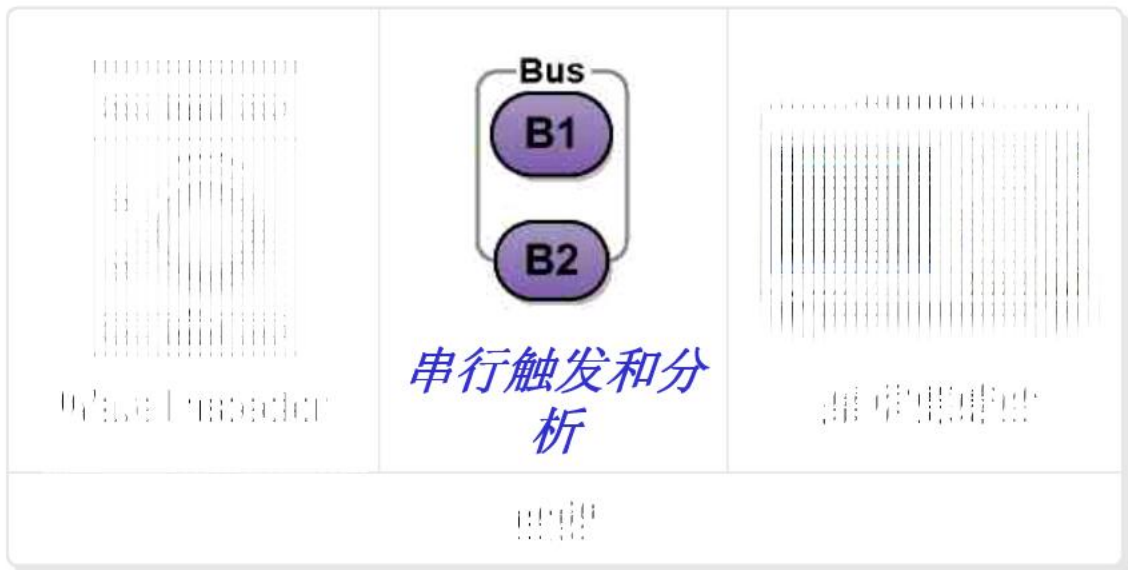


搜索

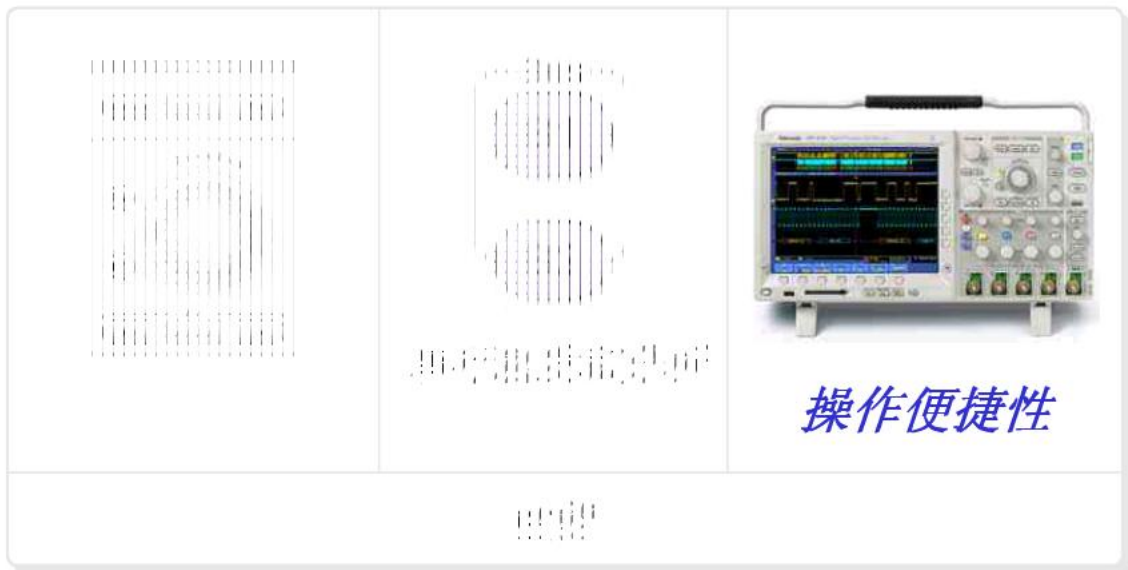
- ▶ 您的电路输出偶尔会有问题，你怀疑是数据读写的时序问题（建立保持时间）
- ▶ 我们捕获到不断对存储器读写的一系列波形
- ▶ 搜索建立保持违规的事件
- ▶ 找到故障了，下一步就看你的了！



4000主要特色



4000主要特色



连接能力

▶ 传统的接口有不少缺憾

- ▶ 必须另外购买 硬件
- ▶ 上需要安装 卡
- ▶ 和仪器都需要设置
- ▶ 232
- ▶ 速度太慢
- ▶ 需要设置各种参数(波特率等)

- ▶ 需要设置网络, 获得 地址
- ▶ 需要理解网络, 如

▶ 为仪器和 的连接设立了新的标准

- ▶ &



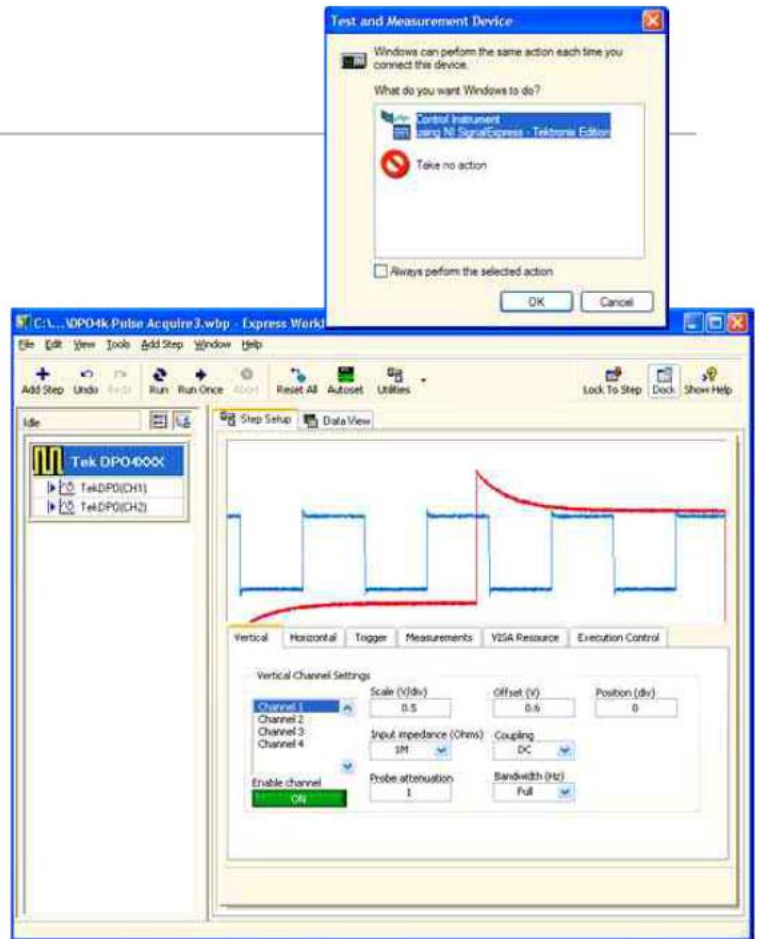
连接能力

新! - SignalExpress 泰克版


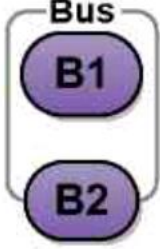

- ▶ 业界第一个 即插即用 解决方案

不需要任何设置
直接传递/观看波形
进一步进行分析

- ▶ 泰克与 共同研制



4000 主要特点

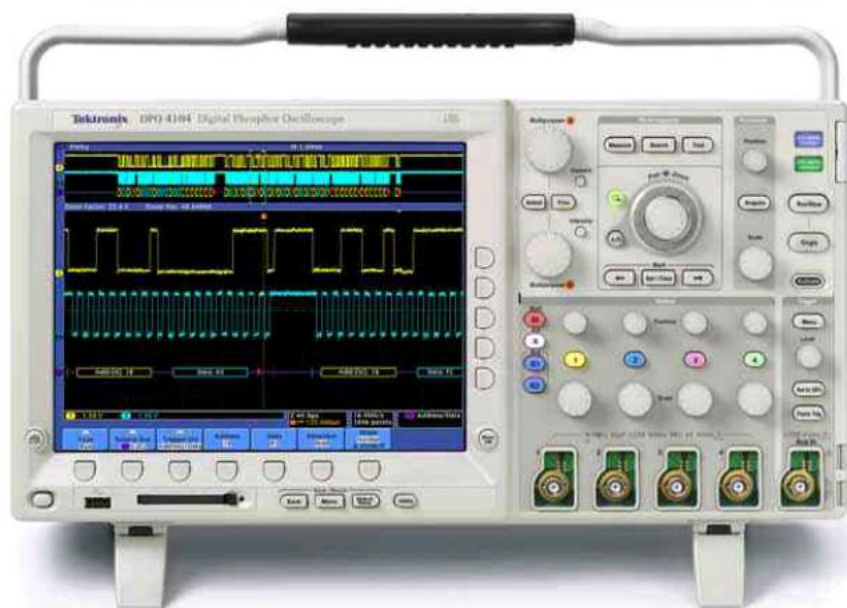
| | | |
|---|---|---|
|  |  <p>串行总线分析</p> |  <p>简便易用</p> |
| <p>高性能</p> | | |

小结

- ▶ 1000/2000/3000 是设立行业标准的产品系列
- ▶ 4000系列以无以伦比的性能满足示波器用户的进一步需求
 - 串行总线触发和分析
 - 更简便易用
 - 更高的性能
- ▶ 4000将是下一个设立行业标准的仪器



调试更智能, 而不是更困难!



