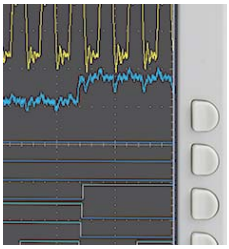
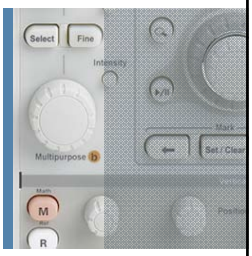
高速信号完整性测试及典型应用分析

泰克科技（中国）有限公司
2010.10

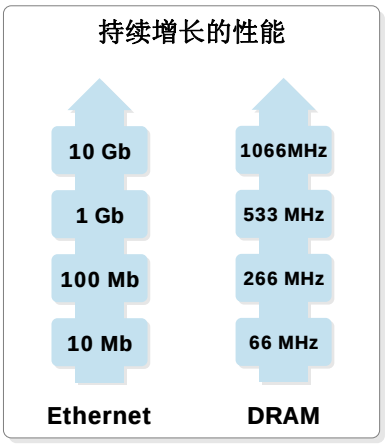
Tektronix

日程

- 未来技术发展趋势和未来面临的测试挑战
- 如何测试和验证信号完整性
  - 高速互连的测试和验证
  - 电路基本功能的测试和验证
  - 一致性测试
- 典型应用分析
  - 低占空比脉冲测试
  - 自动记录波形数据

Tektronix

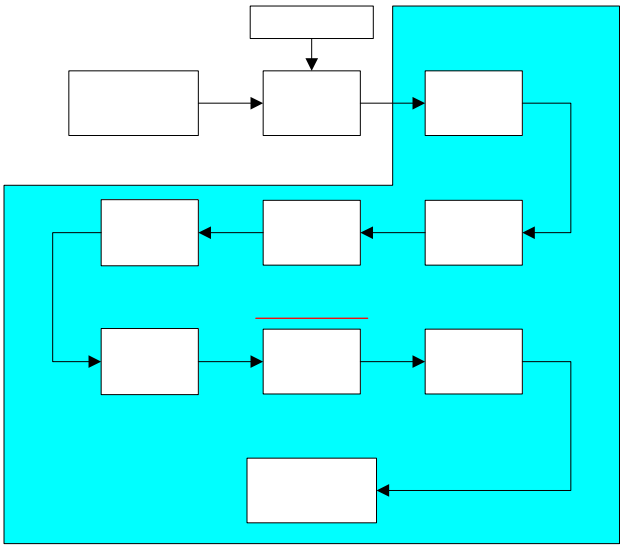
当前的技术发展趋势



Tektronix

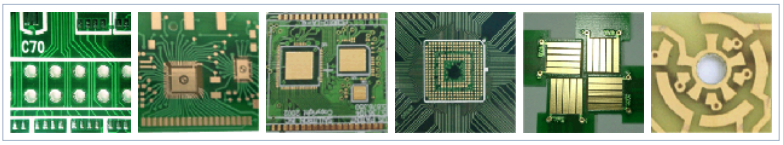
设计流程概览

- 每一步都很重要，将会对以后的步骤产生深远的影响



Tektronix

第一部分：高速互连的测试和验证



Tektronix

PCB验证

- 仿真布线是关键
- 实测也必不可少
  - 简单的短路测试
  - 阻抗验证
  - 接插件选择
  - 串扰情况
  - ……
- 测试PCB、Cable、Connector等传输线特性阻抗的最常用方法是TDR方法。

Tektronix

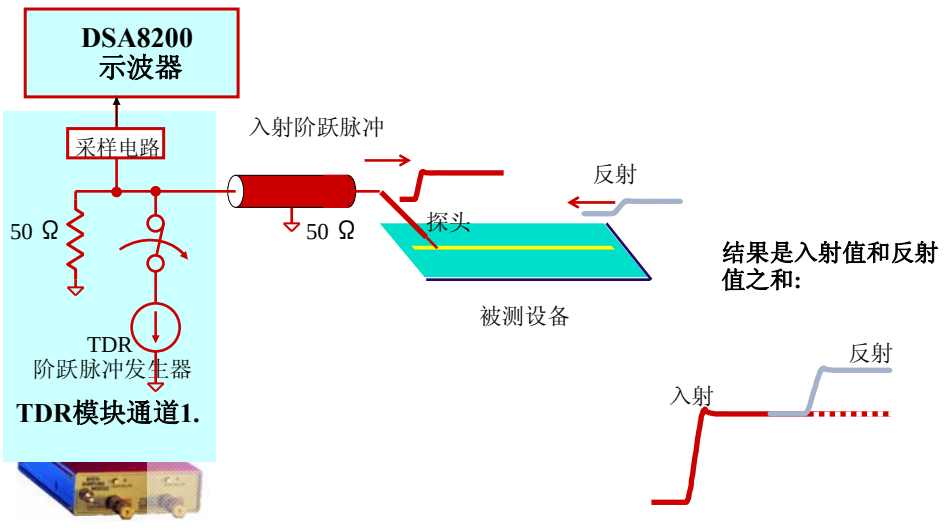
TDR概述及原理

什么是TDR?

- TDR是时域反射计英文(Time Domain Reflectometry)的第一字母缩写 – 可以直观显示和测量电路反射的电能 (PCB, 电缆, IC封装, …).
  与雷达类似(是固定的, 而不是旋转的), 但它探测的是电路，而不是空中; 观察到的阻抗不匹配不是飞机，而是坏连接器、分层PCB等等
- 今天, 基本TDR的多项扩展非常重要:
  - 差分TDR
  - TDT – 发送测量，而不是反射测量
  - 串扰 (差分, 单端)

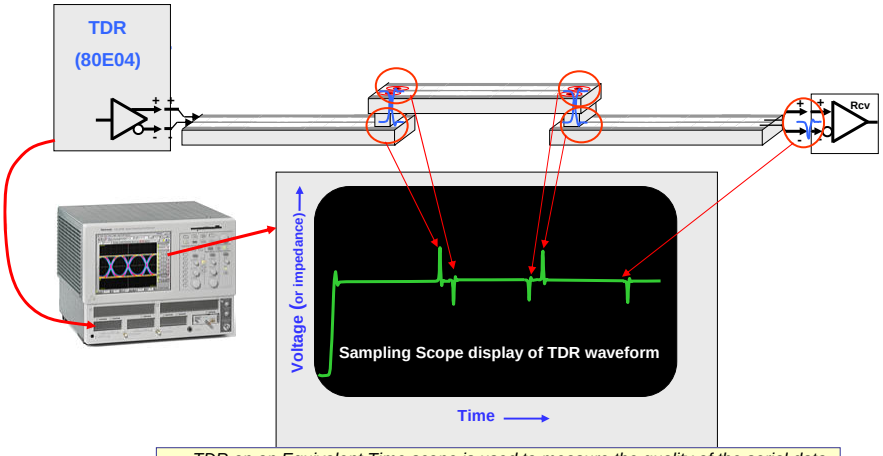
Tektronix

TDR概述及原理——典型系统



Tektronix

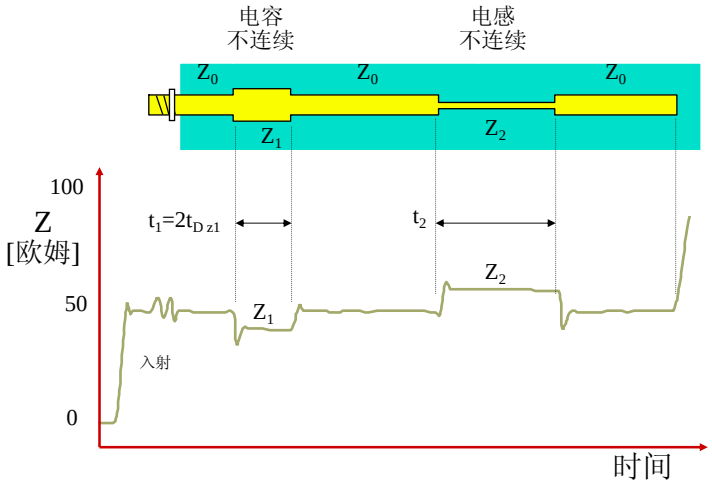
TDR在信号完整性SI(Signal Integrity)中的应用——Reflection(反射)



- *TDR on an Equivalent Time scope is used to measure the quality of the serial data interconnect: A step is generated and returning reflections are sampled (**it's like radar for serial data cables and boards**)*

Tektronix

TDR概述及原理－更加复杂的走线



Tektronix

泰克公司TDR测试方案-P8018/P6150

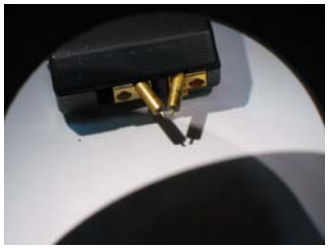
20 GHz Probe Tip Bandwidth
50 Ω Impedance TDR Passive Probe

>9GHz带宽
1X, 10X 衰减探针
可调距离宽度的接地线
<38.8ps上升时间
<0.15pF 输入电容

Tektronix

高带宽差分TDR探头是测试关键

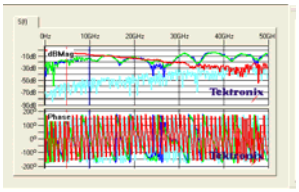
- **P80318 – 18GHz 100 Ω 手持式TDR阻抗测量探头**
  - **0.5mm to 4.2mm可调间距探头尖**
  - **FR4材质PCB最小2.5 mm (0.1 in.) 间距分辨**
  - **与80A02模块一起使用时提供EOS/ESD 保护功能**
- **专门优化用于差分TDR/TDT测量**
- **P80318X – 18GHz 100 Ω 手持式TDR差分阻抗测量附加探头**
  - **用于主要探头需要维护时的替代品,确保生产时间**



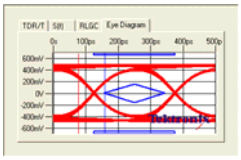
Tektronix

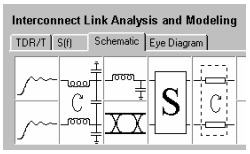
IConnect软件－信号完整性和S参数自动测量软件

性能
- 高达70dB的动态范围
- 改善了阻抗测量精度和分辨率(Z-Line)
- 1M 记录长度，可以在更高频率测量长互连



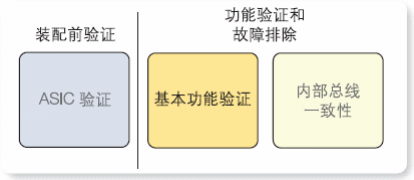
高效，简单
- 自动程序，最大限度地减少错误，降低测试时间
- 为制造应用提供了命令行界面
- 全面的互连链路分析功能
- 自动提取SPICE模型，集成式分析功能，并支持仿真模型
- 在几分钟内、而不是几个小时内完成分析任务





第二部分：基本功能验证

基本功能验证



- 完成PCB 阻抗测量和元器件验证后，开始装配原型并开始“实际”测量了。功能问题主要在设计过程的下几步显现，并且这些问题必须得到解决。其中的大多数问题都源自于信号完整性问题。将主板上的部件装配到位并协同工作之后，才可能检测到这些问题。
- DPO（数字荧光示波器）是基本功能验证的首选工具。
  - DPO 可用于数字系统故障排除、查找间歇性信号，还可用于许多类型的眼图和模板测试。
  - 选择合适的探头系统

Tektronix

使用示波器调试，您经常遇到什么问题？

- 想看看不到
  - 有没有故障？
  - 何种故障，在哪里？
  - 故障的重复性怎样？
- 看到抓不到
  - 边沿触发？能力太弱
  - 高级触发？功能不足
  - 偶尔碰运气抓到一次，下一次呢？
- 抓到测不准
  - 示波器测试能力有限
  - 示波器分析能力不足
- 拿来不会用
  - 裸体示波器？
  - 示波器调试功能不了解
  - 没有时间查看厚厚的使用手册

