

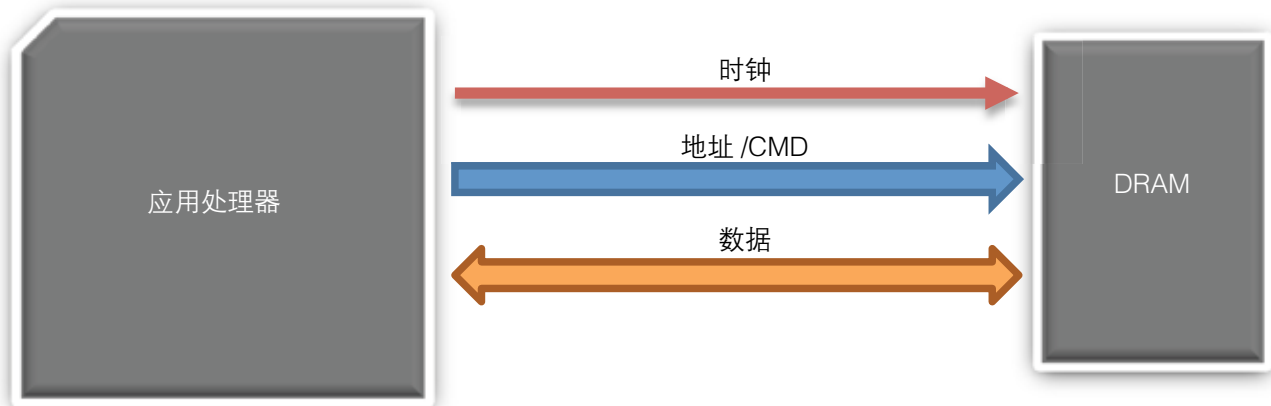


# 使用泰克示波器可视触发功能调试内存接口

## 应用指南

### 您将学习哪些内容：

本文重点介绍怎样使用可视触发、Pinpoint™ 触发及高级搜索和标记功能设置触发，简便地捕获关心的事件。



### 引言

几乎每个电子器件都采用某种形式的内存。应用正变得越来越复杂、越来越面向媒体，在这些应用的推动下，工程师需要更高的性能、更低的成本及改善的效率和可靠性。JEDEC 已经推进技术标准，以支持这些要求，这使得 DDR 内存成为所有电子器件中使用最广泛的内存技术，如计算机系统、消费电子、工业应用或移动产品。JEDEC 最近发布了第四代 (DDR4) 内存标准，以及第三代低功耗 (LPDDR3) 内存标准。

DDR 接口可以分成三组不同的信号：

#### ■ 时钟：

- 总线上所有事务都相对于时钟信号发生。时钟由应用处理器提供。

#### ■ 地址 / 命令总线：

- 信号是单向的，由应用处理器驱动到 DRAM，驱动速度与时钟信号的速度相同。这个信号承载 Address 以及到 DRAM 的 Command。

#### ■ 数据总线：

- 信号是双向的，由 DRAM 芯片 (READ 命令) 通过 Command 总线驱动，驱动速度是时钟信号的两倍。

DDR 总线协议允许信号在不活动时进入空闲状态或三态。在 DDR 接口上调试或执行 JEDEC 一致性测量时，必需只在使用示波器采集的信号中满足标准的部分执行特定测量，如在 Read 或 Write 突发期间，或在特定行列的总线事务上。

捕获并找到在 DDR 接口上分析的正确波形部分极具挑战性，这要求收集和分类数千次采集，才能找到关心的事件。通过定义触发，隔离所需事件操作，显示确认的信号状态，可以加快内存接口的调试 / 检定过程。

### 泰克为内存验证提供的示波器功能

泰克示波器为触发、隔离和捕获关心的事件提供了各种方式，是内存接口调试、验证和检定不可或缺的工具。对内存接口验证来说，最实用的部分功能包括：可视触发、Pinpoint 触发、高级搜索和标记。本文重点介绍可以怎样使用泰克示波器上的可视触发功能，设置不同的触发类型，捕获内存接口上的不同事件。

## 可视触发

- 可视触发功能使用示波器显示屏上画出的用户自定义判定区域，以定制方式判定 PinPoint 硬件触发事件。通过丢掉不满足图形定义的采集波形，可视触发把示波器的触发功能扩展到传统硬件触发系统之上。