介绍DPO4000系列数字荧光示波器

示波器基本测量

使用示波器自动波形参数测量功能
如何精确测量脉冲参数

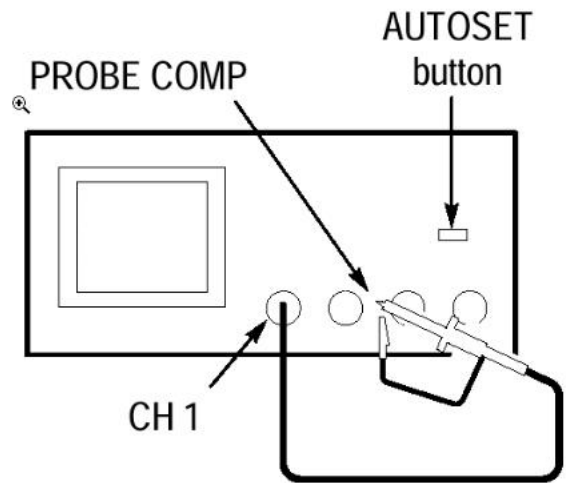
在开始测量之前

探头补偿

系统配置—探头补偿

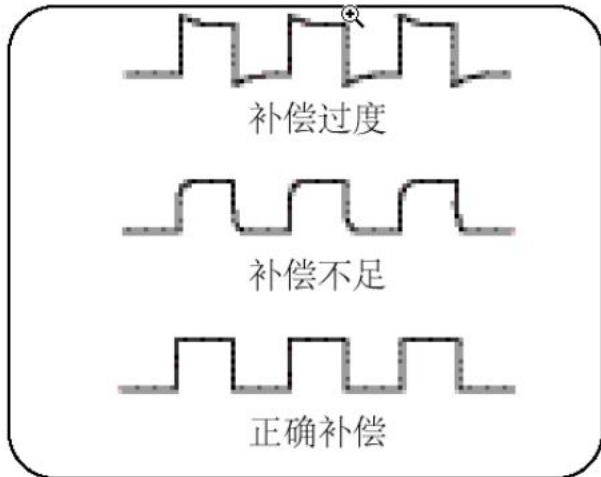
► 为正确补偿和衰减探头，请按以下简单步骤操作：

1. 把探头连接到通道1上。
2. 把探头触点和参考引线连接到 连接器上。
如果使用探头挂钩触点，把触点牢固地绞接到探头上，保证连接正确



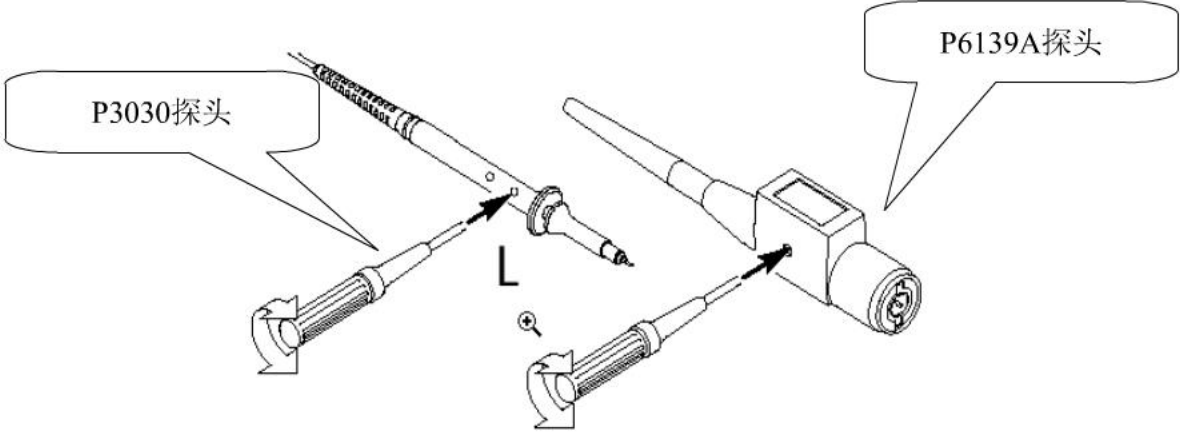
系统配置—探头补偿

4. 按 (自动设置) 按键。
4. 检查显示的波形形状，确定是否正确补偿探头。



系统配置—探头补偿

如果必要，调节探头。根据需要，重复上述步骤。

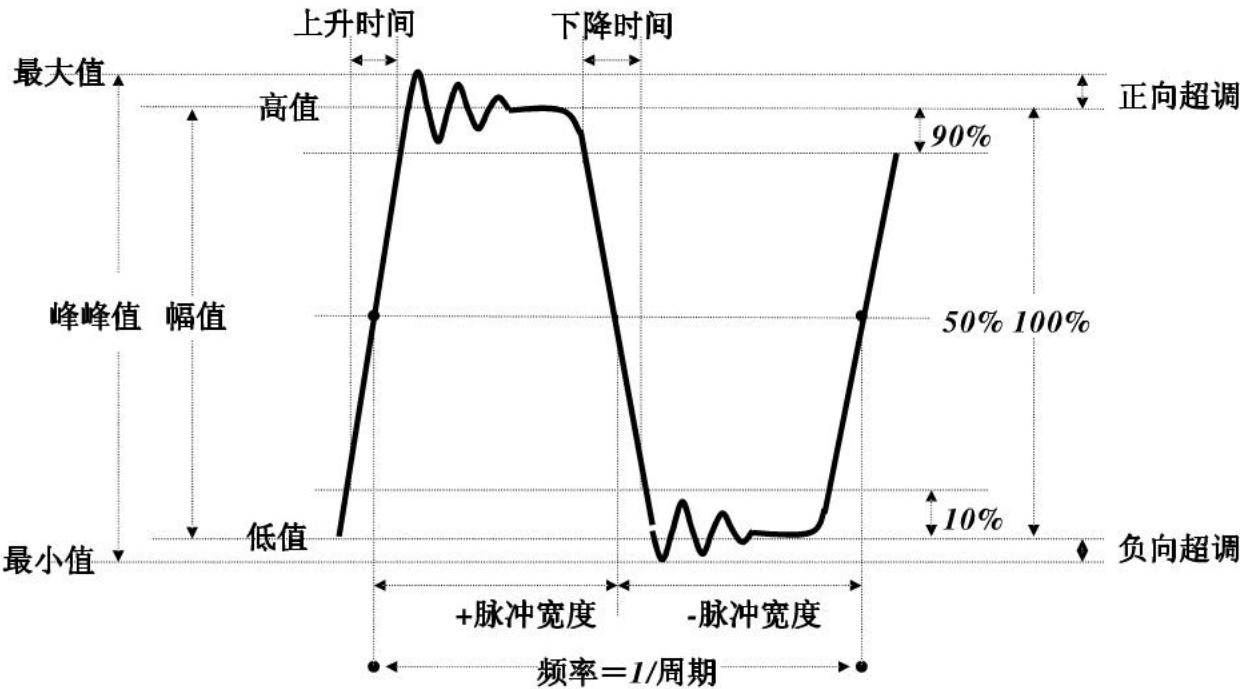


信号通路补偿

- ▶ 泰克独特的示波器自校准技术
长期闲置不用，重新启用的时候
环境温度每变化 10° 的时候

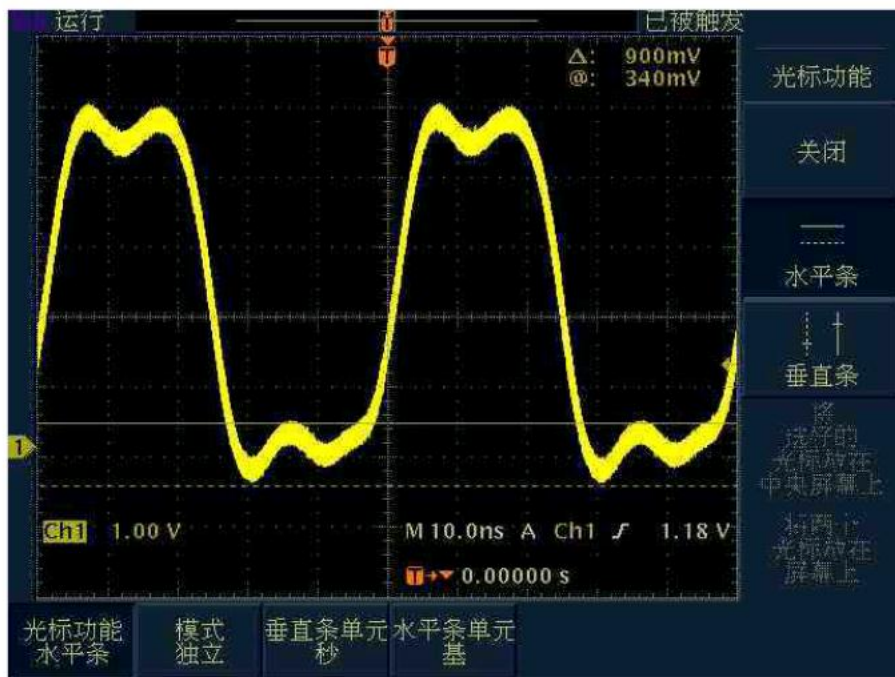
使用TDS3000B数字荧光示波器

信号参数测量



基本信号参数测量

- ▶ 使用游标测量功能进行信号各项参数的测量



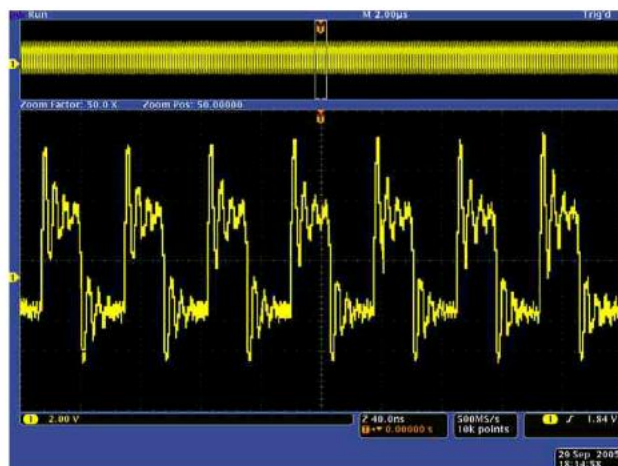
使用DP04000数字荧光示波器

精确测量信号峰 峰值&频率

- ▶ 我们经常使用示波器测试波形的一些参数，如何能够合理的使用示波器对这些参数进行有效并精确的测量：

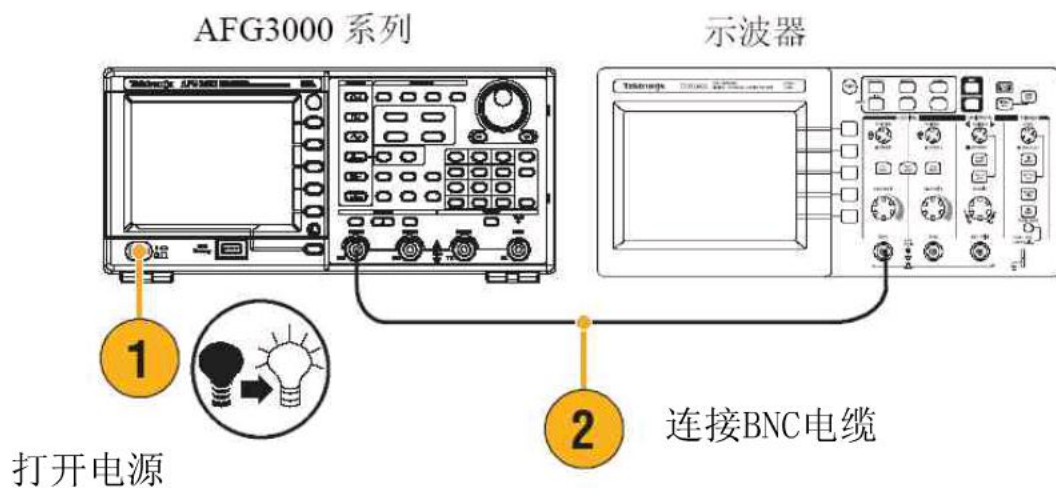
幅度测量：峰-峰值、峰值、幅值、有效值等

时间测量：频率、周期、延迟、上升时间等

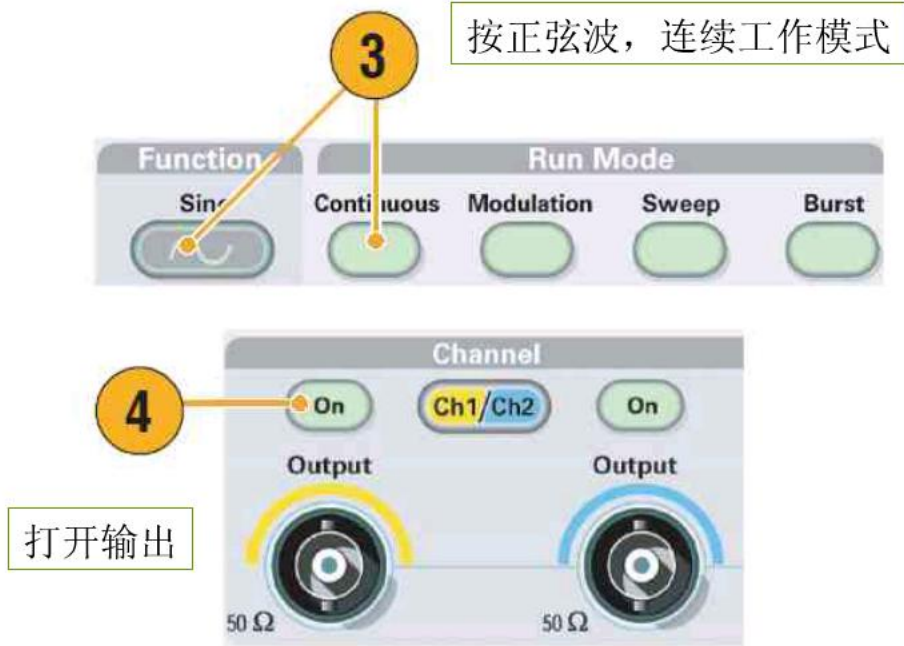


精确测量信号峰 峰值&频率

- ▶ 产生2 ， 2 峰峰值正弦波
- ▶ 注意示波器阻抗切换到50欧姆

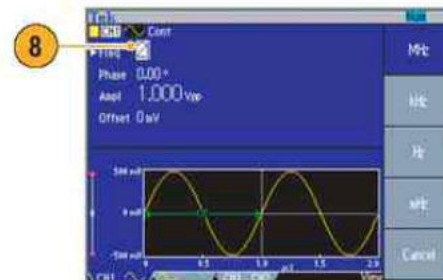
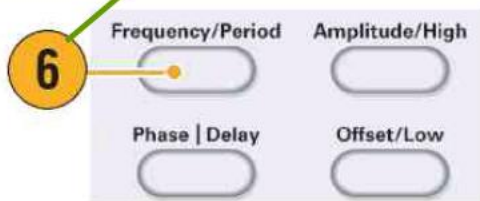