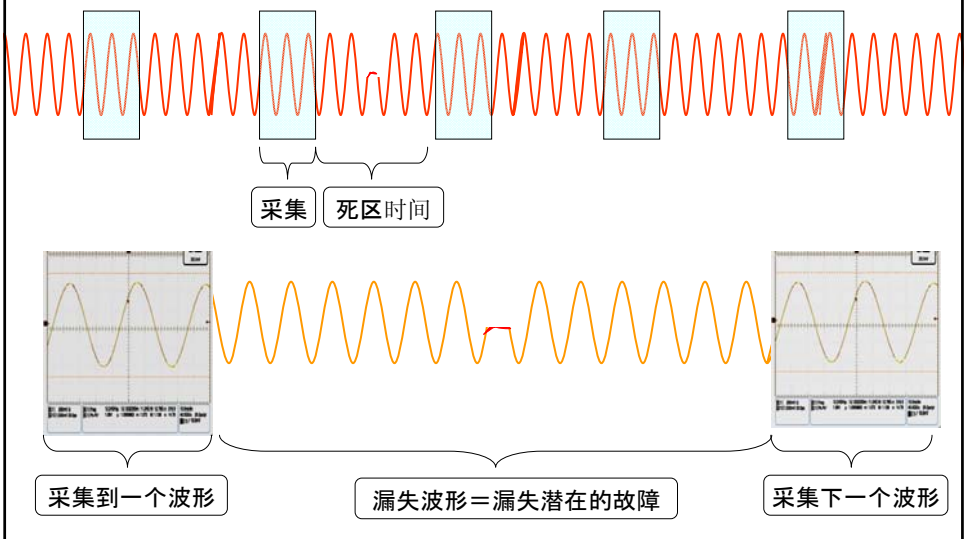
Tektronix

DPO平台数字荧光示波器

最短的时间发现信号完整性问题

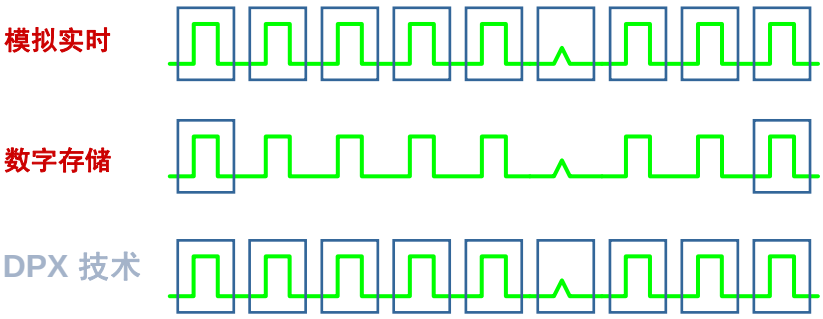
Tektronix

示波器波形捕获率：每一秒采集多少个波形



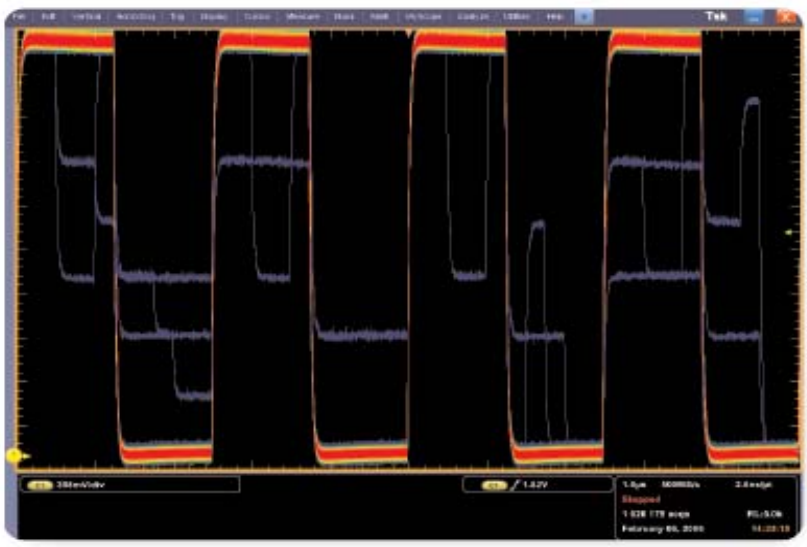
Tektronix

波形捕获率对测试结果的影响



Tektronix

波形捕获率比较（泰克示波器）

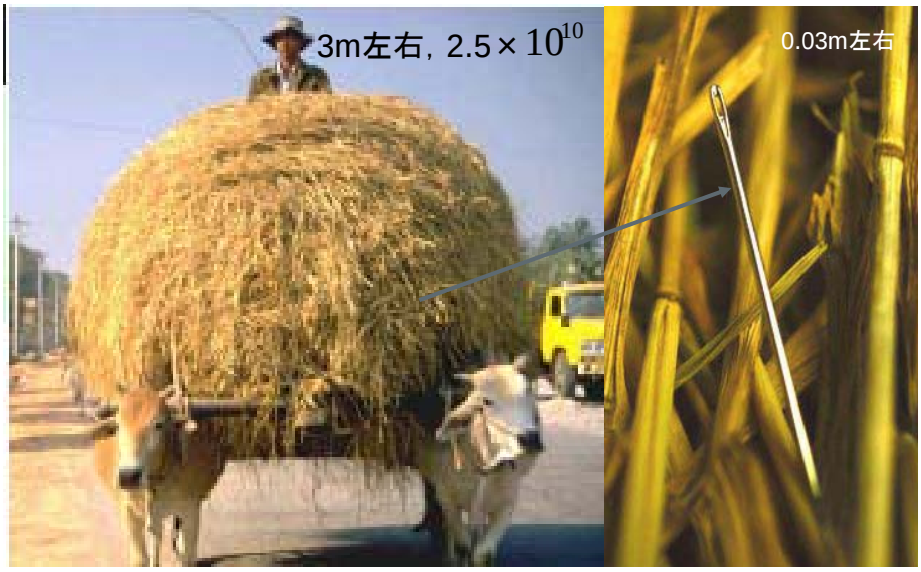


Tektronix

最短的时间定位信号完整性问题-触发

Tektronix

针在哪里？



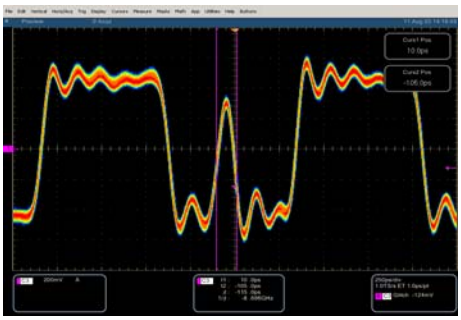
Tektronix

Productivity

DPO的效率——触发系统

- 触发系统——最快定位电路特定行为的工具
- 好的工程师使用长内存——DPO当然提供；聪明的工程师使用触发——泰克使您更聪明

- 完美的Pinpoint™触发系统，可以几乎没有限制地定义条件，捕获最快的瞬变信号



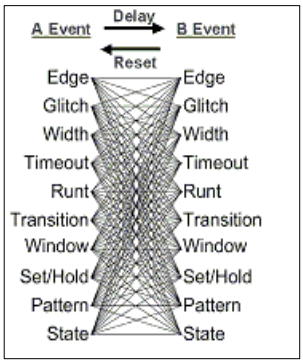
Tektronix

Productivity

DPO的效率——触发系统

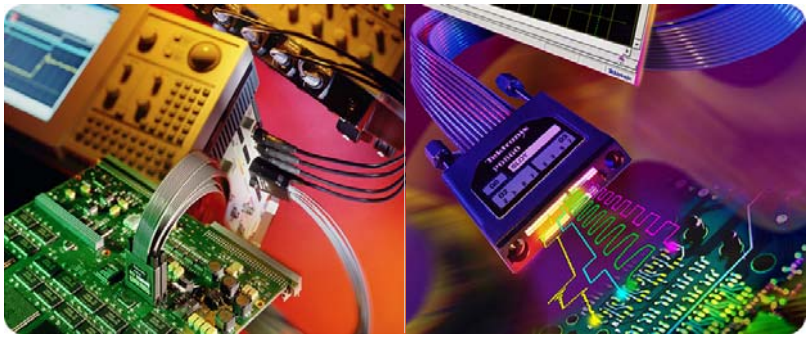
- 使用顶级的触发技术
  - 在所有触发方式下使用最新一代SiGe技术，性能全面超过业界其它产品
- 广泛使用于泰克中高端示波器的Pinpoint™触发系统
  - 九大类触发模式灵敏度可高达9GHz
- Pinpoint™ 触发系统
  - 业界最完善的触发系统
  - 唯一完善的双触发系统

Virtually Unlimited Trigger Combinations
Plus Comm & Serial



Tektronix

迎击信号完整性和
数字系统测试的挑战



世界上最快的逻辑分析仪
和前所未有的新型探头

Tektronix

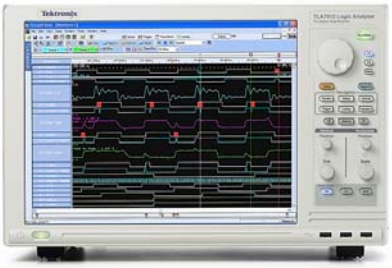
为什么需要逻辑分析仪?

- 因为其他仪器不能用以解决以下问题
  - **同时观测许多路信号（例如16位数据，8位A/D）**
  - **“看到”数字电路的真实运行情况**
  - **以数字电路的运行的方式观测信号**
  - **能够逻辑组合触发，序列触发来精确定位系统的运行　情况**
  - **实时跟踪微处理器的代码流**
  - **捕获间歇性系统故障**
  - **系统崩溃的原因跟踪**

Tektronix

TLA7012 便携式主机箱概览

最多支持2个136通道模块



- 世界显示面积最大的逻辑分析仪 15 英寸 38.1厘米 (1024x768 显示分辨率)
- 可选触摸屏
- 兼容以往泰克逻辑分析仪所有模块
- 数据吞吐率快6倍
- 支持外部PC控制
- 新结构设计

Tektronix

TLA7012 便携式主机箱硬件平台

最多支持2个136通道模块

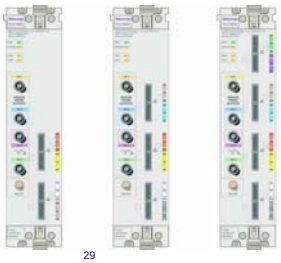
- Intel® 2 GHz Pentium® M-760
  - Intel® 915GM chipset (533 MHz FSB)
  - 1 GB DDR2 RAM (expandable to 2 GB)
  - Gigabit Ethernet (GbE) LAN
  - 7 USB 2.0 ports (3 front + 4 rear)
- 4.7 GB DVD±R/RW drive
- Removable 3.5” 80 GB SATA 7200 RPM Hard Drive
- Dual external display outputs (1600x1200)
- Optional 3.5” USB floppy available
- No PC Card, PS/2, serial nor parallel ports
  - USB-to-serial/parallel adapters available via 3rd parties
- Windows XP Pro + SP2 with Multilingual User Interface Pack (34 languages)
- USB Security Block for secure environments

Tektronix

TLA7BBx

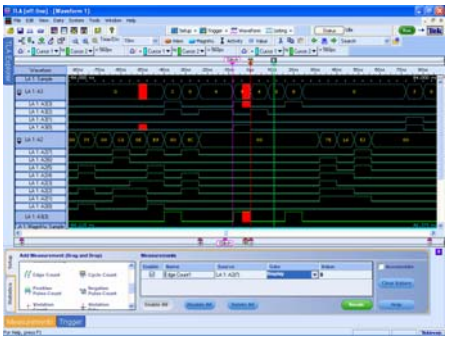
Banner Specification Overview

DIGITAL CHARACTERISTICS	TLA7B6x	TLA7B5x	TLA7B4x
Digital Channels	68	102	136
High Speed Timing (MagniVu)	50GS/s (20ps)		
Deep Memory Timing	800/1600/3200/6400 MS/s		
State Speed	1.4GHz/2.8Gbps		
Memory Depth	Standard 2Mb, Maximum 64Mb		
Probes	P68xx and P69xx		
Analog Mux	3 GHz		