产生标准函数



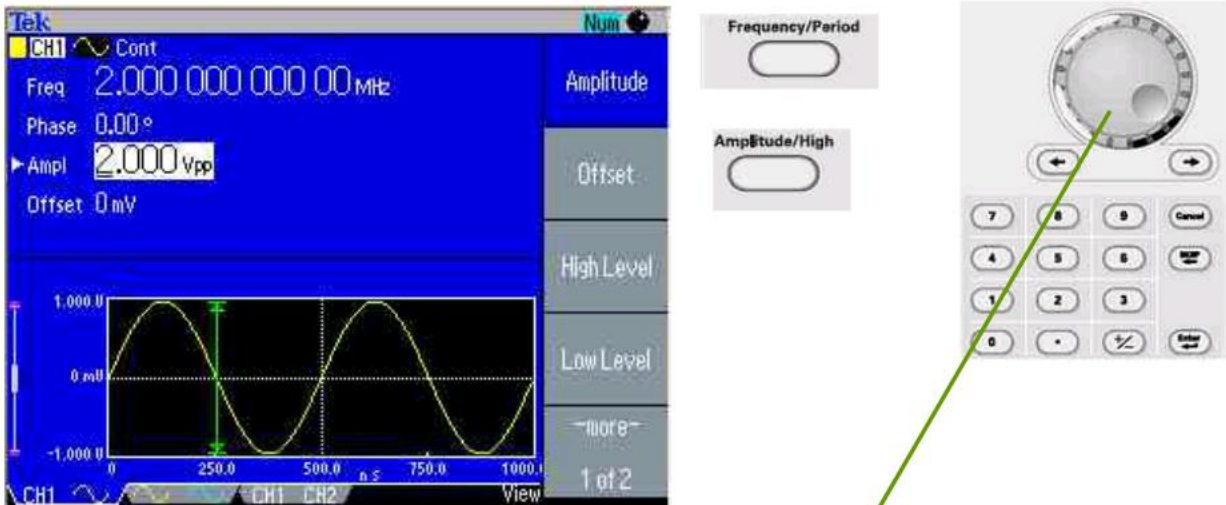
产生标准函数

按 频率 按键， 使用键盘或者旋钮设置为2MHz



按 幅度 按键， 使用键盘或者旋钮设置为2Vpp

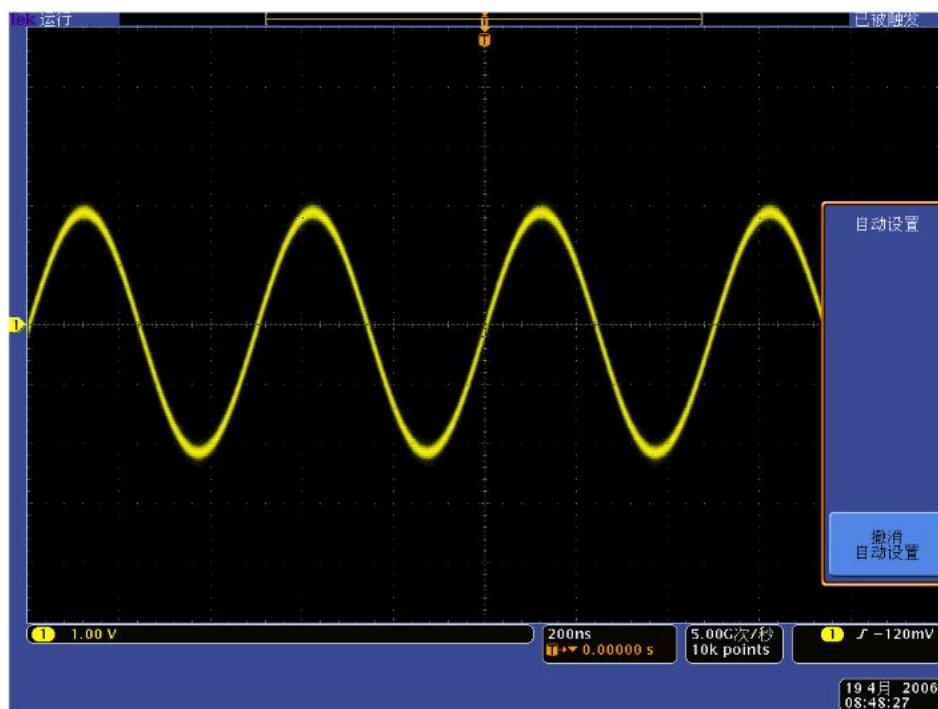
产生标准函数



按 频率 按键， 使用键盘或者旋钮设置为2MHz

按 幅度 按键， 使用键盘或者旋钮设置为2Vpp

您将在示波器上看到：

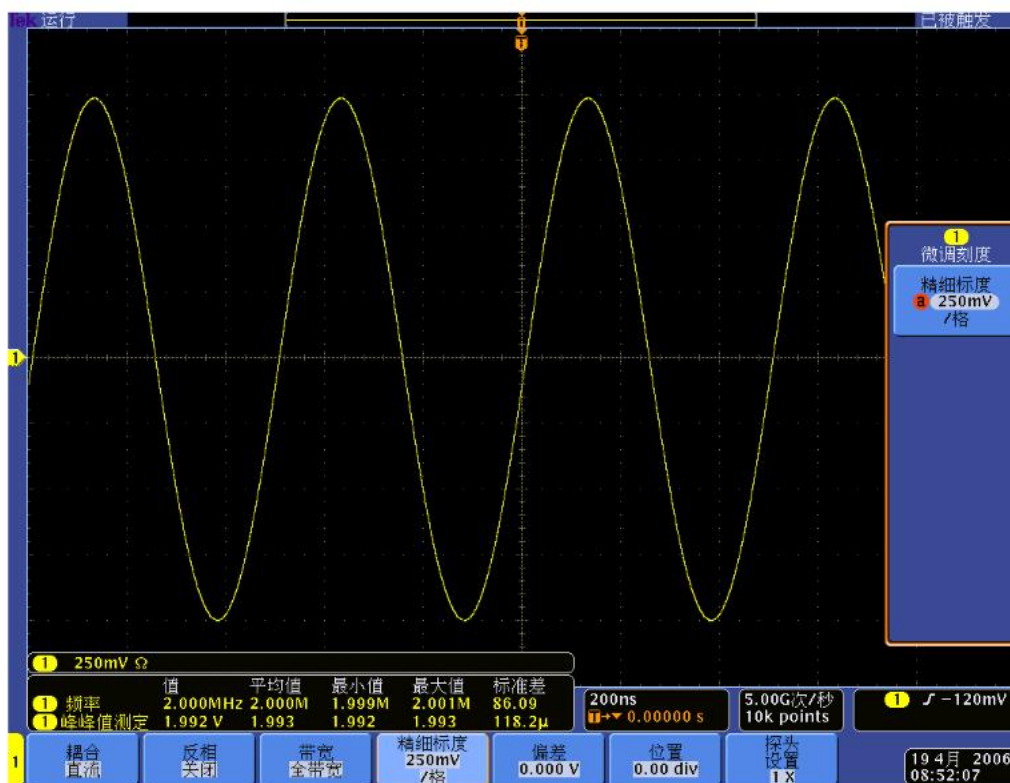


DP040000示波器 按AutoSet

使用 4000 自动测量

- ▶ 按下 4000 选择测量 1
- ▶ 选择峰 峰值&频率记下此时的测量值并与 3000 设定的值进行比较
- ▶ 按下 1 黄色按钮,选择精细标度使用 调整时基至250 /
- ▶ 按下 选择平均至128次再记下此时的测量值并与 3000 设定的值进行比较

使用 4000自动测量



产生脉冲信号测量上升时间



产生脉冲信号测量上升时间

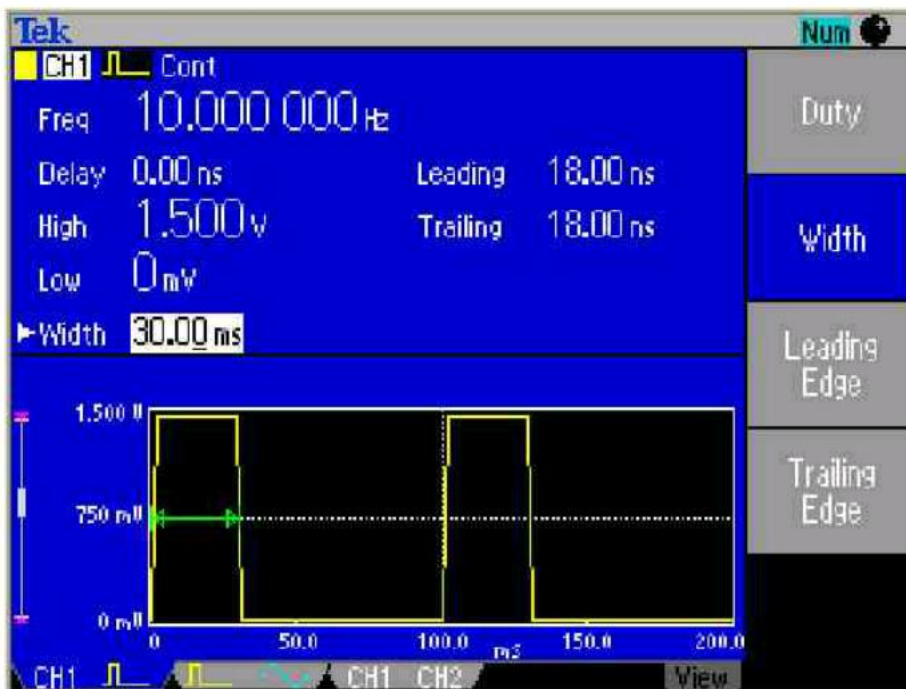
4
频率设为2MHz

3
脉冲幅度高电平1.5V,
低电平0V

5
上升时间设为18ns

6
打开输出

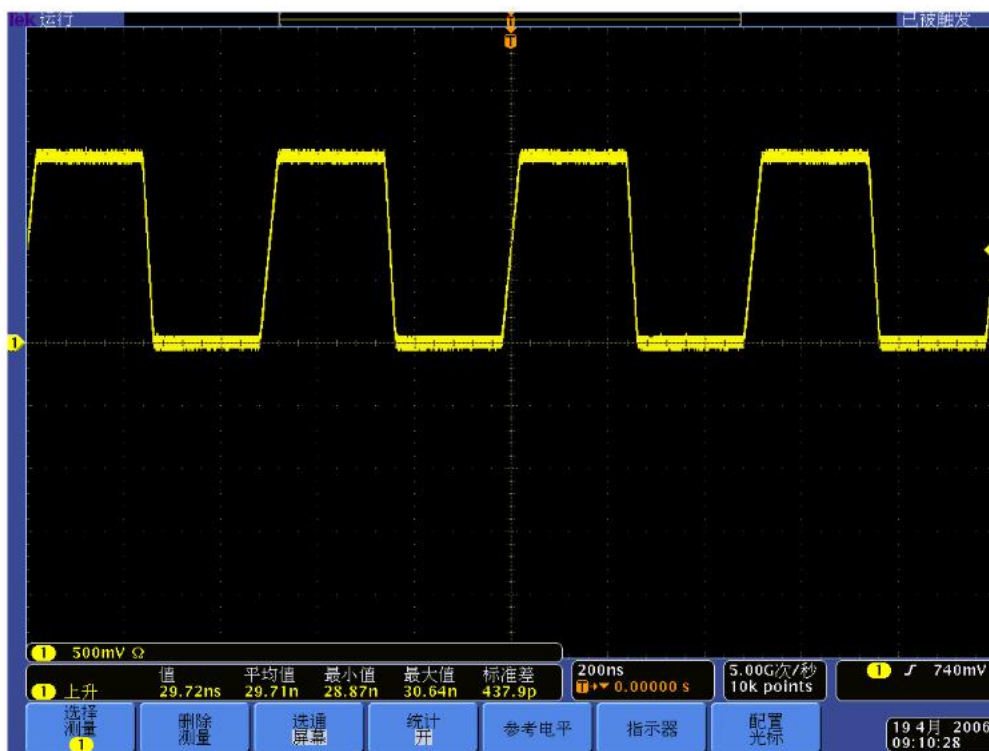
产生脉冲信号 设置时的屏幕显示



- ▶ 设脉冲频率为 2
- ▶ 上升时间为 30
- ▶ 下降时间为 18
- ▶ 高电平1.5
- ▶ 低电平0

- ▶ 按下 **4000**
- ▶ 按下黄色 **1** 选择**耦合**将输入阻抗改为**50 欧姆**
- ▶ 按下 **1**,选择 **1** 选择**上升时间**并记下测试参数
- ▶ 将波形向下平移4格,按下 **1**黄色按钮,选择**精细标度**使用
调整时基至**190** /
- ▶ 旋转 **1** 将时基设为**10** /
- ▶ 按下 **1** 选择平均至**128**次并记下此时测量参数

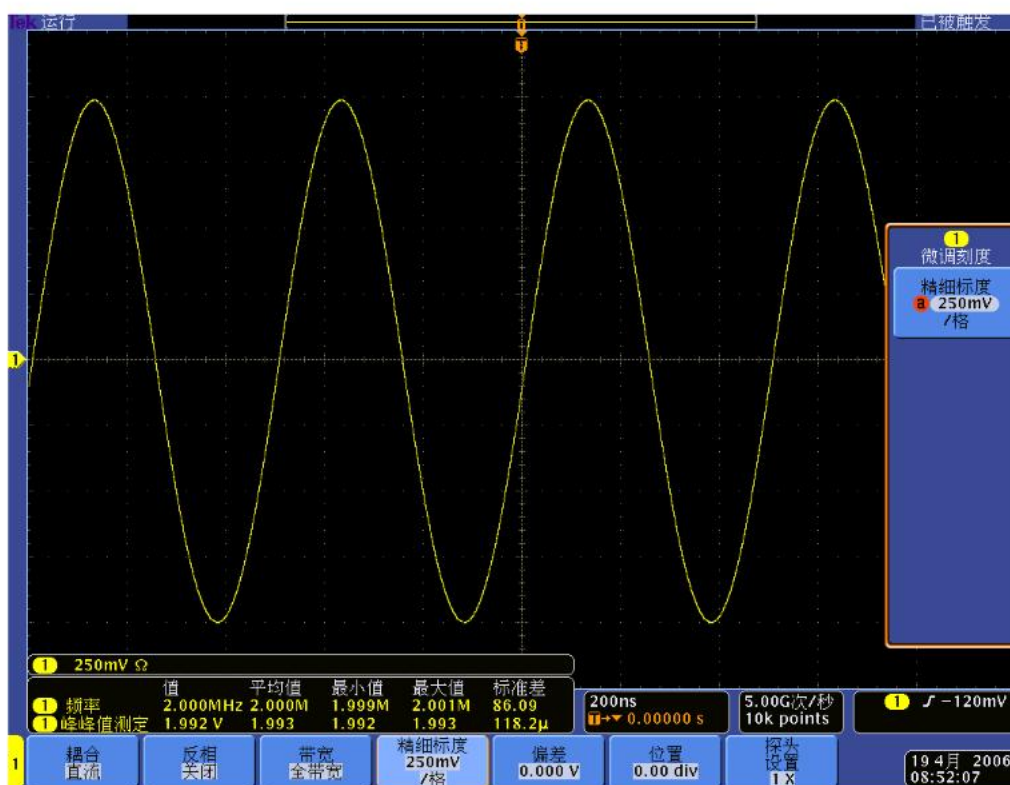
测量脉冲上升时间



使用 4000 自动测量

- ▶ 按下 4000 选择测量 1
- ▶ 选择峰 峰值&频率记下此时的测量值并与 3000 设定的值进行比较
- ▶ 按下 1 黄色按钮,选择精细标度使用 调整时基至250 /
- ▶ 按下 选择平均至128次再记下此时的测量值并与 3000 设定的值进行比较

使用 4000 自动测量



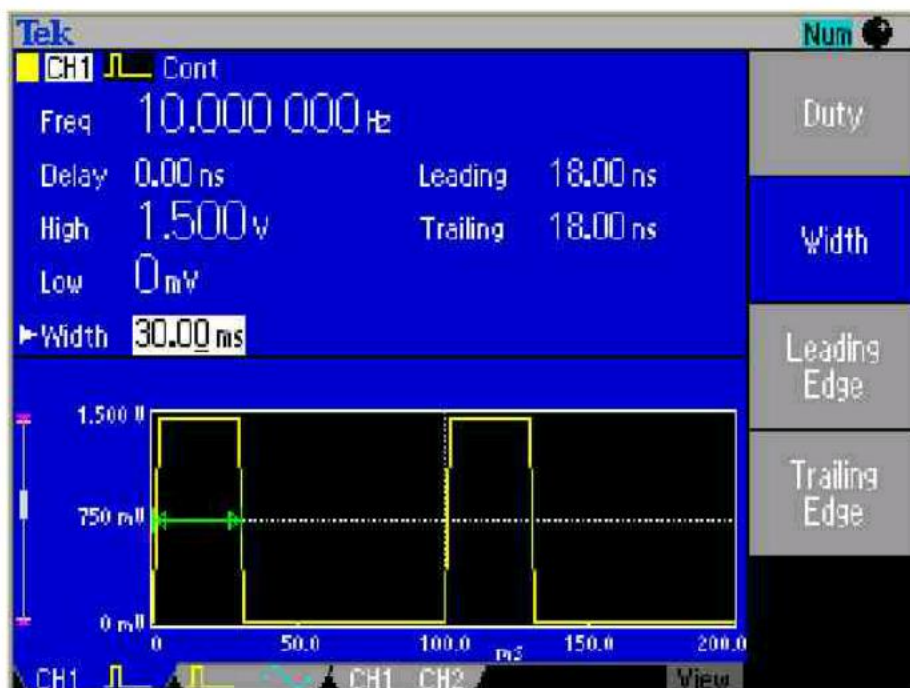
产生脉冲信号测量上升时间



产生脉冲信号测量上升时间



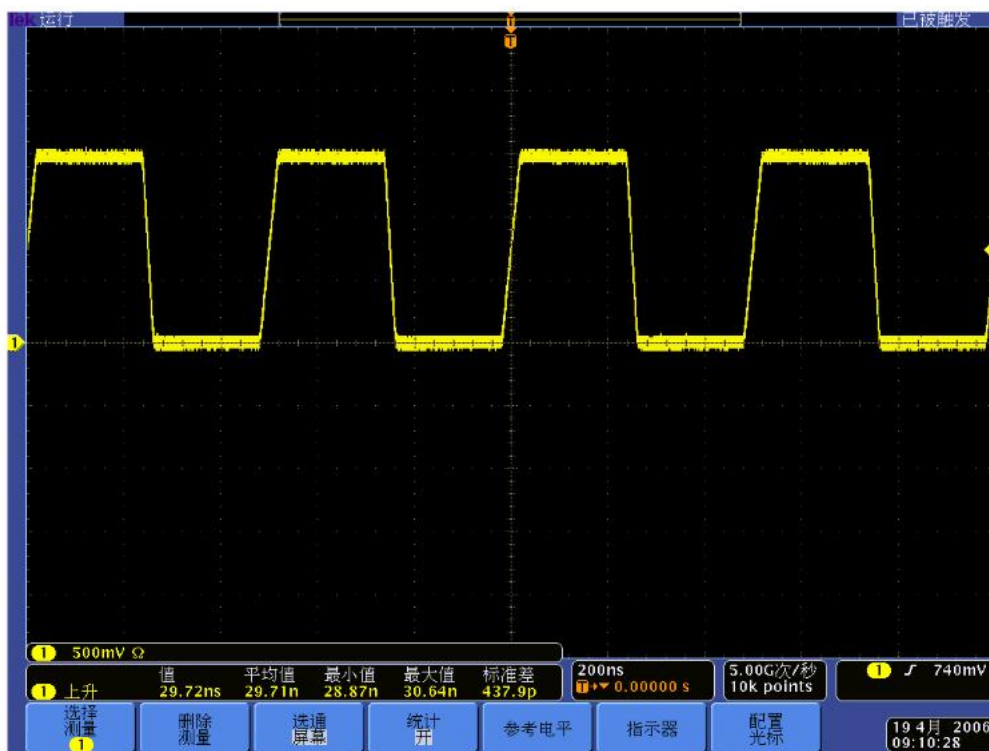
产生脉冲信号 设置时的屏幕显示



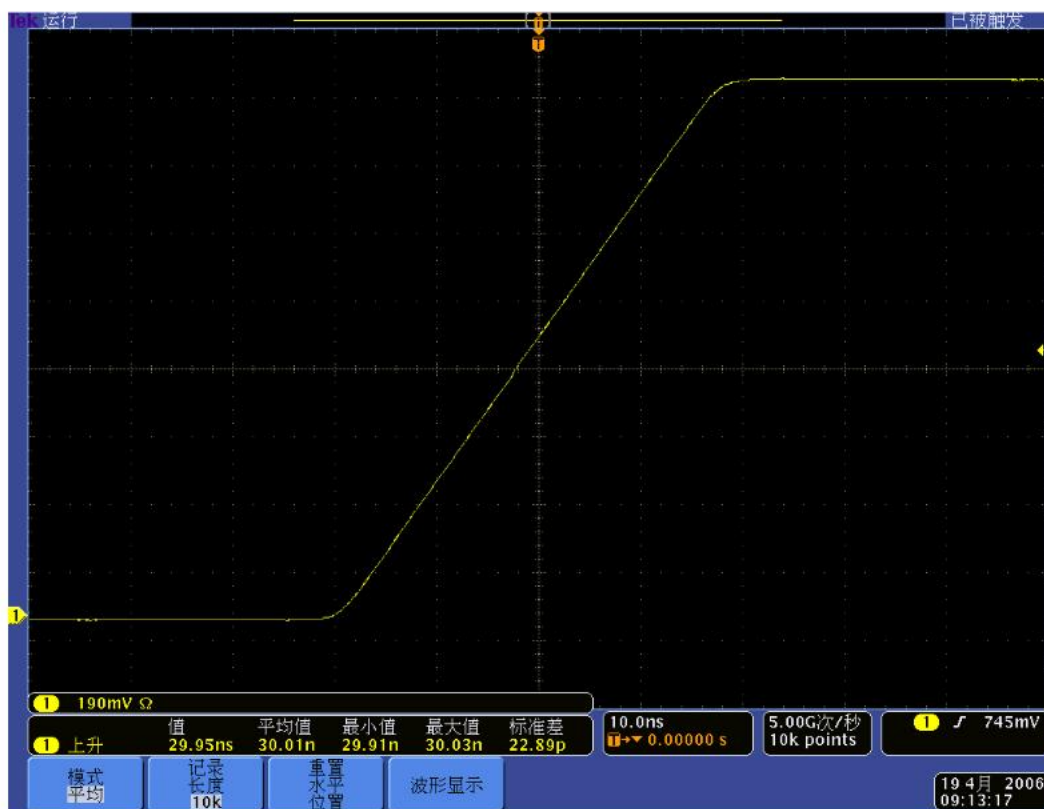
- ▶ 设脉冲频率为 2
- ▶ 上升时间为 30
- ▶ 下降时间为 18
- ▶ 高电平1.5
- ▶ 低电平0

- ▶ 按下 **4000**
- ▶ 按下黄色 **1** 选择**耦合**将输入阻抗改为**50 欧姆**
- ▶ 按下 **1**,选择 **1** 选择**上升时间**并记下测试参数
- ▶ 将波形向下平移4格,按下 **1**黄色按钮,选择**精细标度**使用
调整时基至**190** /
- ▶ 旋转 **1** 将时基设为**10** /
- ▶ 按下 **1** 选择平均至**128**次并记下此时测量参数

测量脉冲上升时间



测量脉冲上升时间 比较测量效果



: 精确自动测量信号

▶ 总结:

对于幅值的测试应尽量使波形占满垂直窗口的6格（4000为8格）

- ▶ 周期数尽量能看到6个周期
- ▶ 打开平均功能（这样可有效的减少外部噪声对测量值的影响）

对于频率、周期等参数的测量

- ▶ 周期数尽量能看到6个周期
- ▶ 打开平均功能（这样可有效的减少外部噪声对测量值的影响）

对于上升时间测量

- ▶ 应尽量使波形占满垂直窗口的6格（4000为8格）
- ▶ 尽可能拉开波形的上升沿
- ▶ 打开平均功能（这样可有效的减少外部噪声对测量值的影响）



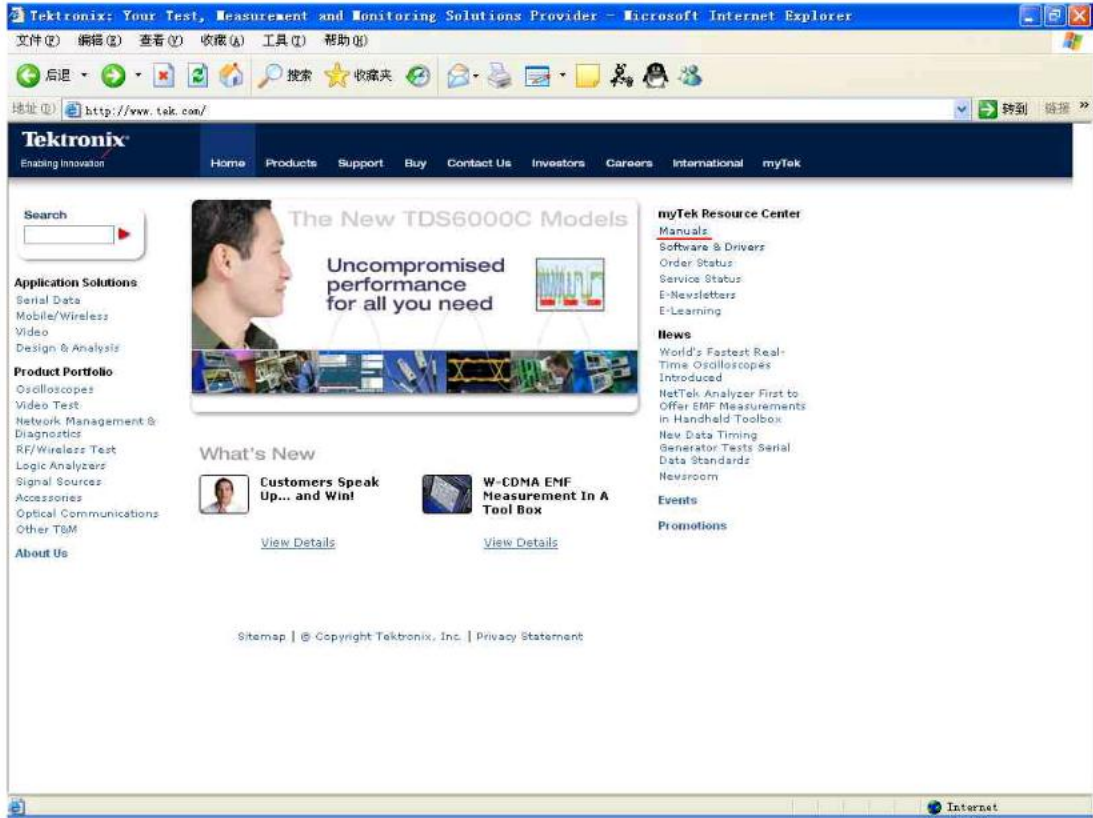
如何从 主页下载手册与软件

嘿！您需要Tektronix的手册和软件吗？

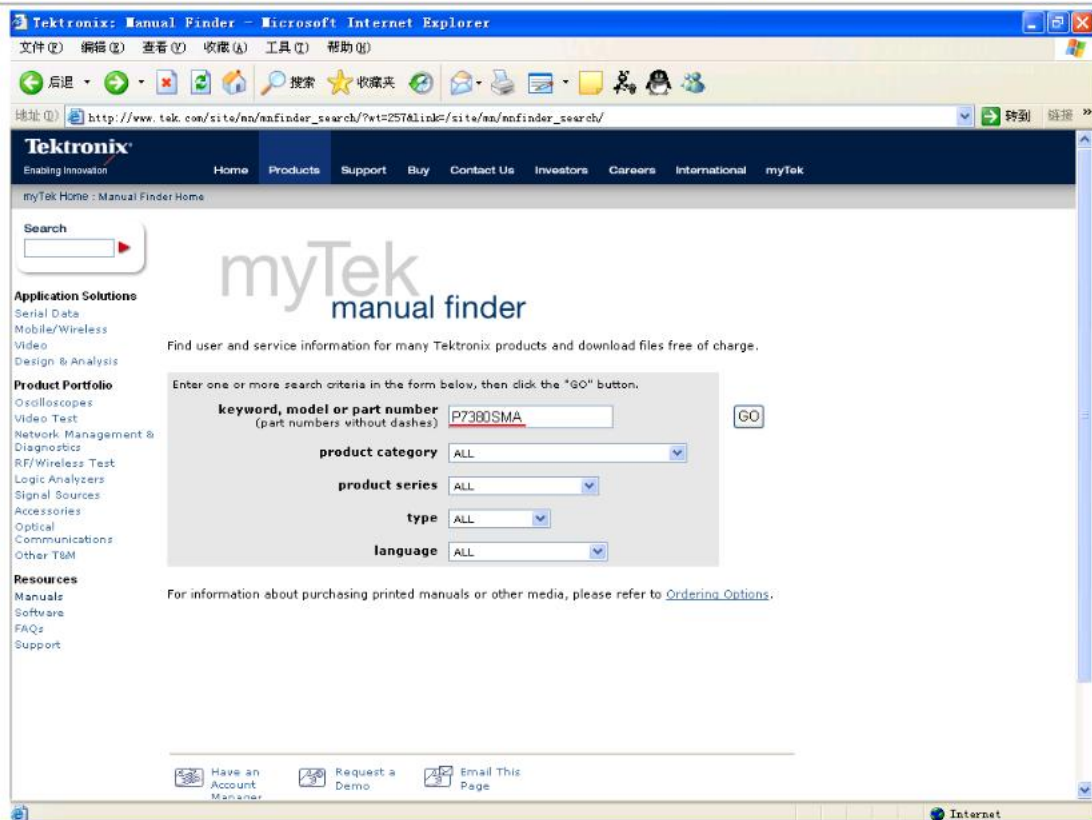
- ▶ 打电话到Tektronix，要求将手册或软件Email过来
简便的好方法！但是手册或软件太大了，您的邮箱收不下呢？
- ▶ 打电话到Tektronix，要求速递一张CD过来
比较简便的好方法！但是需要多长的周期呢？
- ▶ 自己到Tektronix主页上Download
最好的方法！可是我还会不会Download呢！