Tektronix

支持FPGA调试的Tektronix 逻辑分析仪家族



- TLA7000系列 – 高性能，模块化，易于扩展
- TLA5000系列 – 最高的性价比

Tektronix

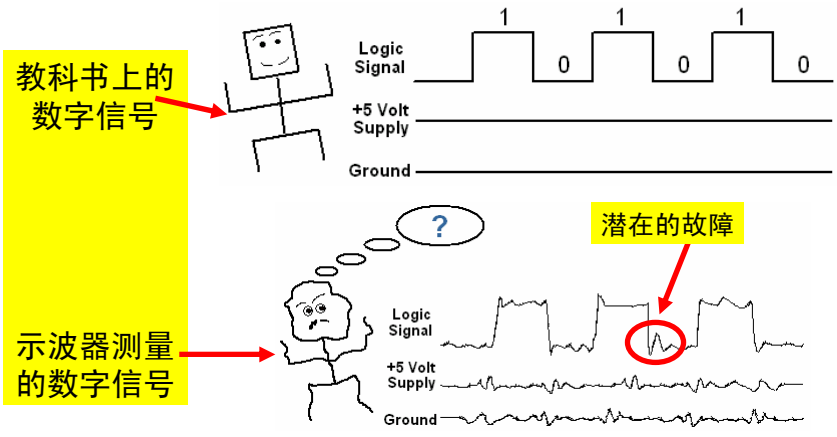
高速数字系统设计和调试

泰克DPO示波器＋TLA逻辑分析仪

Tektronix

iLink™ 逻辑分析仪工具包

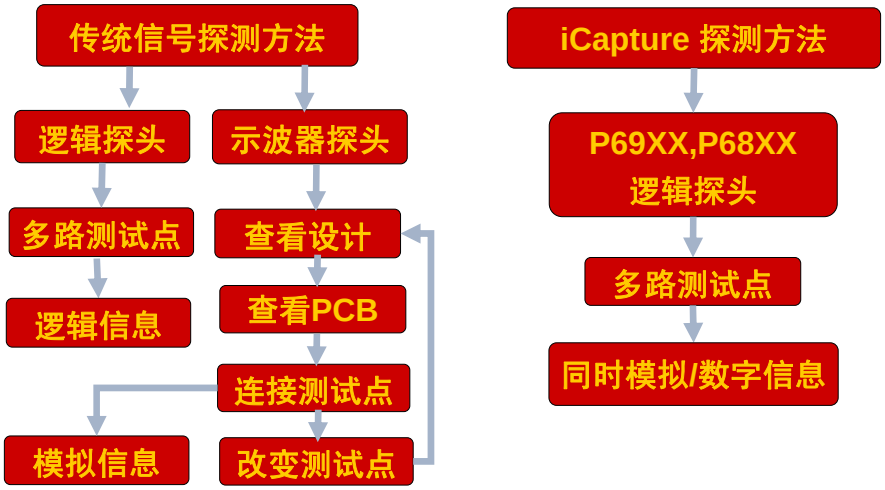
iView™技术：快速定位和分析硬件故障



Tektronix

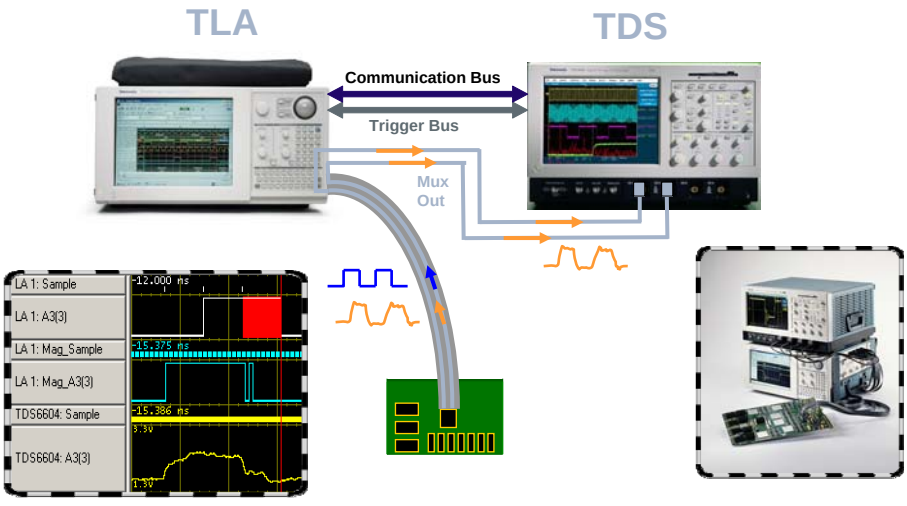
iLink™ 逻辑分析仪工具包

iCapture™技术提供最灵活的探测方案



Tektronix

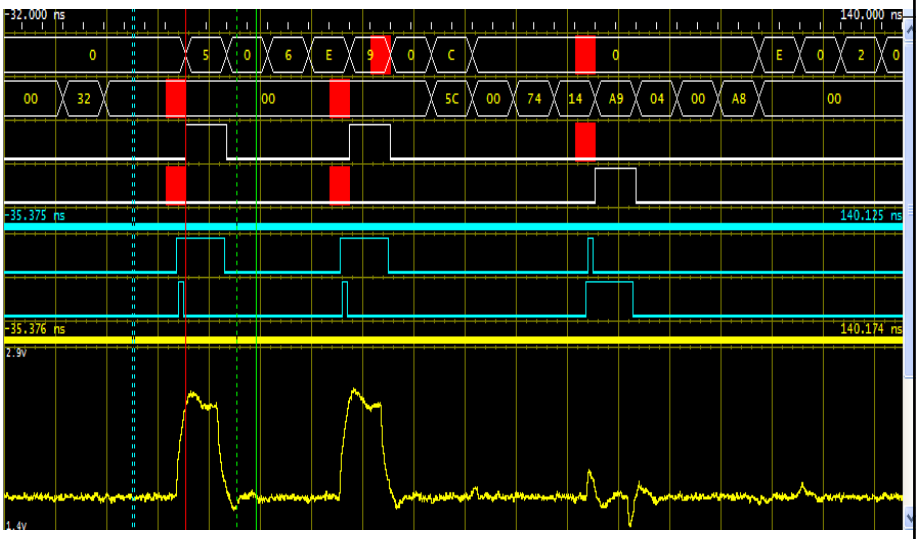
一个逻辑探头完成模拟/数字信号联合观测



Tektronix

iLink™ 逻辑分析仪工具包

iView™技术：模拟参数/逻辑时序联合观测



Tektronix

MSO70000 高性能混合信号示波器

Real Time Oscilloscope
20 GHz on 4 ch

Most Accurate Logic Analyzer
20psec Timing & iCapture

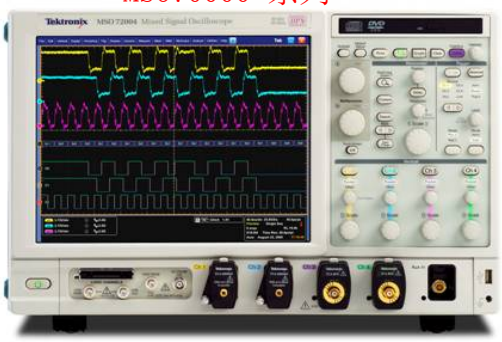
MSO70000
目前世界上唯一的高性能
混合信号示波器

Tektronix

新产品介绍

- 目前世界上唯一的高带宽混合信号示波器

MSO70000 系列



高性能　精确度　信号探测　洞察力

Tektronix

MSO70000 高性能混合信号示波器

业内领先的配有高性能数字通道的实时示波器

高性能

▪20G带宽模拟通道
4个通道

▪80ps 数字定时分辨率
▪20 ps模拟定时分辨率

▪深存储
▪对于模拟和数字通道全部为250M/ch

▪16 数字通道
连同4个模拟通道组成的采集系统

iCapture™ 同时进行模拟数字时间相关调试

▪事件触发能力
隔离定位偶发的故障

▪新数字逻辑探头
提供高信号保证度以及最小的负载

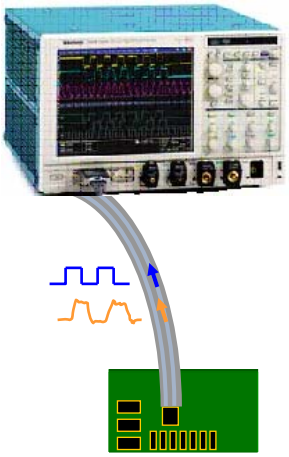
集成了并行总线、I2C、SPI解码功能

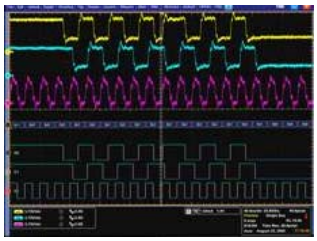
Tektronix

iCapture™ – 一次连接同时观测模拟和数字

信号探测

MSO70000





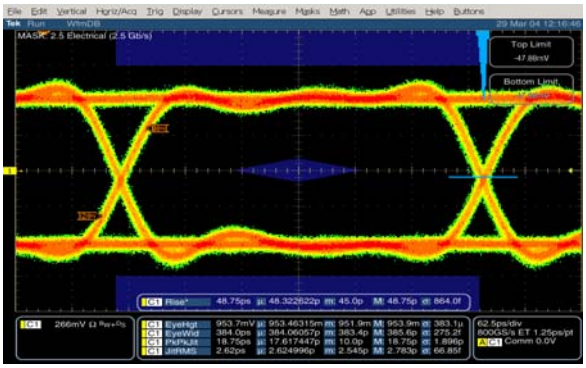
Tektronix

第三部分：一致性测试

Tektronix

为什么要测试眼图

- 眼图是串行信号质量的最直接反映
- 眼图的好坏是接收端设备生产厂家所直接关心的
- 眼图是串行信号定性分析的最常用手段

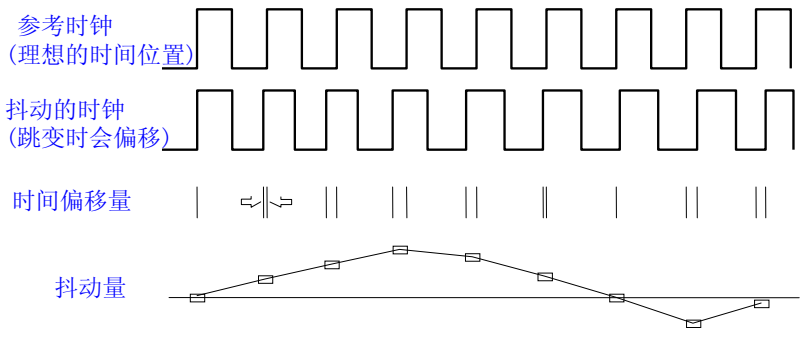


Tektronix

抖动的定义

抖动可以定义为

“一个信号在跳变时，相对其理想时间位置的偏移量”



Tektronix

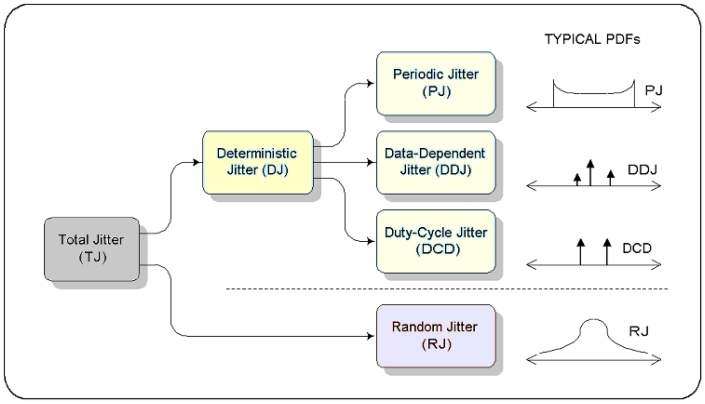
抖动的测量分类

- 时钟抖动：
  period jitter，cycle-cycle jitter，N-cycle jitter等
- 高速串行数据的抖动测试：TIE（time interval error）等
- 并行总线中数据与时钟相关的抖动： setup-hold time jitter等

Tektronix

Tj：Total Jitter

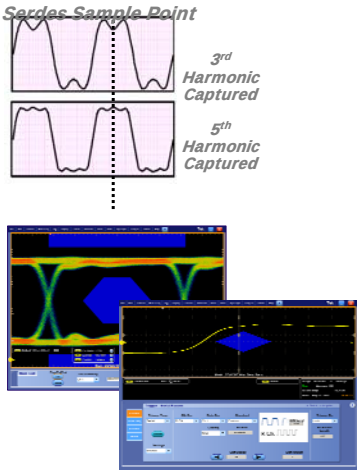
- Total Jitter
  - 评估大量数据时的抖动：例如 10^{12} bits



Tektronix

进行高速串行测试的必要前提条件

- 带宽足够的示波器
  - 业内公认的带宽标准： 5倍基频（或2.5倍的数据率）
  - 例如：SATA3.0，比特率6Gbps，需要15GHz模拟带宽的示波器进行测试
- 串行数据触发和码型同步
  - Serial Trigger（串行触发）是定位、调试高速串行数据的基本要求
  - 码型同步功能提供可以隔离出模板违规的bit位，以评估ISI对串行系统的影响
- 硬件时钟恢复电路和等效眼图测试
  - 快速进行串行数据分析、调试
  - 通信行业所采用的标准测试方法

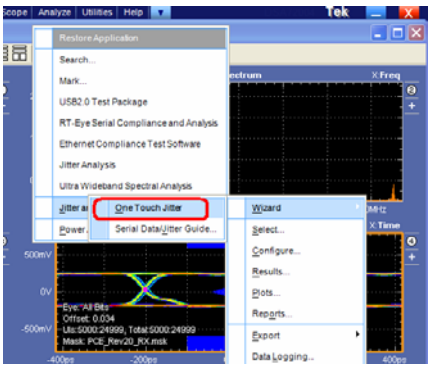


DPOJET®： 一种全新的、易用的、快速的、完整和准确的抖动测试工具

DPOJET： Jitter + Eye Diagram + Tools

DPOJET业内使用*最简单*的抖动测试工具

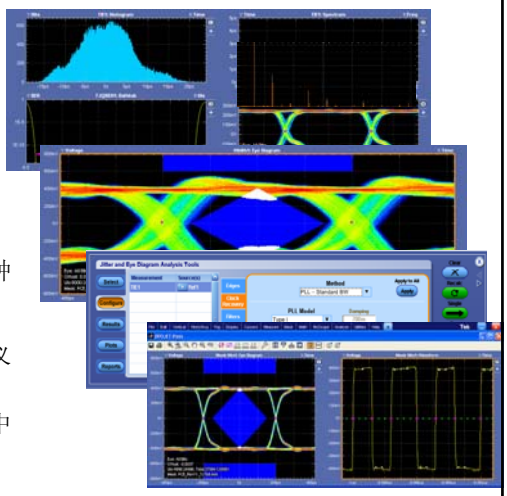
- “ONE Touch”一键式的软件设计思路，任何抖动测量，无需复杂的设定，一键完成测试
  - 自动选择示波器输入通道
  - 自动判断测试信号类型(clock或data)
  - 最优化完成示波器采集参数
  - 自动测试参考电平
  - 自动选择抖动项目(用户可定制)
  - 自动完成测量项目参数设定
  - 自动完成结果分析、图表生成
- “ONE Touch”一键式功能使得工程师摆脱枯燥的、繁琐、易错的参数设置环节，直接将测试结果呈现在工程师面前！



Tektronix

DPOJET业内分析能力*最强大*的抖动测试工具

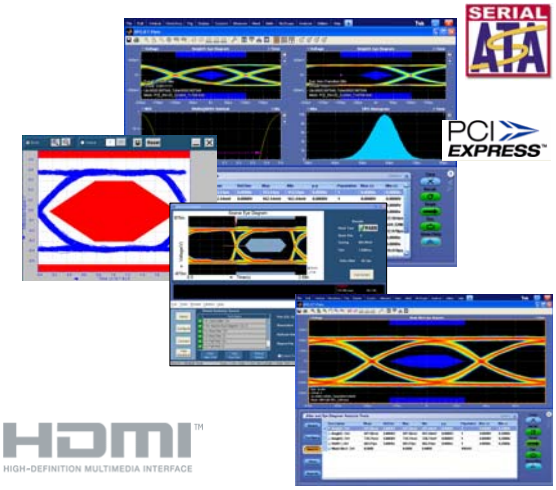
- 多域分析抖动
  - 抖动直方图
  - 抖动频谱图
  - 时间趋势图
- 提供Tektronix专利的抖动分离方法，帮助工程师定位故障
  - 抖动频域分离方法，业内公认的抖动分离方法
- 丰富多样的时钟恢复方法，满足各种应用的需求
  - Golden PLL
  - TypeI/II PLL loop BW 用户可自定义
  - 外部时钟
- 眼图测量帮助定位隐藏在串行数据中“有嫌疑”的bit



Tektronix

Tektronix提供计算机、通信行业一致性测试标准支持

- PCIExpress Gen II
- DisplayPort
- HDMI
- SATAII/III
- DDR2/3
- Ethernet
- USB
- WiMedia
- Inifiband
- FiberChannel
- XAUI

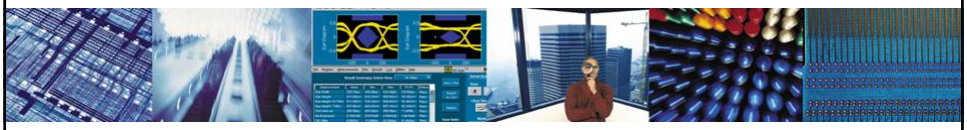


Tektronix

典型应用分析

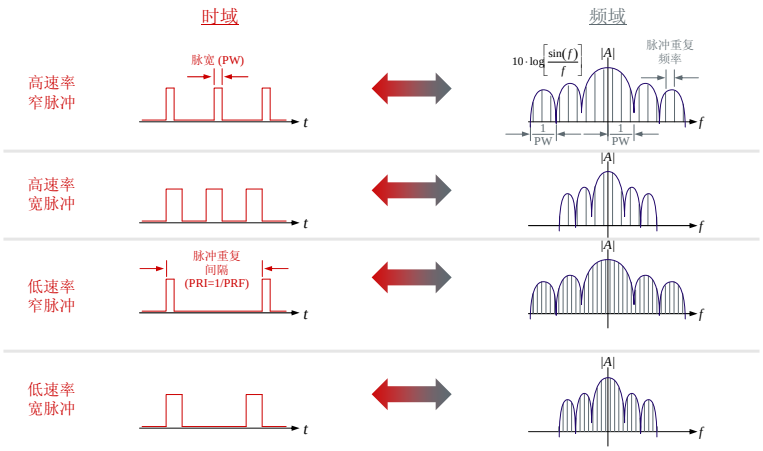
Tektronix

如何测量低占空比脉冲信号



Tektronix

挑战

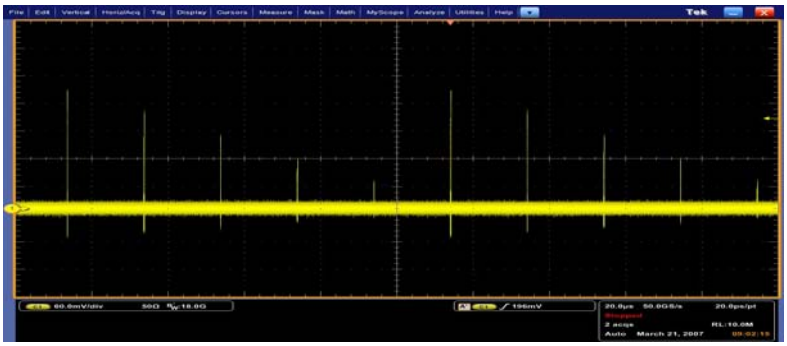


Tektronix

传统测试方法

1. 长内存捕获

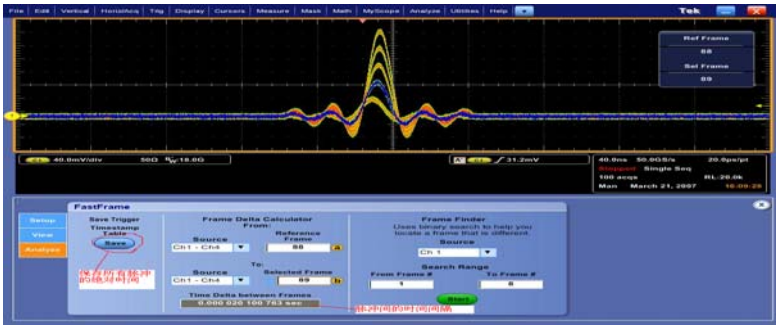
如果想查看多个连续脉冲，必须提高采集的时间窗口。让多个脉冲落在示波器提供的有限存储器内，很多时候必须通过降低采样率来达到。降低采样率本身会降低水平分辨率，使得时间测试精度大大下降。



Tektronix

DPO的洞察力——快帧Fastframe

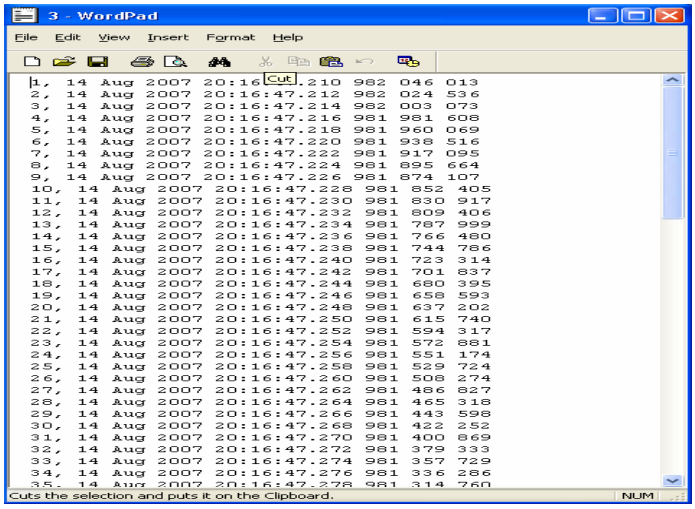
1. 泰克采用FastFrame分段存储技术的示波器，允许把现有的存储器分成一系列段，然后每一次触发后采集的数据只填充其中一段，每次采集都可使用所需的采样率。通过根据测试要求定义触发条件，可以只捕获感兴趣的波形段，然后将捕获的每个事件存储在拥有各自编号的存储段中。
2. 采集完成以后，用户可以按捕获顺序单独查看各个存储段的波形或帧数据，或分层显示多个存储段波形或帧数据，方便对测试结果进行比对。



Tektronix

DPO的洞察力——快帧Fastframe(续)

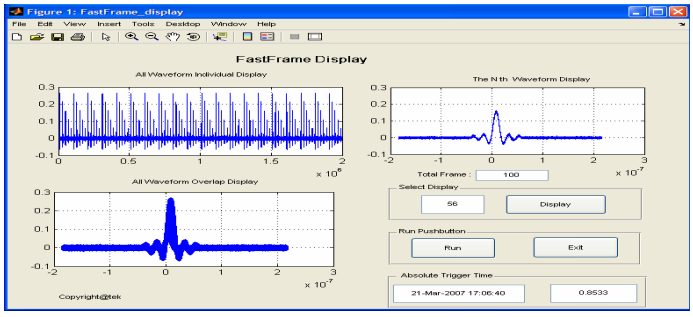
- 3. 轻松获得每个脉冲间隔的绝对时间和相对时间



Tektronix

快帧Fastframe优点总结

1. 高波形捕获速率提高了捕获偶发事件的能力。
2. 使用高采样率，保留了波形细节。
3. 如果脉冲重复速度小于示波器的最高触发速率，则捕获的脉冲之间没有漏失脉冲，保证有效利用记录长度存储器。
4. 可以迅速地以可视方式比较波形段，确定重叠的波形中是否会异常变化。

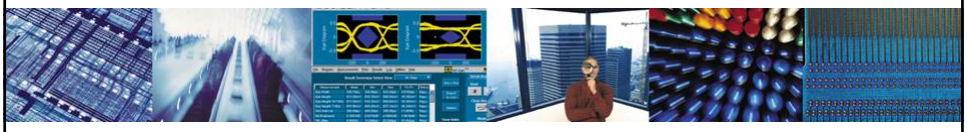


Tektronix

脉冲信号(低占空比)测试系统配置列表

1. DPO7000 DSA70000平台示波器
   - 20GHz, 16GHz,12.5GHz 带宽,
   - 4通道同时支持50GS/s实时采样率,
   - 每通道标配10M内存，最大支持200M内存通道
   - 8GHz,6GHz,4GHz 带宽,
   - 4通道同时支持25GS/s实时采样率
   - 每通道标配10M内存，最大支持100M内存/通道
   - 3.5GHz,2.5 GHz,1GHz,500 MHz 带宽,
   - 4通道同时支持10 GS/s实时采样
   - 标配40M内存，最大支持400M内存
   - DPO平台支持>250,000 wfms/s 波形捕获率
   - 相关的一致性测试软件
2. 探头系统
   - P7516, P7513, P7313,P7380,P7360,P7350,P7330,TDP1000 差分探头
   - P7260,P7240,P7225,P6245,TAP2500,TAP1500, P6139 单端探头

如何自动保存/记录波形数据



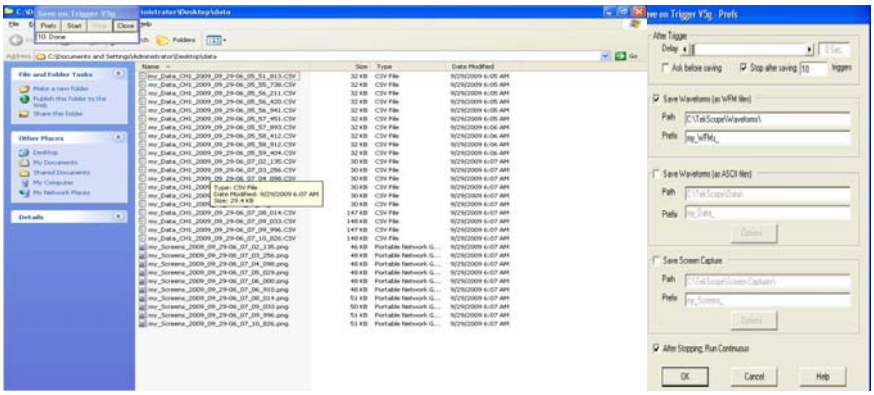
当前测试需求

1. 波形监测并自动记录数据
2. 自动记录测量结果数据
3. 数据处理和分析
4. 长时间测试记录

Tektronix

Save onTrigger 自动保存波形数据

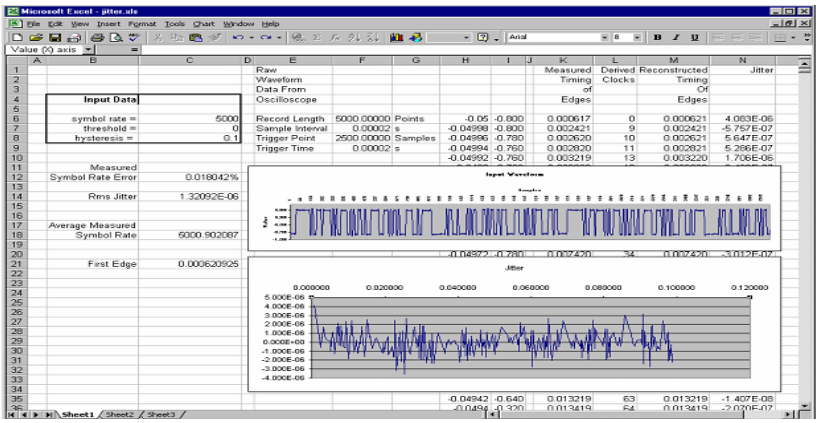
1. 根据需求自动保存数据
   - 数据格式： wfm，dat，csv，txt。
   - 图片格式：jpg，bmp，png。
   - 可设置延迟时间
   - 自动记录每次采集数据的绝对时间