主页手册下载

第一步：登录Tektronix主页！



进入Tektronix产品手册搜索并输入关键字



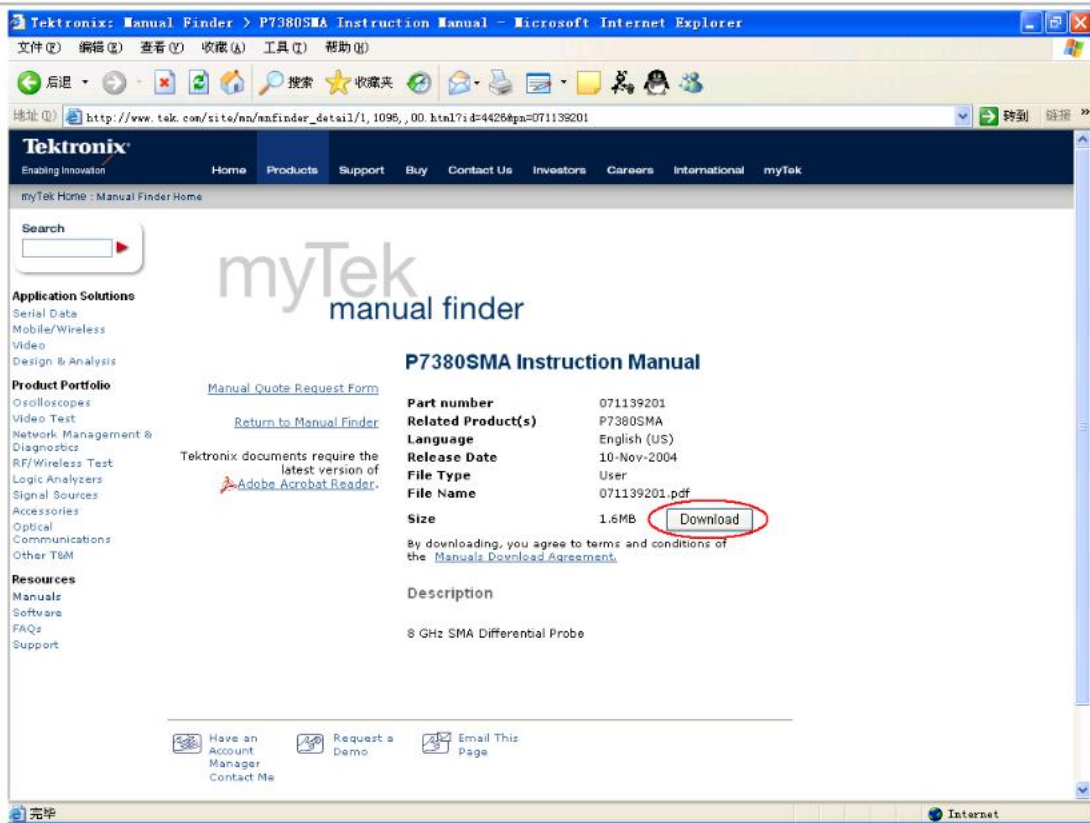
找到了！请点击它！

The screenshot shows the Tektronix myTek manual finder interface. The search results are as follows:

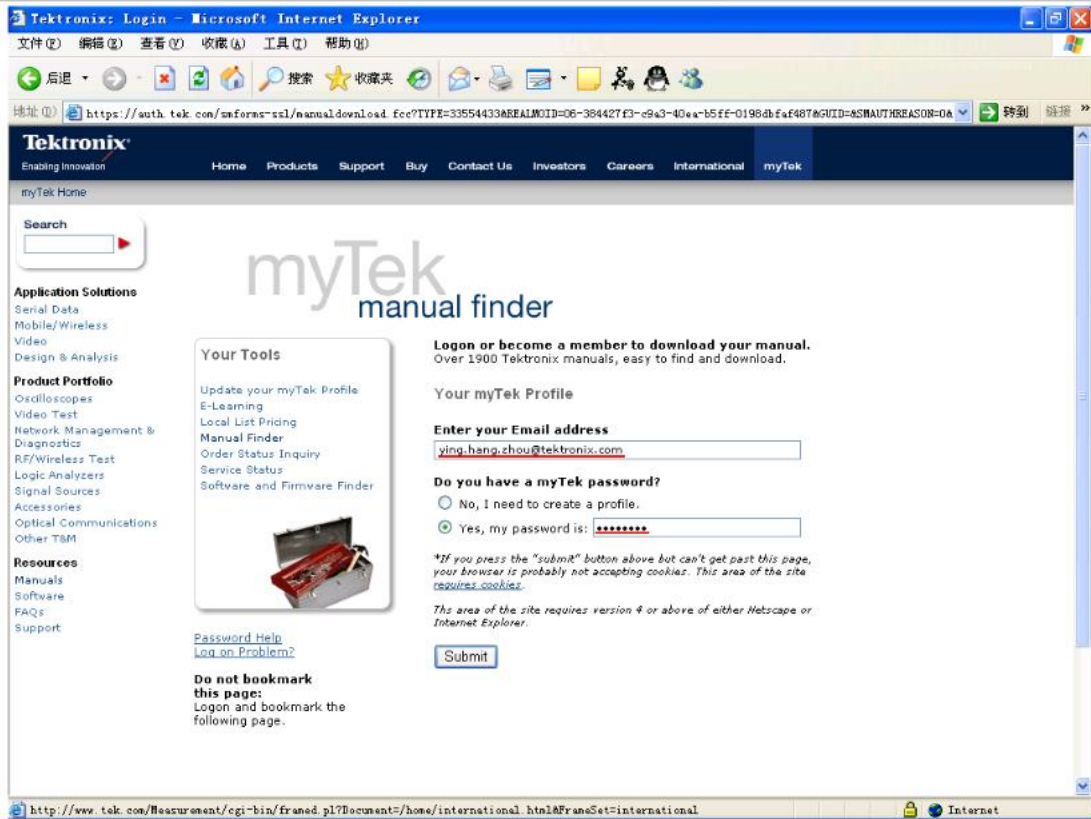
| Name | Sort by Type | Sort by Language | Sort by Date Added |
|---|--------------|------------------|--------------------|
| P7380SMA Instruction Manual (1.6MB) 8 GHz SMA Differential Probe P/N 071139201 | User | English (US) | 10-Nov-2004 |

At the bottom of the page, there are three buttons: "Have an Account Manager", "Request a Demo", and "Email This Page".

进入下载页面，请点击 Download



需要输入myTek用户名和密码



请留意下载链接

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the Tektronix Manual Finder Download page. The browser's address bar shows the URL: http://s-sites2.tek.com/pls/vignna/uk_mn_download.main. The page features the Tektronix logo and navigation menu at the top. The main content area is titled "myTek manual finder" and includes a search box, a sidebar with categories like "Application Solutions" and "Product Portfolio", and a central section for "Manual Finder Download". This section contains a PDF icon, a warning about automatic download, and a list of "Downloading Tips".

myTek manual finder

Manual Finder Download

The download of **071139201.pdf** will begin automatically. If the download does not start automatically, [view here](#).

Downloading Tips

- [Right click here](#) and "Save as Target" the file to your computer.
- Tektronix documents require the latest version of [Adobe Acrobat reader](#).

▶ If you cannot download the manual, please [contact the webmaster](#).

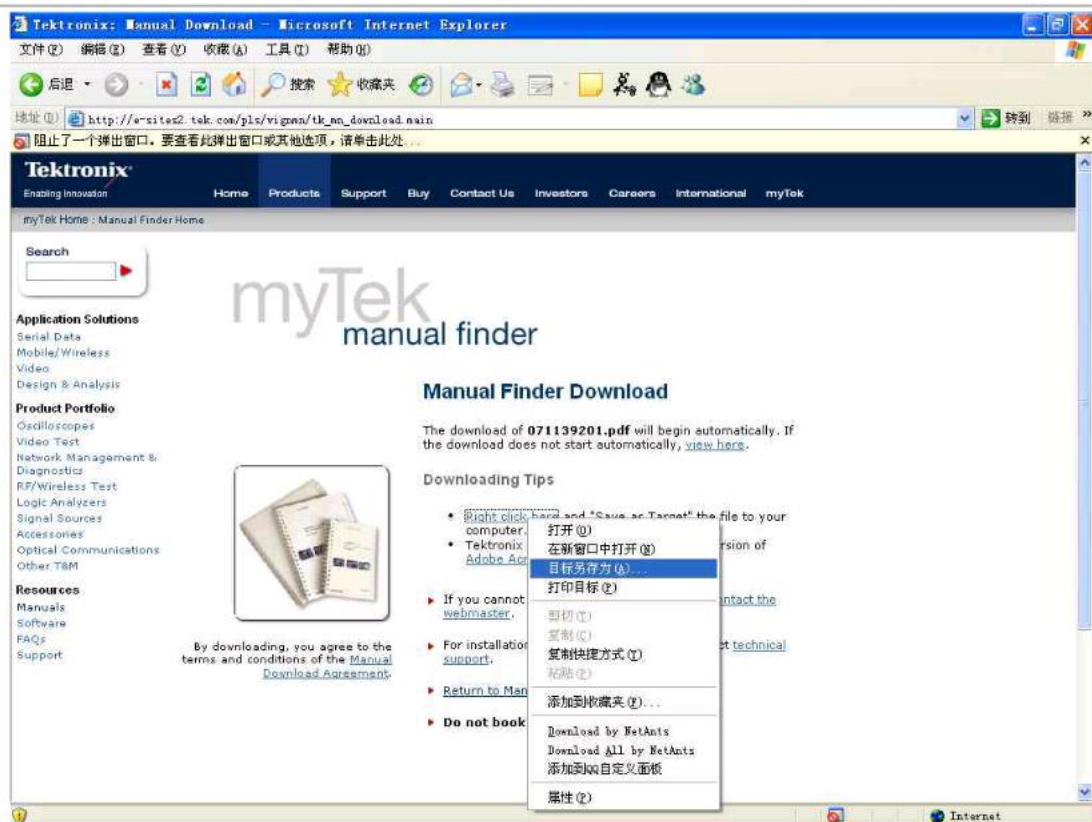
▶ For installation and operation questions contact [technical support](#).