Tektronix

EXCEL Toolbars　自动记录所有波形和测量数据

- 使用**Excel**对示波器数据进行分析



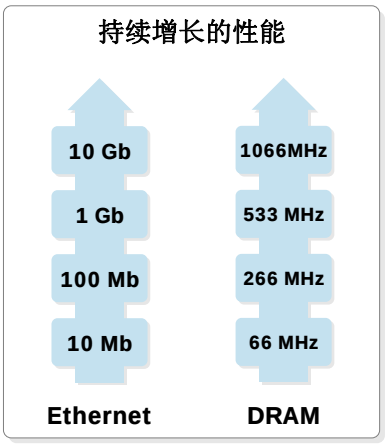
Tektronix

日程

- 未来技术发展趋势和未来面临的测试挑战
- 如何测试和验证信号完整性
  - 高速互连的测试和验证
  - 电路基本功能的测试和验证
  - 一致性测试
- 典型应用分析
  - 低占空比脉冲测试
  - 自动记录波形数据

Tektronix

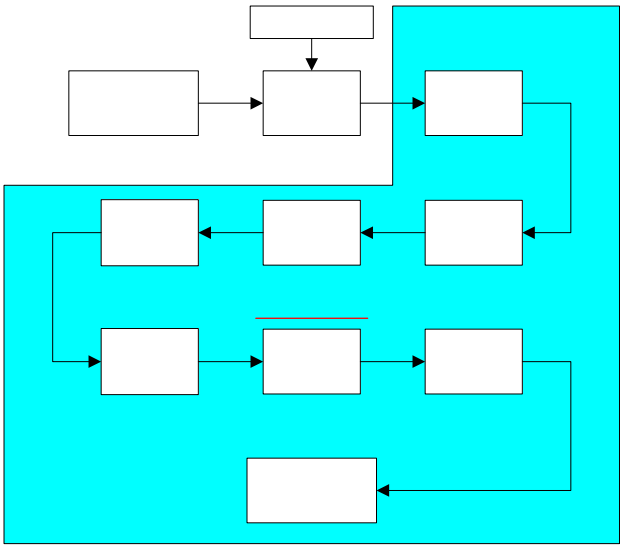
当前的技术发展趋势



Tektronix

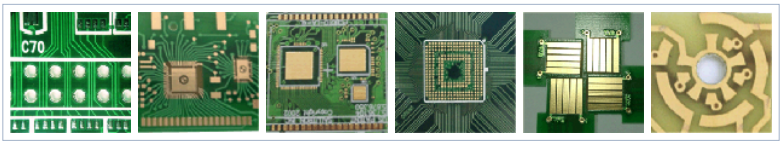
设计流程概览

- 每一步都很重要，将会对以后的步骤产生深远的影响



Tektronix

第一部分：高速互连的测试和验证



Tektronix

PCB验证

- 仿真布线是关键
- 实测也必不可少
  - 简单的短路测试
  - 阻抗验证
  - 接插件选择
  - 串扰情况
  - ……
- 测试PCB、Cable、Connector等传输线特性阻抗的最常用方法是TDR方法。

Tektronix

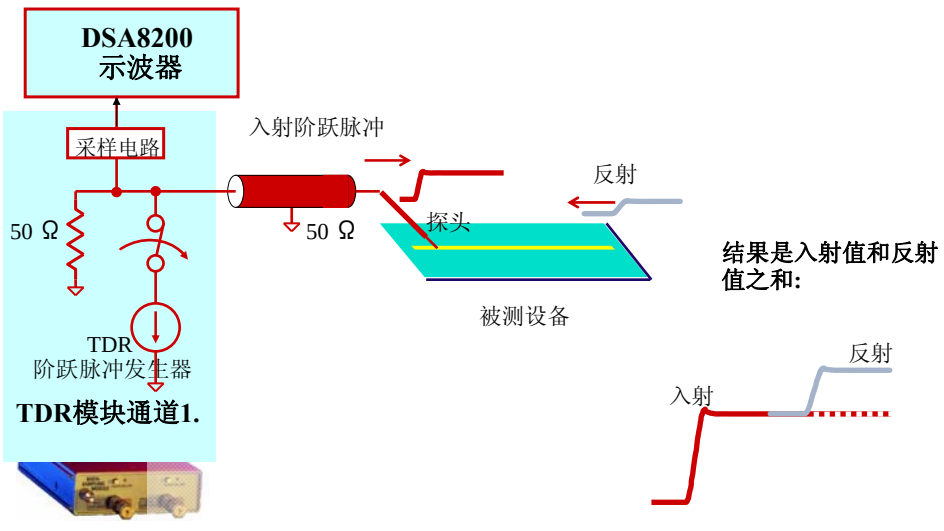
TDR概述及原理

什么是TDR?

- TDR是时域反射计英文(Time Domain Reflectometry)的第一字母缩写 – 可以直观显示和测量电路反射的电能 (PCB, 电缆, IC封装, …).
  与雷达类似(是固定的, 而不是旋转的), 但它探测的是电路，而不是空中; 观察到的阻抗不匹配不是飞机，而是坏连接器、分层PCB等等
- 今天, 基本TDR的多项扩展非常重要:
  - 差分TDR
  - TDT – 发送测量，而不是反射测量
  - 串扰 (差分, 单端)

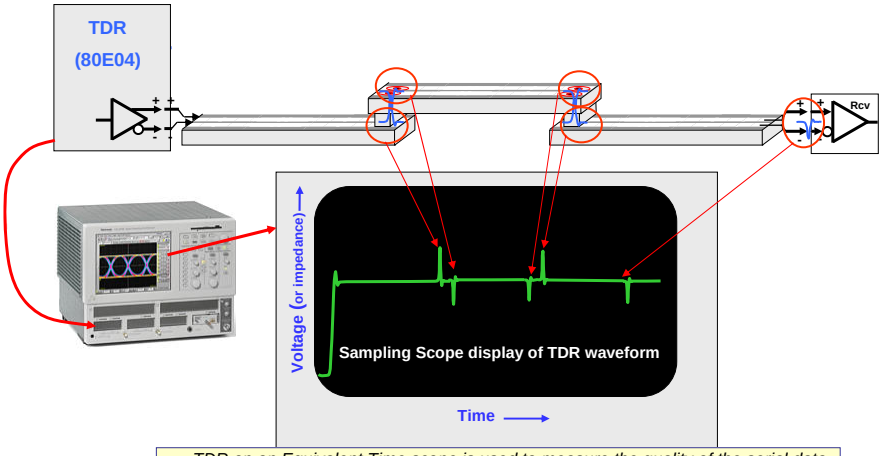
Tektronix

TDR概述及原理——典型系统



Tektronix

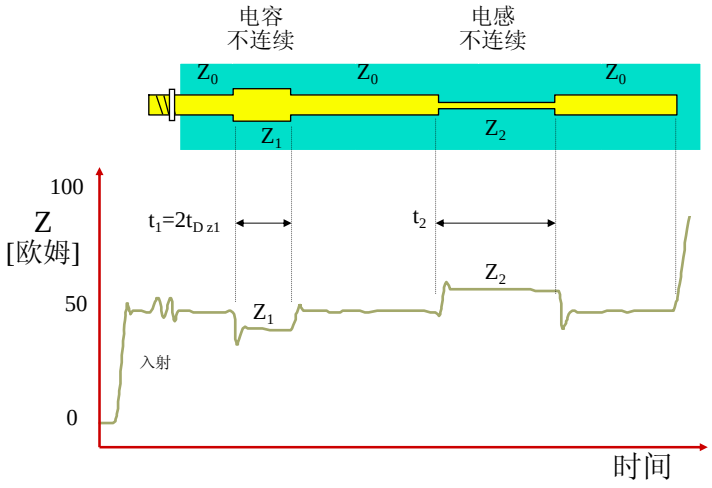
TDR在信号完整性SI(Signal Integrity)中的应用——Reflection(反射)



- *TDR on an Equivalent Time scope is used to measure the quality of the serial data interconnect: A step is generated and returning reflections are sampled (**it's like radar for serial data cables and boards**)*

Tektronix

TDR概述及原理－更加复杂的走线



Tektronix

泰克公司TDR测试方案-P8018/P6150

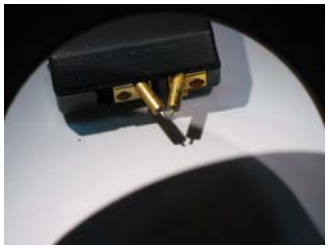
20 GHz Probe Tip Bandwidth
50 Ω Impedance TDR Passive Probe

>9GHz带宽
1X, 10X 衰减探针
可调距离宽度的接地线
<38.8ps上升时间
<0.15pF 输入电容

Tektronix

高带宽差分TDR探头是测试关键

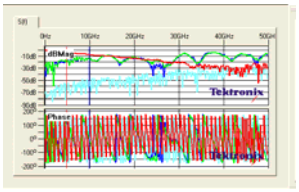
- **P80318 – 18GHz 100 Ω 手持式TDR阻抗测量探头**
  - **0.5mm to 4.2mm可调间距探头尖**
  - **FR4材质PCB最小2.5 mm (0.1 in.) 间距分辨**
  - **与80A02模块一起使用时提供EOS/ESD 保护功能**
- **专门优化用于差分TDR/TDT测量**
- **P80318X – 18GHz 100 Ω 手持式TDR差分阻抗测量附加探头**
  - **用于主要探头需要维护时的替代品,确保生产时间**



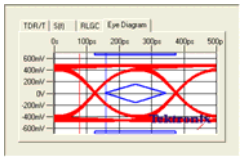
Tektronix

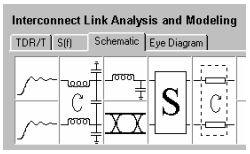
IConnect软件－信号完整性和S参数自动测量软件

性能
- 高达70dB的动态范围
- 改善了阻抗测量精度和分辨率(Z-Line)
- 1M 记录长度，可以在更高频率测量长互连



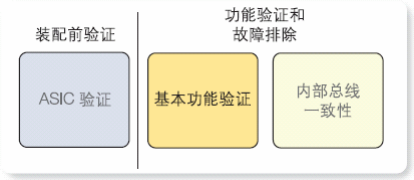
高效，简单
- 自动程序，最大限度地减少错误，降低测试时间
- 为制造应用提供了命令行界面
- 全面的互连链路分析功能
- 自动提取SPICE模型，集成式分析功能，并支持仿真模型
- 在几分钟内、而不是几个小时内完成分析任务





第二部分：基本功能验证

基本功能验证



- 完成PCB 阻抗测量和元器件验证后，开始装配原型并开始“实际”测量了。功能问题主要在设计过程的下几步显现，并且这些问题必须得到解决。其中的大多数问题都源自于信号完整性问题。将主板上的部件装配到位并协同工作之后，才可能检测到这些问题。
- DPO（数字荧光示波器）是基本功能验证的首选工具。
  - DPO 可用于数字系统故障排除、查找间歇性信号，还可用于许多类型的眼图和模板测试。
  - 选择合适的探头系统

Tektronix

使用示波器调试，您经常遇到什么问题？

- 想看看不到
  - 有没有故障？
  - 何种故障，在哪里？
  - 故障的重复性怎样？
- 看到抓不到
  - 边沿触发？能力太弱
  - 高级触发？功能不足
  - 偶尔碰运气抓到一次，下一次呢？
- 抓到测不准
  - 示波器测试能力有限
  - 示波器分析能力不足
- 拿来不会用
  - 裸体示波器？
  - 示波器调试功能不了解
  - 没有时间查看厚厚的使用手册

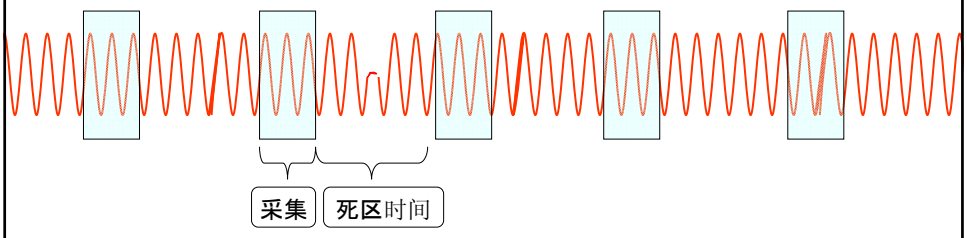
Tektronix

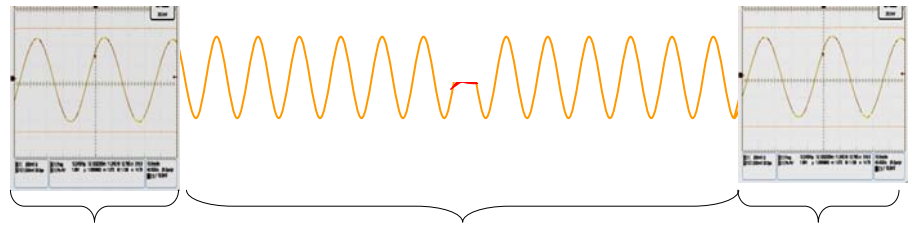
DPO平台数字荧光示波器

最短的时间发现信号完整性问题

Tektronix

示波器波形捕获率：每一秒采集多少个波形





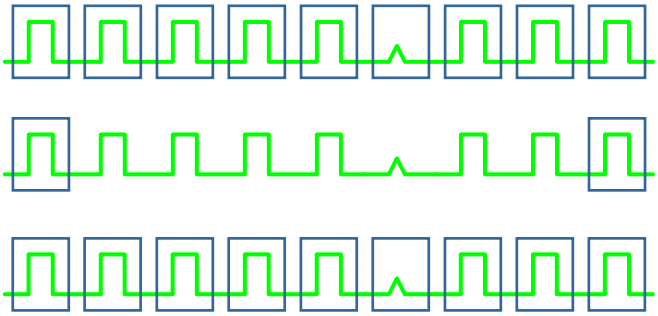
Tektronix

波形捕获率对测试结果的影响

模拟实时

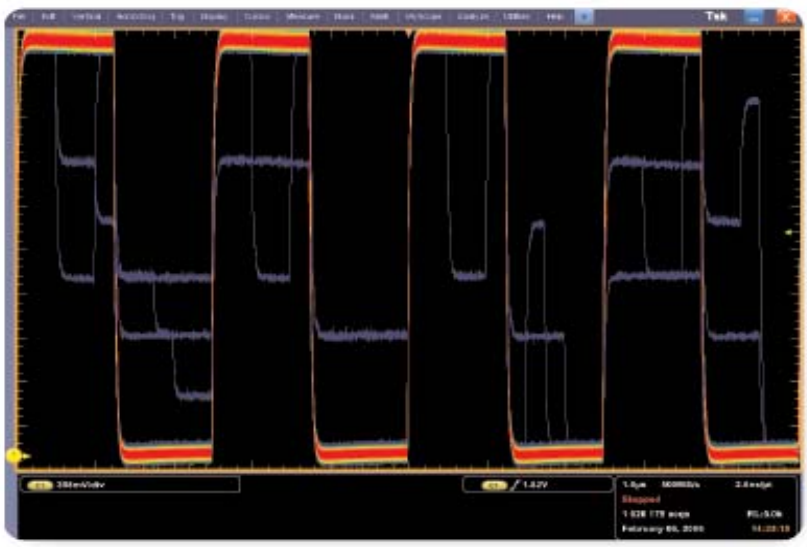
数字存储

DPX 技术



Tektronix

波形捕获率比较（泰克示波器）

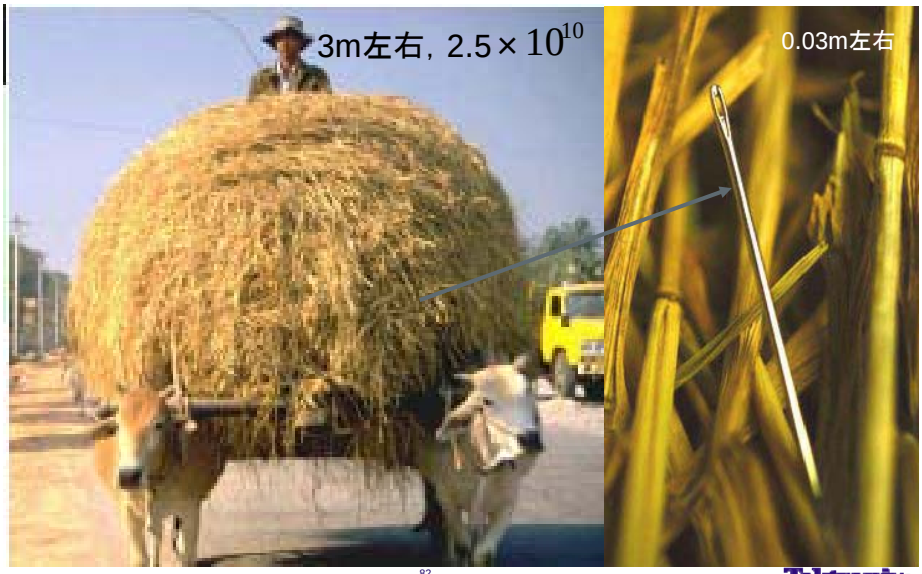


Tektronix

最短的时间定位信号完整性问题-触发

Tektronix

针在哪里？



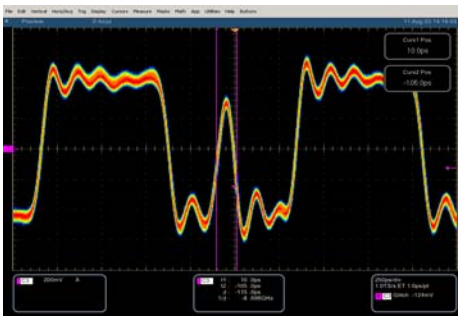
Tektronix

Productivity

DPO的效率——触发系统

- 触发系统——最快定位电路特定行为的工具
- 好的工程师使用长内存——DPO当然提供；聪明的工程师使用触发——泰克使您更聪明

- 完美的Pinpoint™触发系统，可以几乎没有限制地定义条件，捕获最快的瞬变信号



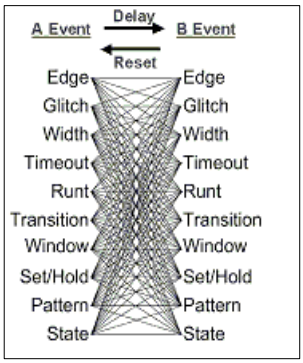
Tektronix

Productivity

DPO的效率——触发系统

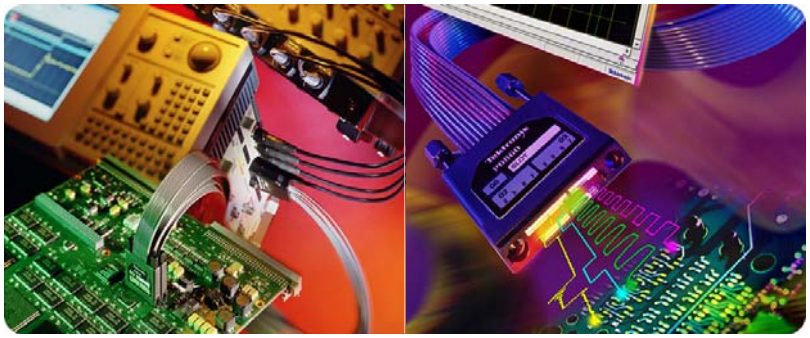
- 使用顶级的触发技术
  - 在所有触发方式下使用最新一代SiGe技术，性能全面超过业界其它产品
- 广泛使用于泰克中高端示波器的Pinpoint™触发系统
  - 九大类触发模式灵敏度可高达9GHz
- Pinpoint™ 触发系统
  - 业界最完善的触发系统
  - 唯一完善的双触发系统

Virtually Unlimited Trigger Combinations
Plus Comm & Serial



Tektronix

迎击信号完整性和
数字系统测试的挑战



世界上最快的逻辑分析仪
和前所未有的新型探头

Tektronix

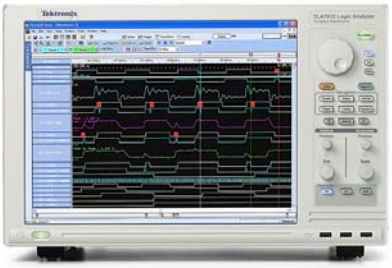
为什么需要逻辑分析仪?

- 因为其他仪器不能用以解决以下问题
  - **同时观测许多路信号（例如16位数据，8位A/D）**
  - **“看到”数字电路的真实运行情况**
  - **以数字电路的运行的方式观测信号**
  - **能够逻辑组合触发，序列触发来精确定位系统的运行　情况**
  - **实时跟踪微处理器的代码流**
  - **捕获间歇性系统故障**
  - **系统崩溃的原因跟踪**

Tektronix

TLA7012 便携式主机箱概览

最多支持2个136通道模块



- 世界显示面积最大的逻辑分析仪 15 英寸 38.1厘米 (1024x768 显示分辨率)
- 可选触摸屏
- 兼容以往泰克逻辑分析仪所有模块
- 数据吞吐率快6倍
- 支持外部PC控制
- 新结构设计

Tektronix

TLA7012 便携式主机箱硬件平台

最多支持2个136通道模块

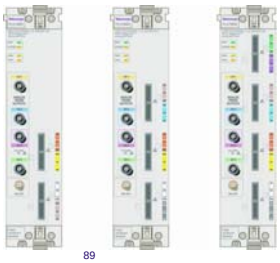
- Intel® 2 GHz Pentium® M-760
  - Intel® 915GM chipset (533 MHz FSB)
  - 1 GB DDR2 RAM (expandable to 2 GB)
  - Gigabit Ethernet (GbE) LAN
  - 7 USB 2.0 ports (3 front + 4 rear)
- 4.7 GB DVD±R/RW drive
- Removable 3.5” 80 GB SATA 7200 RPM Hard Drive
- Dual external display outputs (1600x1200)
- Optional 3.5” USB floppy available
- No PC Card, PS/2, serial nor parallel ports
  - USB-to-serial/parallel adapters available via 3rd parties
- Windows XP Pro + SP2 with Multilingual User Interface Pack (34 languages)
- USB Security Block for secure environments

Tektronix

TLA7BBx

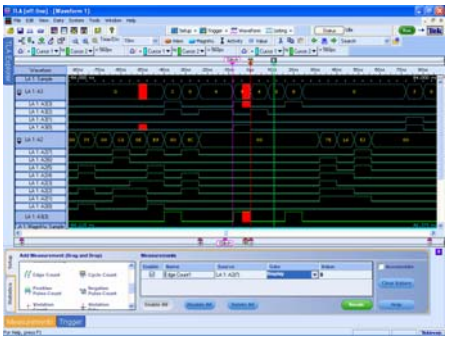
Banner Specification Overview

DIGITAL CHARACTERISTICS	TLA7B6x	TLA7B5x	TLA7B4x
Digital Channels	68	102	136
High Speed Timing (MagniVu)	50GS/s (20ps)		
Deep Memory Timing	800/1600/3200/6400 MS/s		
State Speed	1.4GHz/2.8Gbps		
Memory Depth	Standard 2Mb, Maximum 64Mb		
Probes	P68xx and P69xx		
Analog Mux	3 GHz		