▶ [Return to Manual Finder](#)

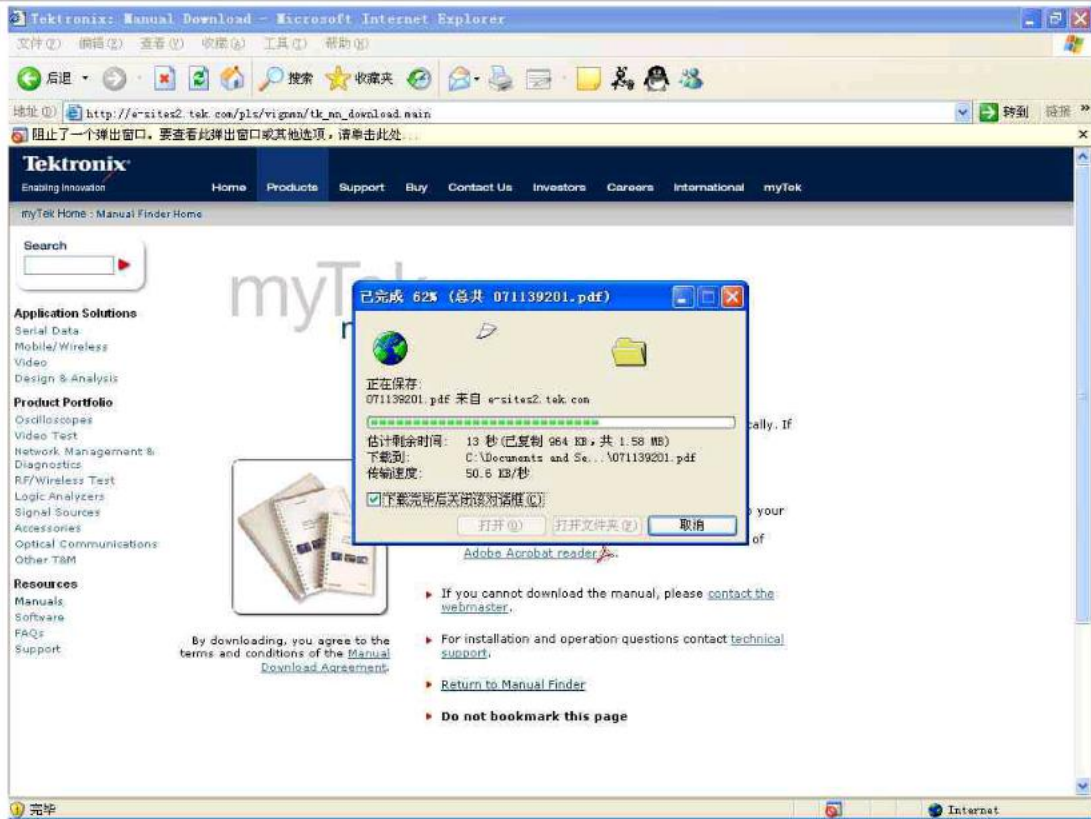
▶ **Do not bookmark this page**

By downloading, you agree to the [terms and conditions of the Manual Download Agreement](#).

右键点击下载链接，并选择 目标另存为

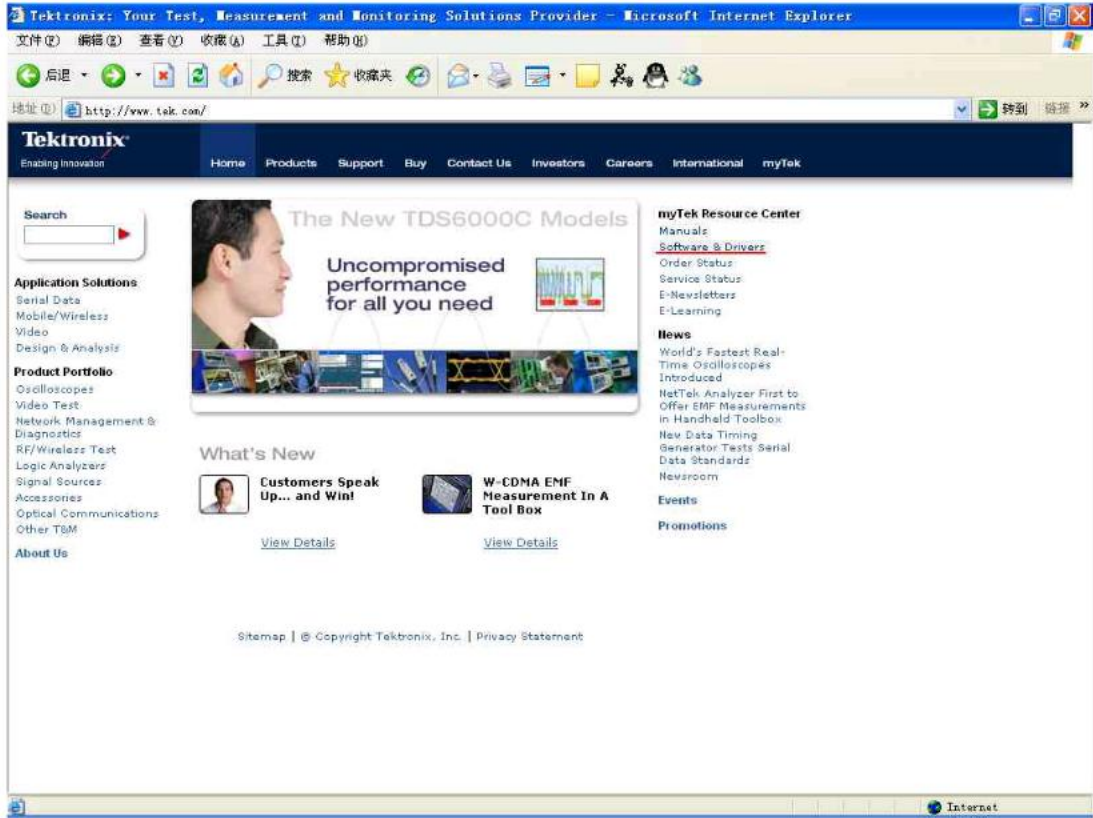


我终于能下载Tektronix手册了!

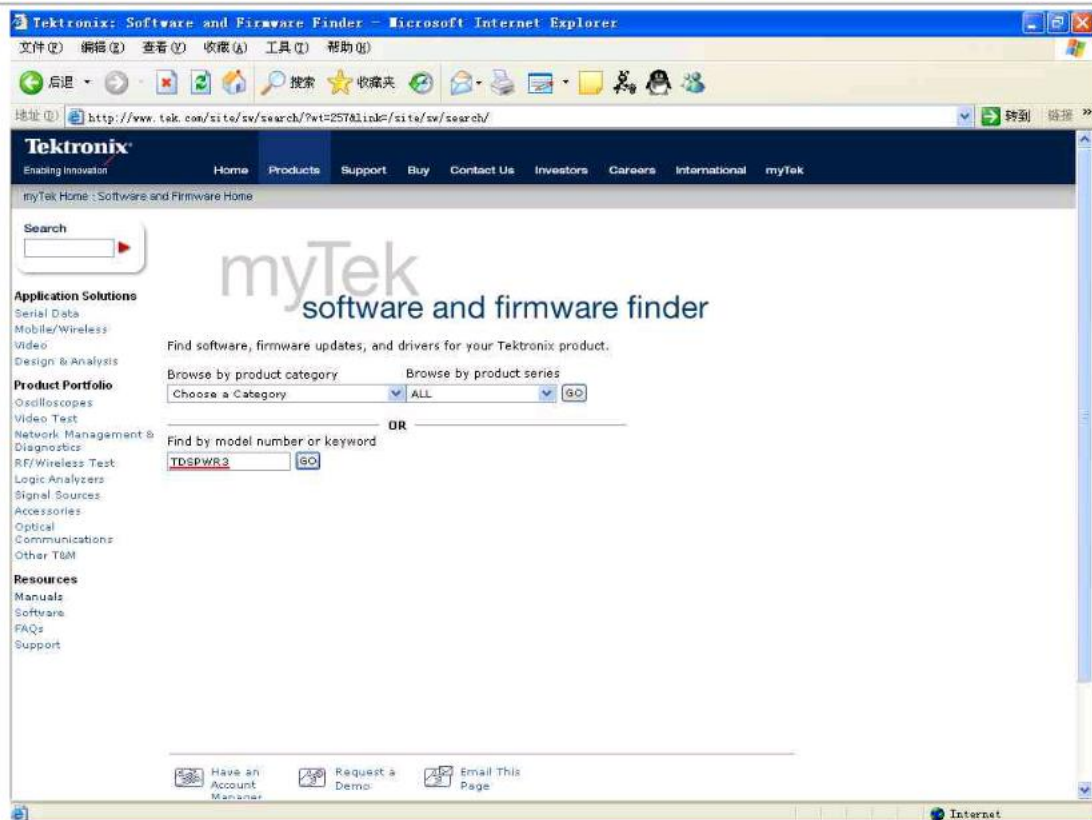


主页软件与驱动下载

第一步：登录Tektronix主页！



进入Tektronix软件与驱动搜索并输入关键字



找到了！请点击它！

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the Tektronix myTek website. The search results for 'TDSPWR3' are shown, with the top result 'TDSPWR3 POWER MEASUREMENT SOFTWARE V1.5.0 (34.4MB)' circled in red. The page includes navigation menus, a search bar, and a list of application solutions and product portfolios.

myTek Home : Software and Firmware Home

Search

Application Solutions

- Serial Data
- Mobile/Wireless
- Video
- Design & Analysis

Product Portfolio

- Oscilloscopes
- Video Test
- Network Management & Diagnostics
- RF/Wireless Test
- Logic Analyzers
- Signal Sources
- Accessories
- Optical
- Communications
- Other T&M

Resources

- Manuals
- Software
- FAQs
- Support

myTek software and firmware finder

Find software, firmware updates, and drivers for your Tektronix product.

Browse by product category: Choose a Category [v] ALL [v] GO

Browse by product series: [v] ALL [v] GO

OR

Find by model number or keyword: TDSPWR3 [GO]

Keywords: TDSPWR3

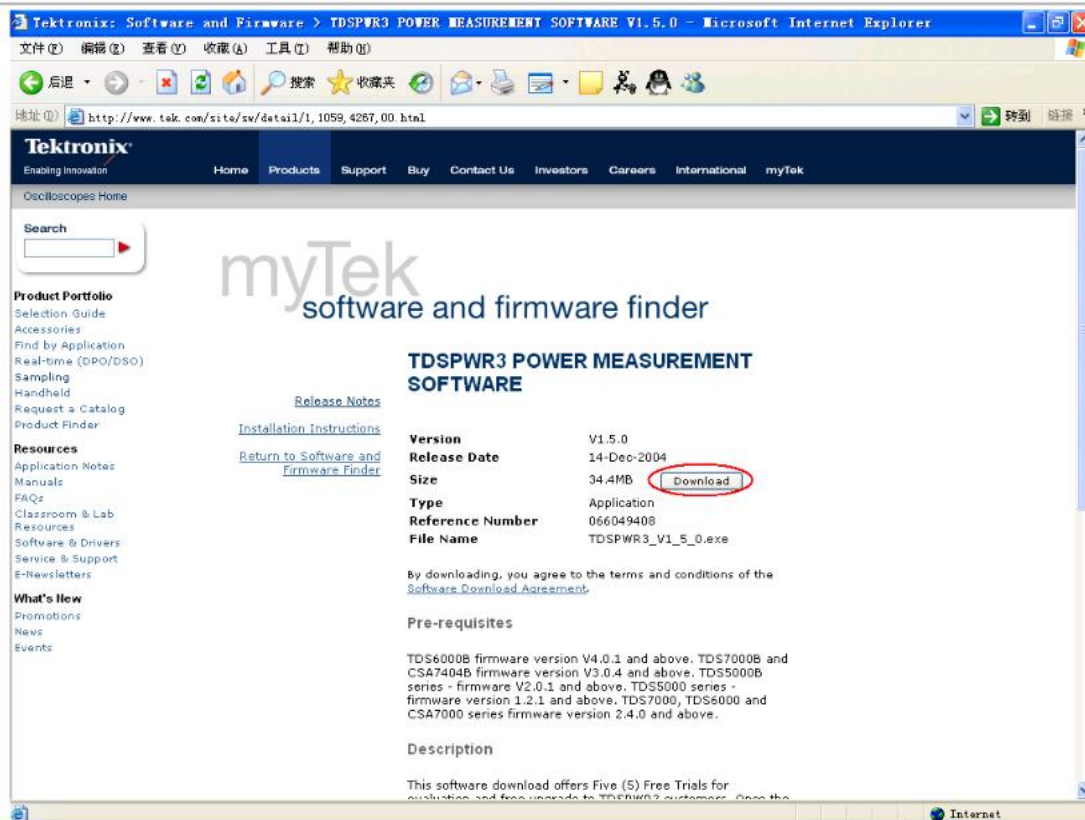
Total files found: 1
To view more details about a file, click on its title.

| Sort by Name | Sort by Type | Sort by Date Added |
|--|--------------|--------------------|
| TDSPWR3 POWER MEASUREMENT SOFTWARE V1.5.0 (34.4MB) | Application | 14-Dec-2004 |

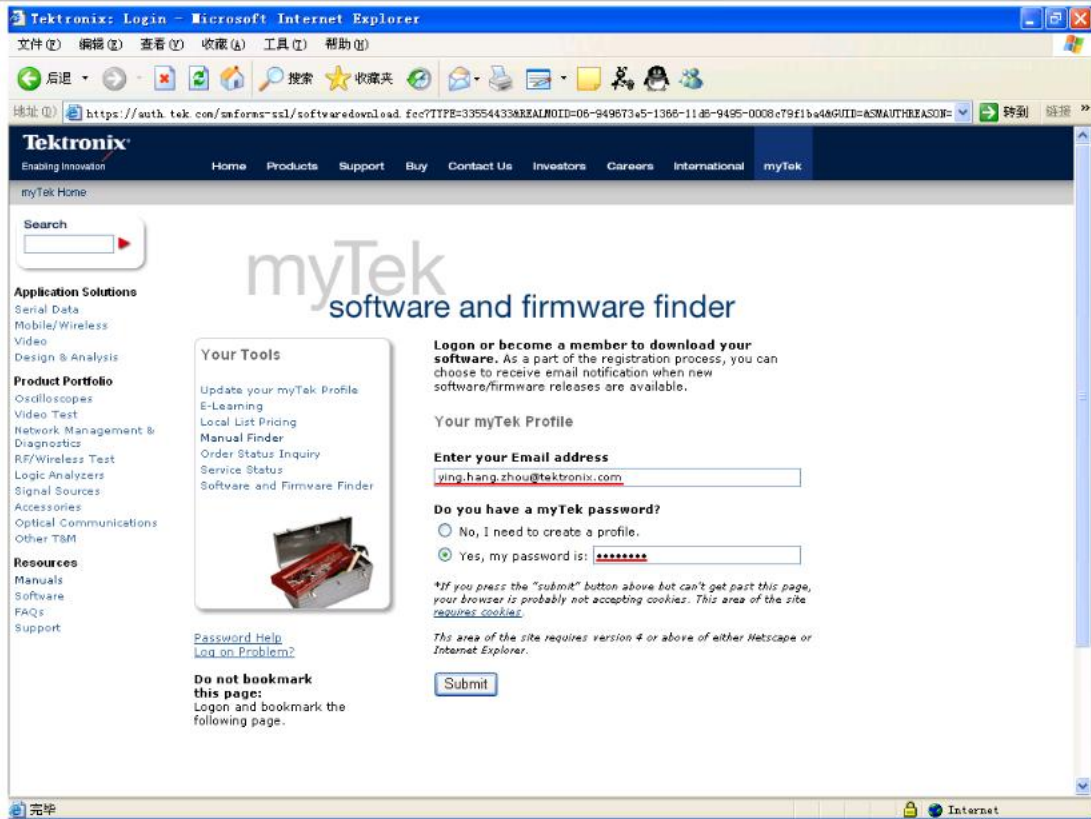
This software download offers Five (5) Free Trials for evaluation and free upgrade to TDSPWR2 customers. Once the five free trials are exhausted, a software . . .