Tektronix

支持FPGA调试的Tektronix 逻辑分析仪家族



- TLA7000系列 – 高性能，模块化，易于扩展
- TLA5000系列 – 最高的性价比

Tektronix

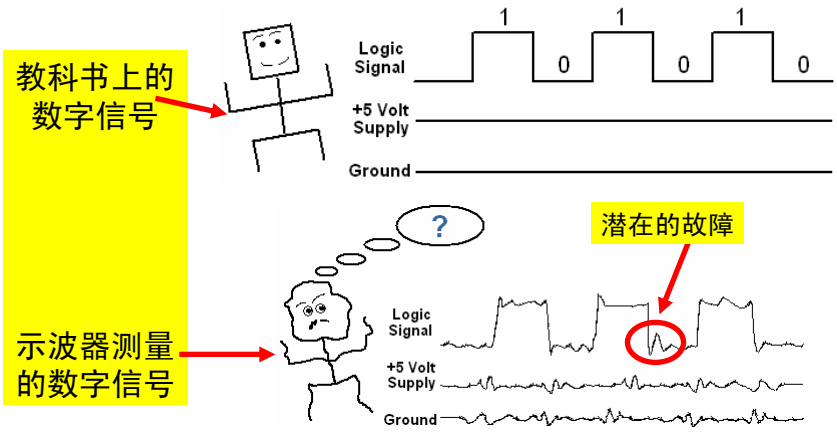
高速数字系统设计和调试

泰克DPO示波器＋TLA逻辑分析仪

Tektronix

iLink™ 逻辑分析仪工具包

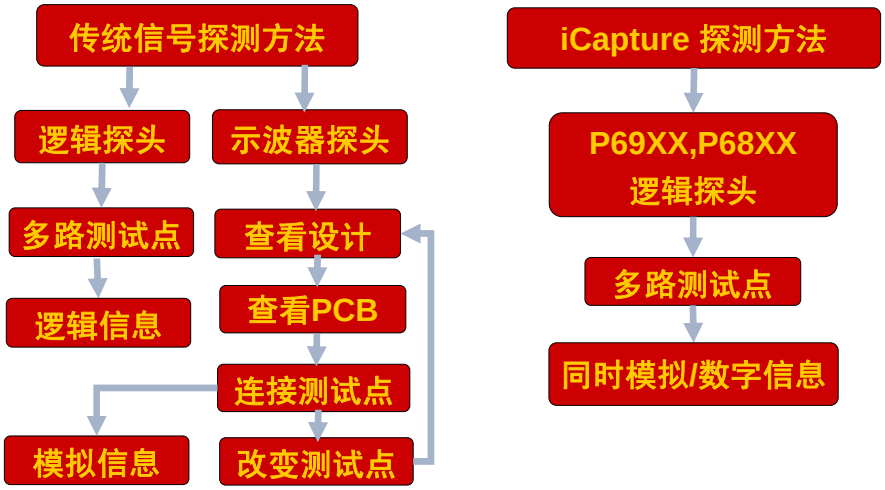
iView™技术：快速定位和分析硬件故障



Tektronix

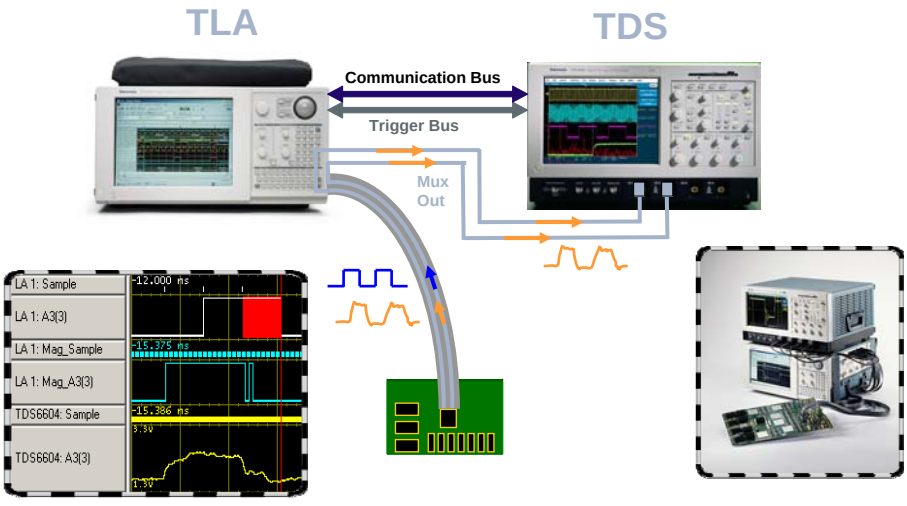
iLink™ 逻辑分析仪工具包

iCapture™技术提供最灵活的探测方案



Tektronix

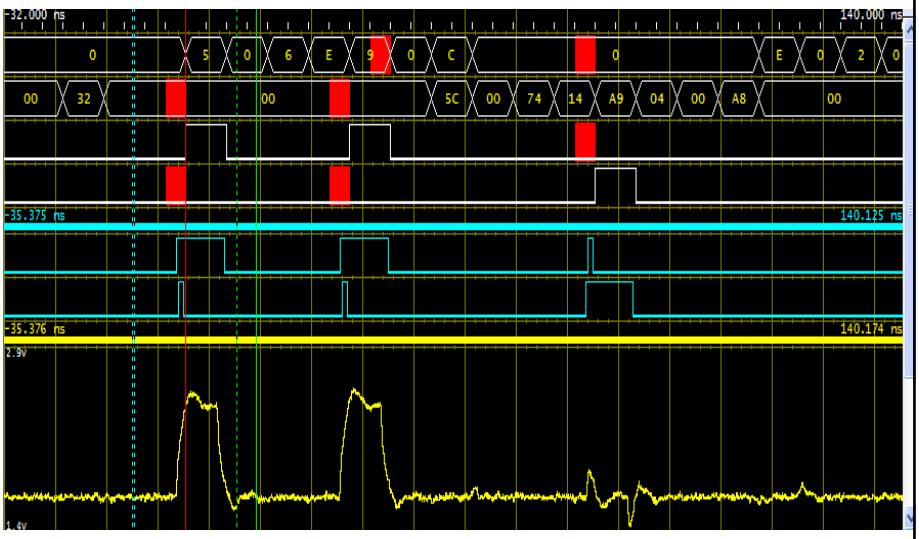
一个逻辑探头完成模拟/数字信号联合观测



Tektronix

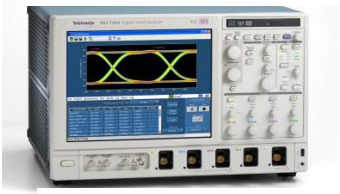
iLink™ 逻辑分析仪工具包

iView™技术：模拟参数/逻辑时序联合观测



Tektronix

MSO70000 高性能混合信号示波器



Real Time Oscilloscope
20 GHz on 4 ch

Most Accurate Logic Analyzer
20psec Timing & iCapture

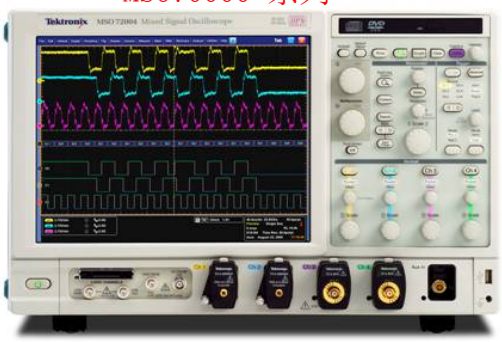
MSO70000
目前世界上唯一的高性能
混合信号示波器

Tektronix

新产品介绍

- 目前世界上唯一的高带宽混合信号示波器

MSO70000 系列



高性能　精确度　信号探测　洞察力

Tektronix

MSO70000 高性能混合信号示波器

业内领先的配有高性能数字通道的实时示波器

高性能

▪20G带宽模拟通道
4个通道

▪80ps 数字定时分辨率
▪20 ps模拟定时分辨率

▪深存储
▪对于模拟和数字通道全部为250M/ch

▪16 数字通道
连同4个模拟通道组成的采集系统

iCapture™ 同时进行模拟数字时间相关调试

▪事件触发能力
隔离定位偶发的故障

▪新数字逻辑探头
提供高信号保证度以及最小的负载

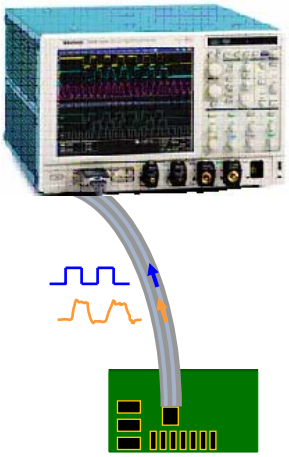
集成了并行总线、I2C、SPI解码功能

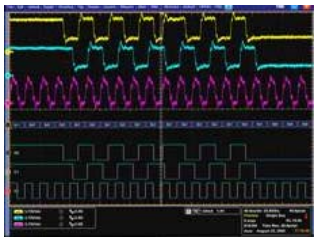
Tektronix

iCapture™ – 一次连接同时观测模拟和数字

信号探测

MSO70000





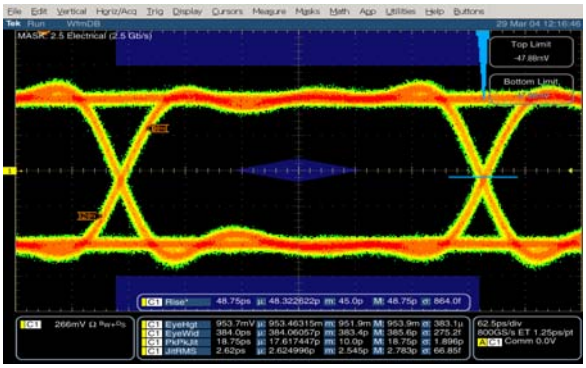
Tektronix

第三部分：一致性测试

Tektronix

为什么要测试眼图

- 眼图是串行信号质量的最直接反映
- 眼图的好坏是接收端设备生产厂家所直接关心的
- 眼图是串行信号定性分析的最常用手段

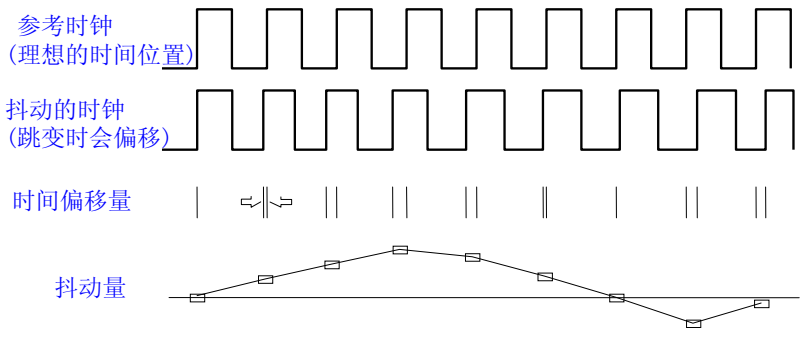


Tektronix

抖动的定义

抖动可以定义为

“一个信号在跳变时，相对其理想时间位置的偏移量”



Tektronix

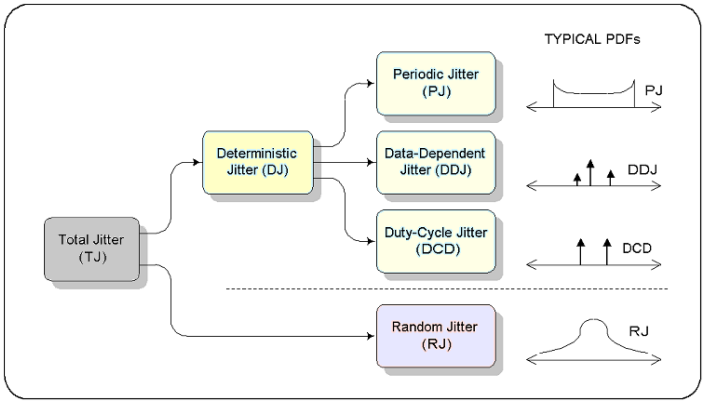
抖动的测量分类

- 时钟抖动：
  period jitter，cycle-cycle jitter，N-cycle jitter等
- 高速串行数据的抖动测试：TIE（time interval error）等
- 并行总线中数据与时钟相关的抖动： setup-hold time jitter等

Tektronix

Tj：Total Jitter

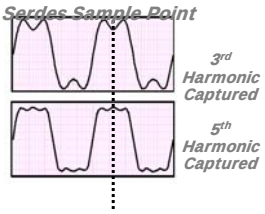
- Total Jitter
  - 评估大量数据时的抖动：例如 10^{12} bits

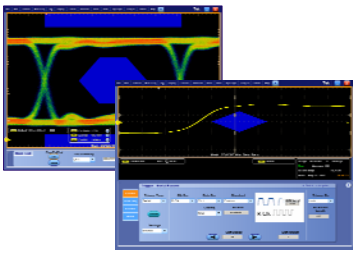


Tektronix

进行高速串行测试的必要前提条件

- 带宽足够的示波器
  - 业内公认的带宽标准： 5倍基频（或2.5倍的数据率）
  - 例如：SATA3.0，比特率6Gbps，需要15GHz模拟带宽的示波器进行测试
- 串行数据触发和码型同步
  - Serial Trigger（串行触发）是定位、调试高速串行数据的基本要求
  - 码型同步功能提供可以隔离出模板违规的bit位，以评估ISI对串行系统的影响
- 硬件时钟恢复电路和等效眼图测试
  - 快速进行串行数据分析、调试
  - 通信行业所采用的标准测试方法





Tektronix

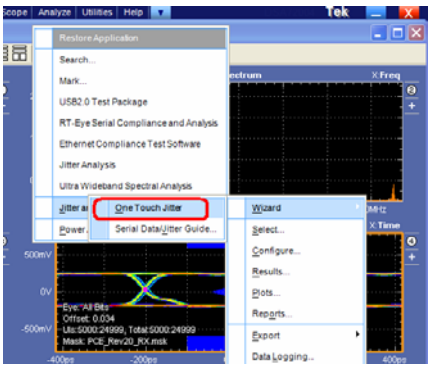
DPOJET®： 一种全新的、易用的、快速的、完整和准确的抖动测试工具

DPOJET： Jitter + Eye Diagram + Tools

Tektronix

DPOJET业内使用*最简单*的抖动测试工具

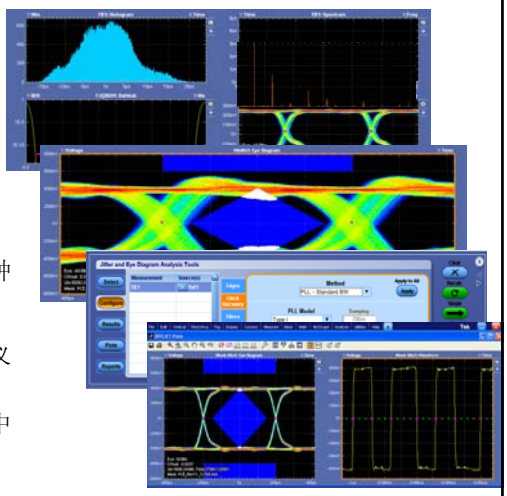
- “ONE Touch”一键式的软件设计思路，任何抖动测量，无需复杂的设定，一键完成测试
  - 自动选择示波器输入通道
  - 自动判断测试信号类型(clock或data)
  - 最优化完成示波器采集参数
  - 自动测试参考电平
  - 自动选择抖动项目(用户可定制)
  - 自动完成测量项目参数设定
  - 自动完成结果分析、图表生成
- “ONE Touch”一键式功能使得工程师摆脱枯燥的、繁琐、易错的参数设置环节，直接将测试结果呈现在工程师面前！



Tektronix

DPOJET业内分析能力*最强大*的抖动测试工具

- 多域分析抖动
  - 抖动直方图
  - 抖动频谱图
  - 时间趋势图
- 提供Tektronix专利的抖动分离方法，帮助工程师定位故障
  - 抖动频域分离方法，业内公认的抖动分离方法
- 丰富多样的时钟恢复方法，满足各种应用的需求
  - Golden PLL
  - TypeI/II PLL loop BW 用户可自定义
  - 外部时钟
- 眼图测量帮助定位隐藏在串行数据中“有嫌疑”的bit



Tektronix

Tektronix提供计算机、通信行业一致性测试标准支持

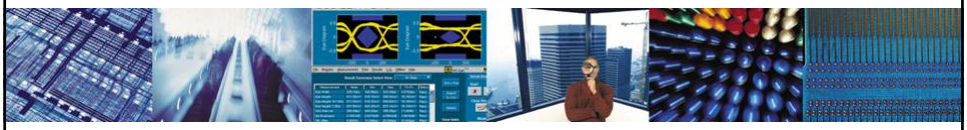
- PCIExpress Gen II
- DisplayPort
- HDMI
- SATAII/III
- DDR2/3
- Ethernet
- USB
- WiMedia
- Inifiband
- FiberChannel
- XAUI

Tektronix

典型应用分析

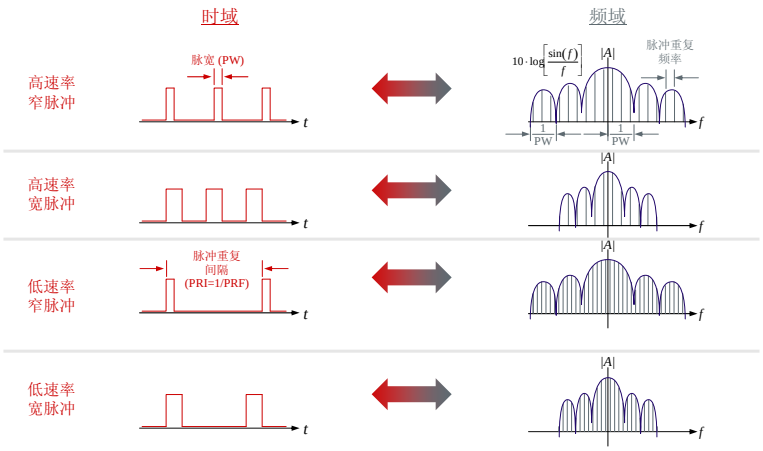
Tektronix

如何测量低占空比脉冲信号



Tektronix

挑战

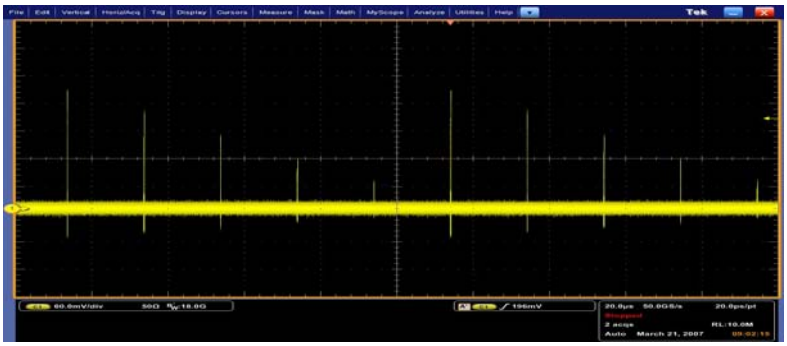


Tektronix

传统测试方法

1. 长内存捕获

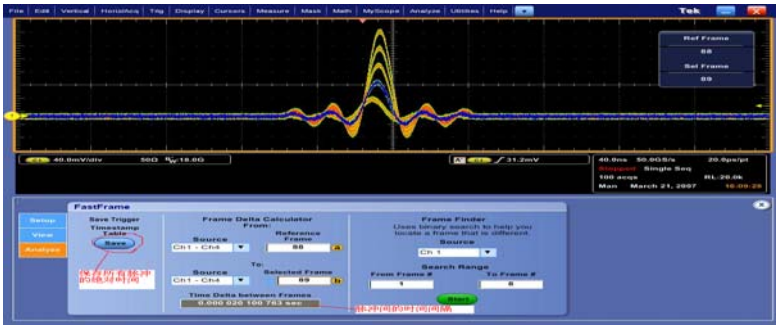
如果想查看多个连续脉冲，必须提高采集的时间窗口。让多个脉冲落在示波器提供的有限存储器内，很多时候必须通过降低采样率来达到。降低采样率本身会降低水平分辨率，使得时间测试精度大大下降。



Tektronix

DPO的洞察力——快帧Fastframe

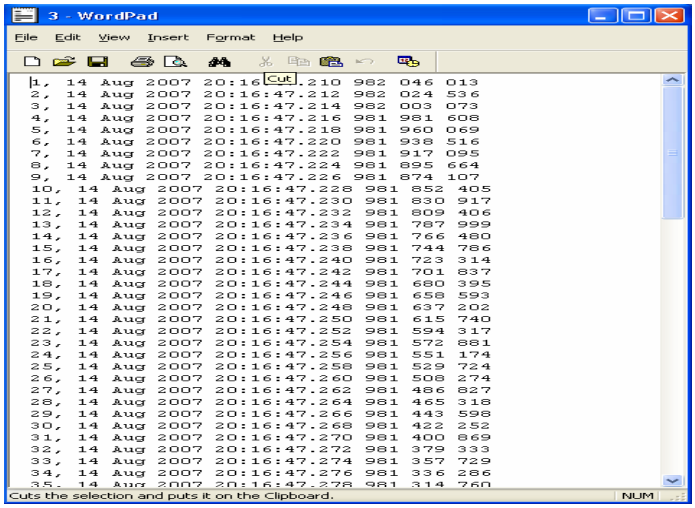
1. 泰克采用FastFrame分段存储技术的示波器，允许把现有的存储器分成一系列段，然后每一次触发后采集的数据只填充其中一段，每次采集都可使用所需的采样率。通过根据测试要求定义触发条件，可以只捕获感兴趣的波形段，然后将捕获的每个事件存储在拥有各自编号的存储段中。
2. 采集完成以后，用户可以按捕获顺序单独查看各个存储段的波形或帧数据，或分层显示多个存储段波形或帧数据，方便对测试结果进行比对。



Tektronix

DPO的洞察力——快帧Fastframe(续)

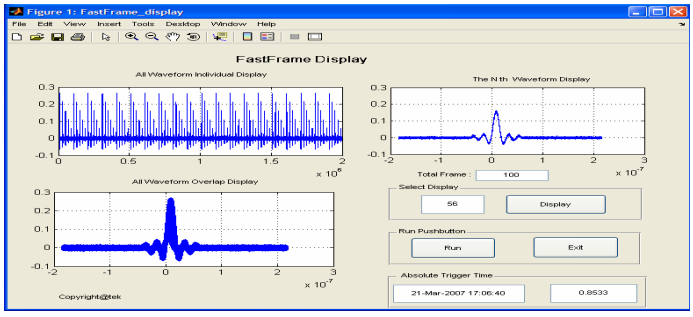
- 3. 轻松获得每个脉冲间隔的绝对时间和相对时间



Tektronix

快帧Fastframe优点总结

1. 高波形捕获速率提高了捕获偶发事件的能力。
2. 使用高采样率，保留了波形细节。
3. 如果脉冲重复速度小于示波器的最高触发速率，则捕获的脉冲之间没有漏失脉冲，保证有效利用记录长度存储器。
4. 可以迅速地以可视方式比较波形段，确定重叠的波形中是否会异常变化。

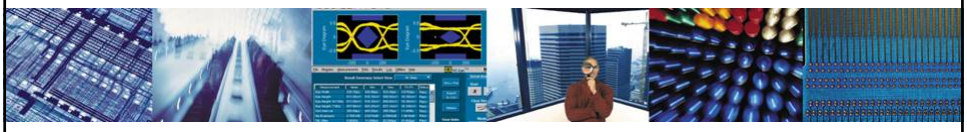


Tektronix

脉冲信号(低占空比)测试系统配置列表

1. DPO7000 DSA70000平台示波器
   - 20GHz, 16GHz,12.5GHz 带宽,
   - 4通道同时支持50GS/s实时采样率,
   - 每通道标配10M内存，最大支持200M内存通道
   - 8GHz,6GHz,4GHz 带宽,
   - 4通道同时支持25GS/s实时采样率
   - 每通道标配10M内存，最大支持100M内存/通道
   - 3.5GHz,2.5 GHz,1GHz,500 MHz 带宽,
   - 4通道同时支持10 GS/s实时采样
   - 标配40M内存，最大支持400M内存
   - DPO平台支持>250,000 wfms/s 波形捕获率
   - 相关的一致性测试软件
2. 探头系统
   - P7516, P7513, P7313,P7380,P7360,P7350,P7330,TDP1000 差分探头
   - P7260,P7240,P7225,P6245,TAP2500,TAP1500, P6139 单端探头

如何自动保存/记录波形数据



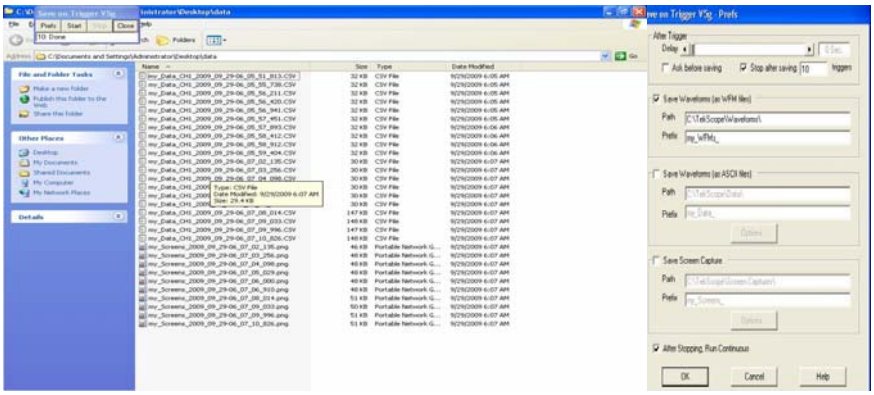
当前测试需求

1. 波形监测并自动记录数据
2. 自动记录测量结果数据
3. 数据处理和分析
4. 长时间测试记录

Tektronix

Save onTrigger 自动保存波形数据

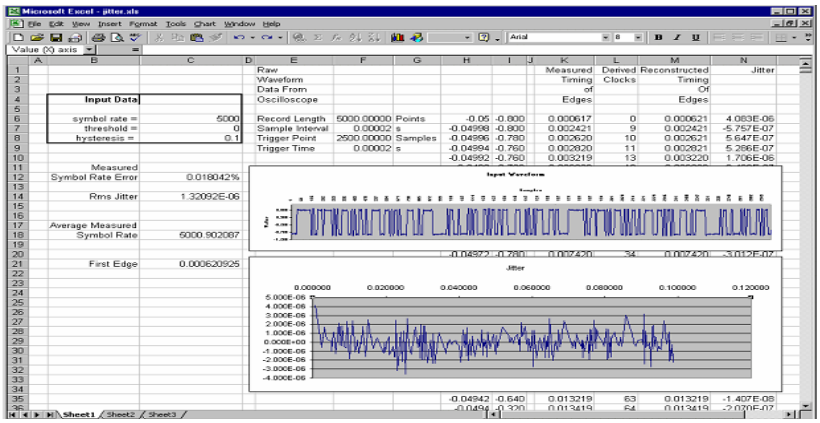
1. 根据需求自动保存数据
   - 数据格式： wfm，dat，csv，txt。
   - 图片格式：jpg，bmp，png。
   - 可设置延迟时间
   - 自动记录每次采集数据的绝对时间



Tektronix

EXCEL Toolbars　自动记录所有波形和测量数据

- 使用**Excel**对示波器数据进行分析



Tektronix®

Thank You For Attending!