TD87054, TD87254, TD87404, TD85052, TD85054, TD85104, TD87104, TD86604, TD87154, CSA7154, CSA7404, TD86404, CSA7404B, TD87154B, TD87254B, TD87404B, TD87704B, TD85034, TD85032, TD85054B, TD85104B, TD85032B, TD85052B, TD85054BE, TD85034B, TD86804B, TD86604B

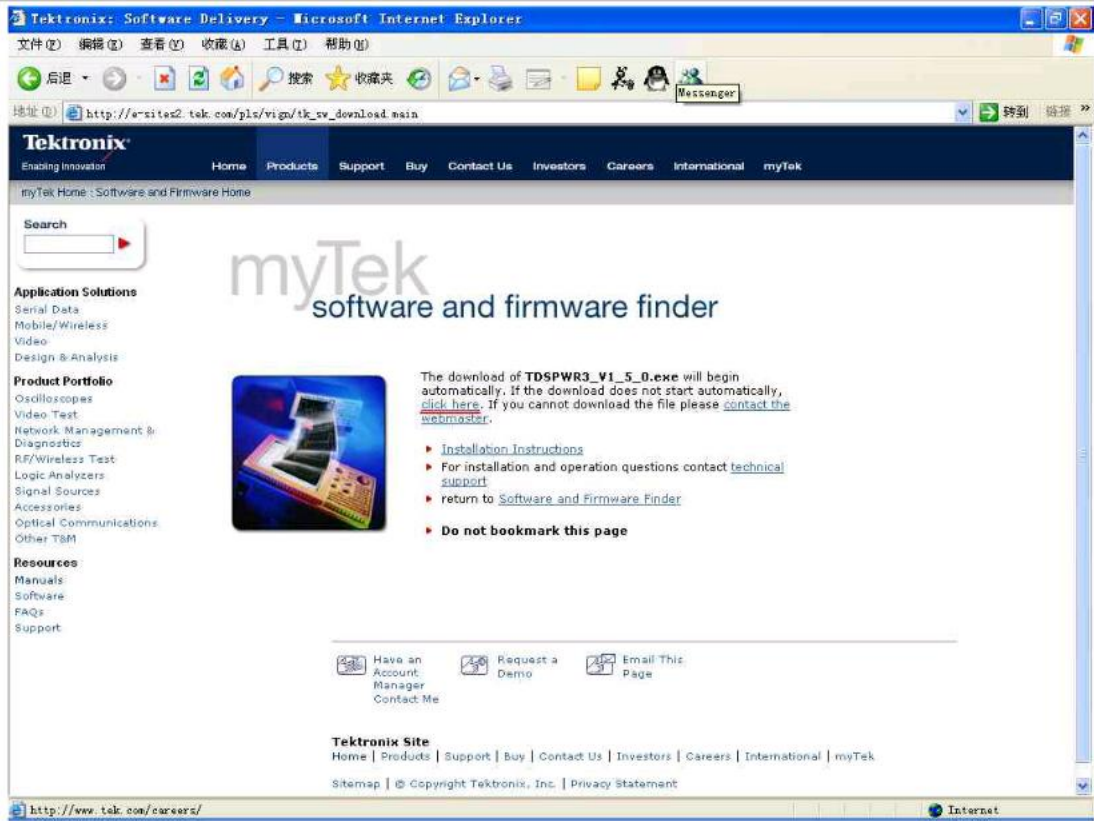
进入下载页面，请点击 Download



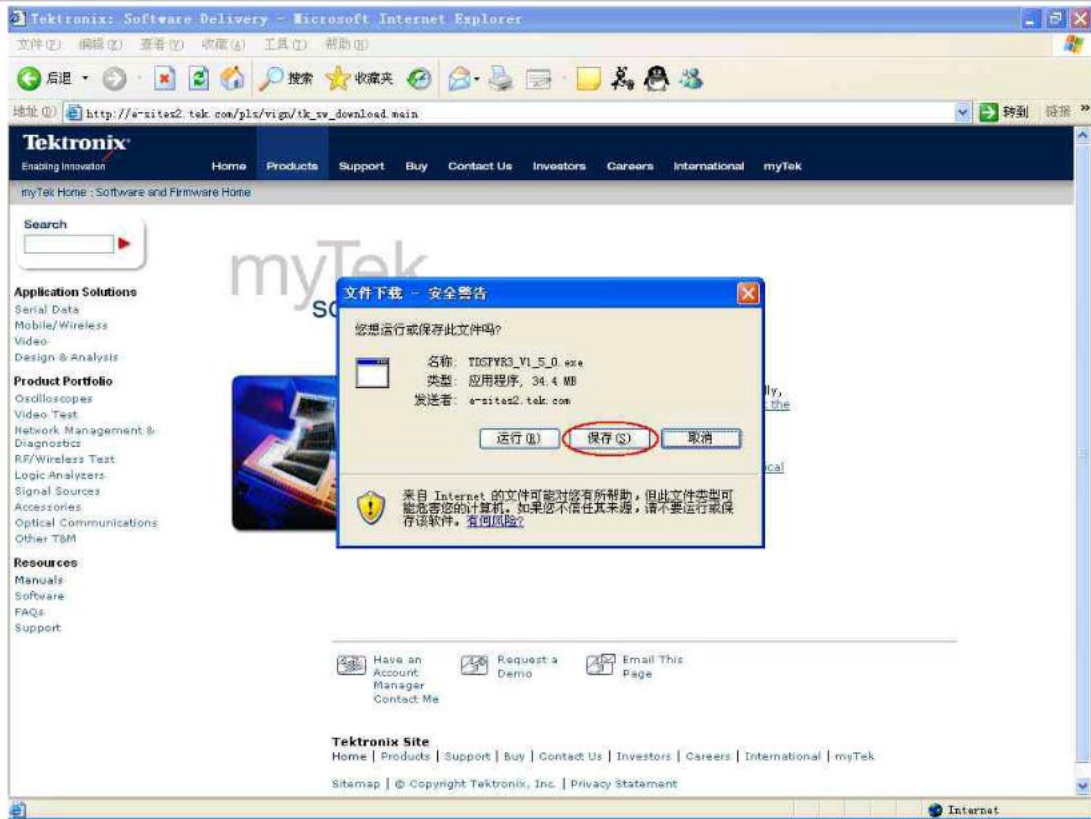
需要输入myTek用户名和密码



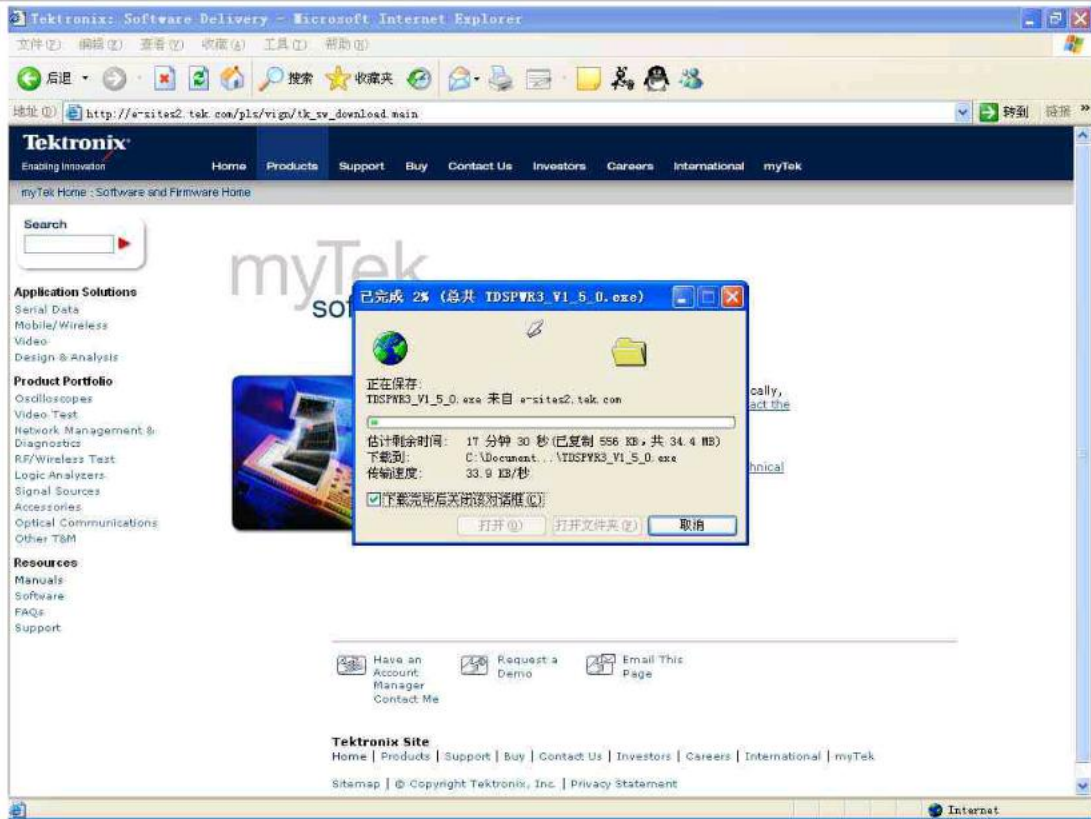
如果此时系统会没有自动进入下载状态，请点击



可以开始下载了！

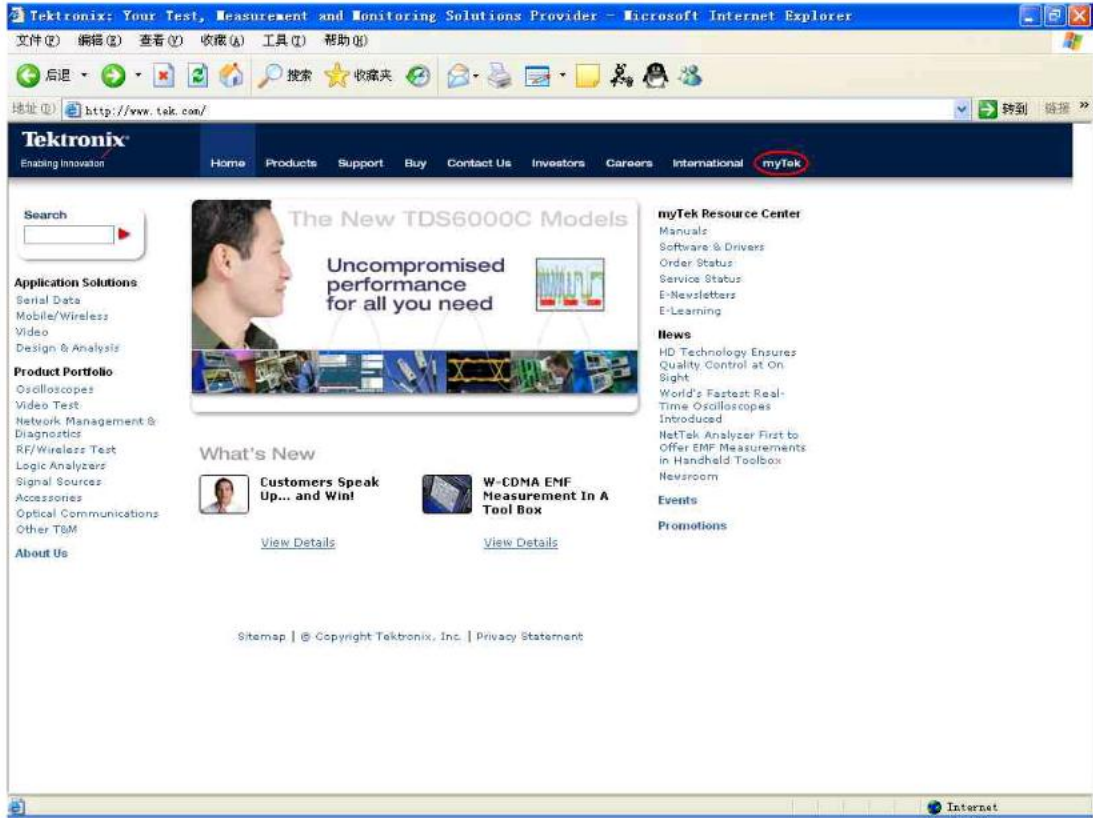


开始下载了，请等待...



尚未注册 帐户？

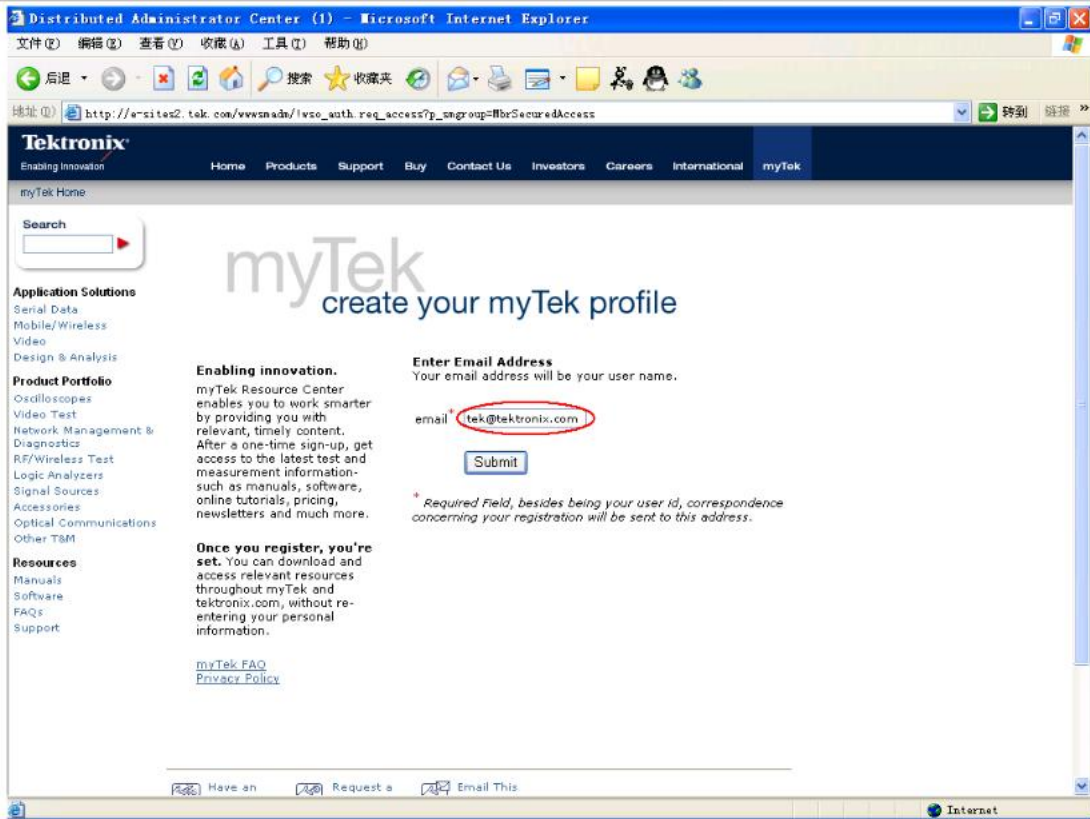
第一步：登录Tektronix主页！



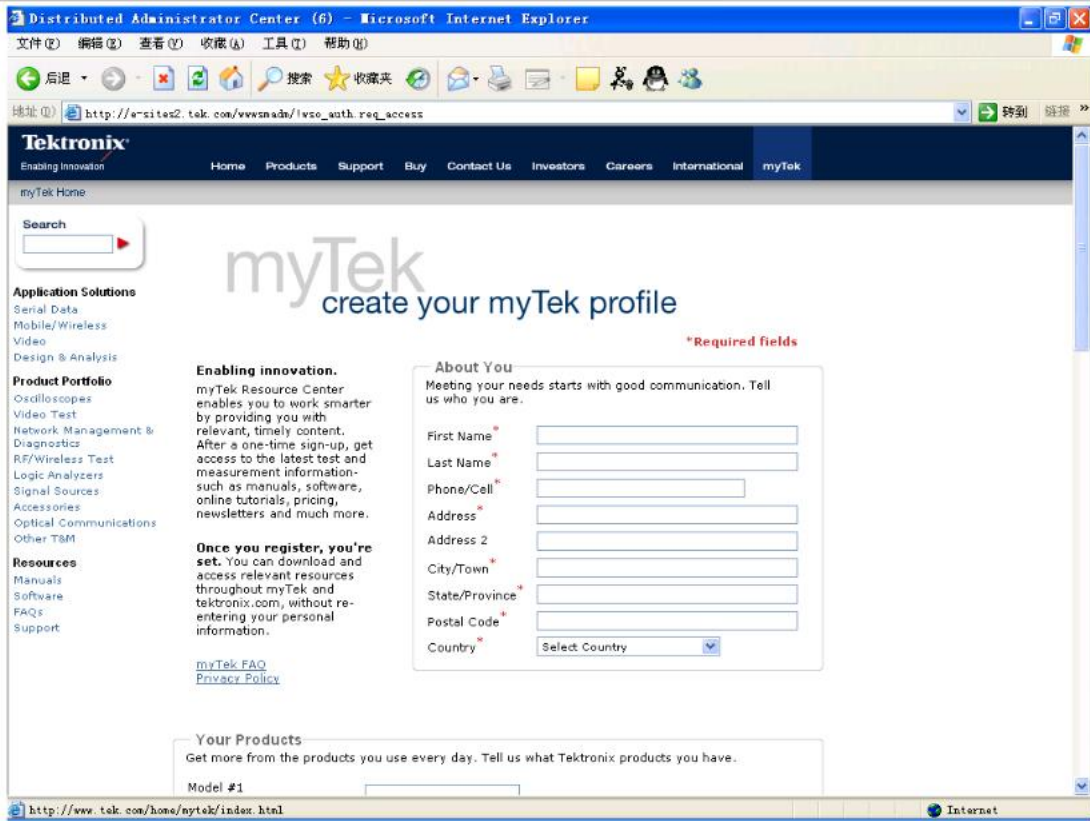
进入myTek页面并选择注册



开始注册用户名，您需要一个地址



接下来的事情，您一定会轻车熟路了！



上述事情我都做了，还是不能成功下载！

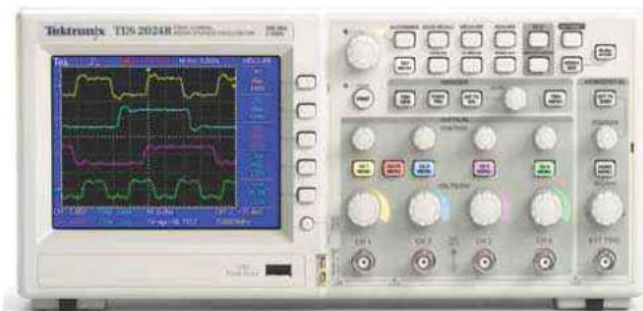
- ▶ 请咨询您的网络服务运营商

- ▶ 请咨询您所在单位的网络管理员

- ▶ 请稍后再试，可能 的网站繁忙

Enjoy your myTek !

推出 1000 和 2000 系列 数字存储示波器



即时提高生产效率，难以置信的简便性

我们的承诺:

为经济型示波器市场提供更多价值

1000和 2000 世界上最流行的示波器

- ▶ **同类最佳：**经济型示波器市场上全球知名、且广受信任的品牌

- 测量准确性

- 用户界面与泰克提供的其它型号保持一致

- ▶ **同类第一：**这一价位中无可比拟的完整性能

- 所有通道上提供数字实时取样速率

- 彩色显示器，黑白示波器价格

- 4通道型号

- 高级触发

- 可移动海量存储器

- ▶ **同类第一：**重点是简便易用性

- 智能自动设置

- 上下文相关帮助

- 探头向导

- 多语言支持

泰克的反应：

1000 和 2000

无可比拟的性能和易用性，
经济实惠的价格

更简便、更快速地获得测量结果

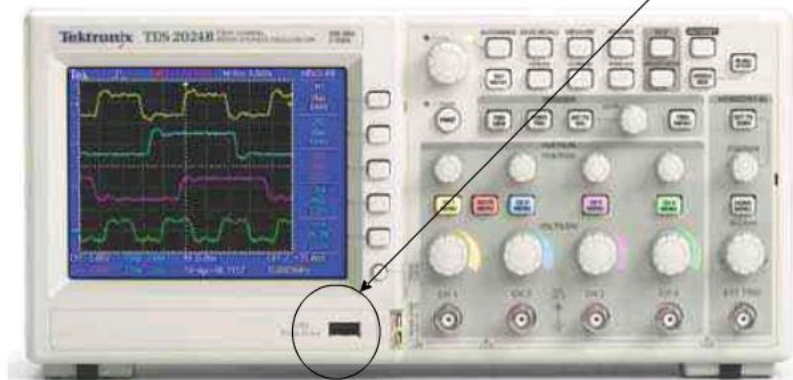
一流的连接能力
每种型号标配功能



更简便、更快速地获得测量结果

在 闪存驱动器上保存数据
通过前面板端口在 闪存驱动器上保存
波形数据和图像

1



更简便、更快速地获得测量结果

无缝连接

- ▶ 捕获并把波形数据和图像直接保存到 上
- ▶ 使用 工具生成报告
- ▶ 从 控制示波器
- ▶ 更新实地波形
- ▶ 扩展分析功能
- ▶ 兼容 和



持续与
作

- ▶ 支持



合

更简便、更快速地获得测量结果

直接打印

- ▶ 从示波器直接打印到打印机上
- ▶ 支持任何制造商生产的兼容

产品还没有获得符合 标准通知

的任何打印机



追求卓越，永不停顿：

产品生命周期价值

广受信赖的品牌，更高的价值



客户的反应

必须是一个值得信任的大公司，才能提供这种产品。

如果其它制造商在这一价位上有类似的产品，我会担心质量，而我们对泰克则不会担心。

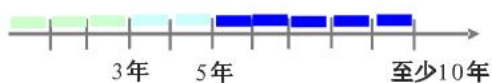
如果制造商能够提供终身保修，那么表明了其品质优良。

同类产品第一个实行终身保修

- ▶ 每款示波器标配
- ▶ 全世界仅有的提供终身保修的示波器

有限条件终身保修基础知识

- ▶ 至少保修10年
- ▶ 不可转让
- ▶ 如果原材料和工艺存在缺陷，则泰克负责提供人工和部件，但不包括电池和熔丝、探头和配件



有一定的限制，具体条款请参见：

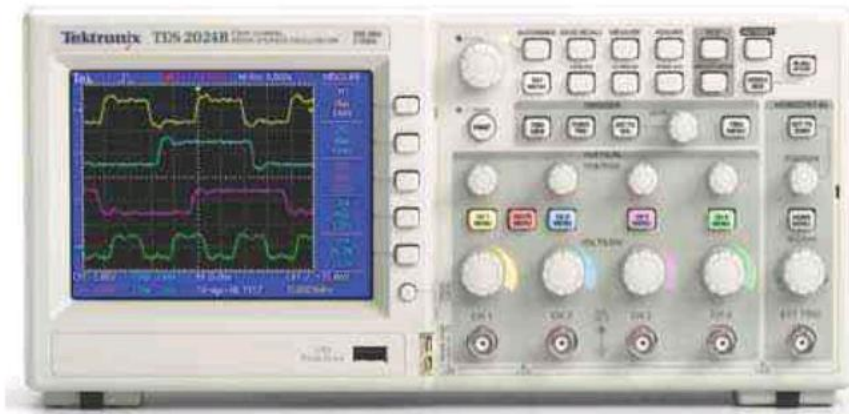
广受信赖的品牌，更高的价值

基于世界上最流行的示波器的
性能和简便易用性

同类最佳的连接能力

同类第一个生命周期保修

现在可以更加简
地获得更多性能

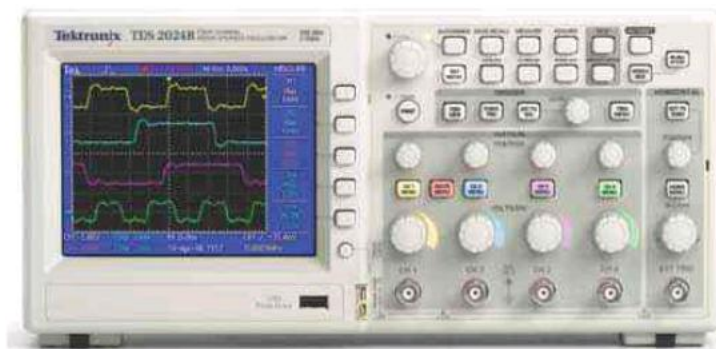


持续推出领导性的产品系列

通过**持续改进**和**革命性解决方案**，满足客户需求！



推出 1000 和 2000 系列数字存储示波器



即时提高生产效率，难以置信的简便性

示波器调试指南

- ▶ 1000 、 2000
 - [调试指南](#)

- ▶ 3000
 - [操作完全指南](#)

- ▶ 4000
 - [调试指南](#)

关于维修

▶ 泰克公司维修热线：

- 北京： 010 6238 5060 010 6238 5166
- 上海： 021 3896 0832
- 邮件： _____

泰克的终身保修最少覆盖客户10年的免费保修期，即使用户在停产的那一天购买，仍然能够享受10年保修。

1. 假如用户现在购买 产品，泰克8年后停产，那么用户享受的保修期是 $8+5=13$ 年。
2. 假如用户现在购买 产品，泰克4年后停产，那么用户仍然将享受10年保修。
3. 假如用户在停产那一天购买 产品，仍然自购买之日起享受10年保修。

谢谢大家!