## Pinpoint® 触发

- 泰克 PinPoint® 触发是业内性能最高的示波器触发系统。PinPoint 触发系统囊括了 A 事件和 B 事件双触发、逻辑判定触发、窗口触发、复位触发以及常用的一系列门限和定时相关触发。

## 高级搜索和标记

- 高级搜索和标记 (ASM) 功能扫描采集的波形数据，找到事件发生的多个时点，并标记每个发生时点。搜索和标记功能扩展到实时通道、存储的数据和数学波形中。可以在表格中查看 ASM 的结果，可以简便地导航到长记录中事件发生的某个时点。

高级搜索和标记与可视触发可以与 PinPoint® 触发结合使用，触发和隔离 READ 和 WRITE 突发，检测码型，构建特定事件的眼图。本文重点介绍可以怎样使用泰克示波器上的这些功能，设置不同的触发类型，捕获内存接口上的不同事件。

特点	说明
区域数量	8
支持的区域形状	矩形，三角形，梯形，六边形，用户自定义形状 (48 个顶点)
区域操作	移动，重新确定大小，复制，翻转，旋转，增加 / 删除 / 编辑顶点
区域颜色	每条通道 1 个
长记录长度和缩放	支持
触发判定	A, B, A+B, B 事件扫描，触发复位和触发延迟
逻辑运算符	In/Out, AND, OR, XOR
采集模式	实时，等效时间
可编程接口	是
保存 / 调用设置	所有设置或仅可视触发
支持的型号	MSO/DPO/DSA70000C/D, DPO7000C, MSO/DPO5000

表 1. 可视触发功能。

特点	说明
A 事件触发类型	边沿、毛刺、欠幅脉冲、宽度、跳变时间、超时、码型、状态、建立时间 / 保持时间、窗口、MSO 可以选择最宽 20 位逻辑判定
B 事件触发类型	同 A 事件触发类型
触发顺序	主时基，时间延迟，事件延迟，时间复位，状态，跳变
特定应用触发	通信触发，视频触发，串行码型触发，8b/10b 触发，低速标准协议触发
搜索和标记事件	搜索毛刺或欠幅脉冲，以及跳变速率、脉宽、建立时间和保持时间、超时、窗口违规，或查找任意数量通道上的任意逻辑或状态码型。使用选项 DDRA 搜索 DDR 写或读突发
支持的型号	MSO/DPO/DSA70000C/D, DPO7000C, MSO/DPO5000

表 2. Pinpoint 触发功能。

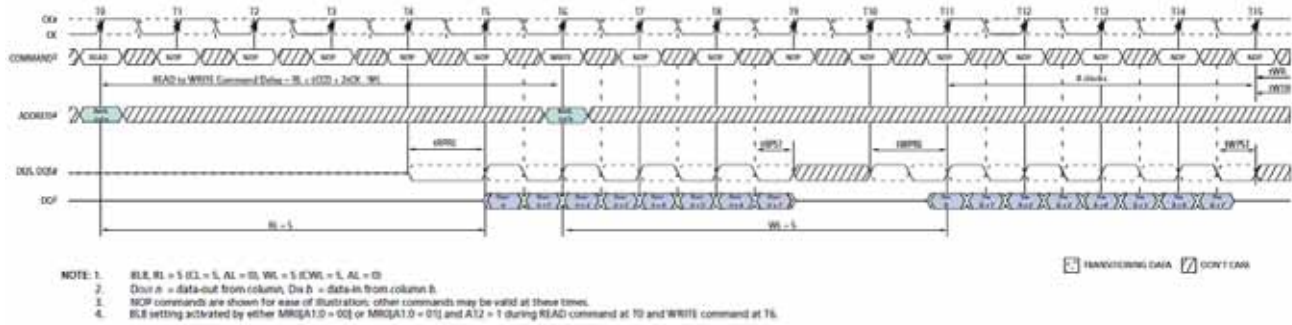


图 1. DDR3 READ 和 WRITE 操作。

### 隔离 DDR3 总线上的 Read 和 Write 突发

DDR READ 和 WRITE 操作面向突发。突发长度在初始化过程中通过写入 MRS 寄存器相应的位字段进行编程。

READ 或 WRITE 操作从 READ 或 WRITE 命令开始，并带有针对活动开放的 Row 的 Column Address。在经过 Read/Write Latency (读/写时延)规定的延迟后，Data 表现为完成，但两个周期之间的信令有多种差异，其可以用来迅速设置触发条件，隔离和触发关心的总线事件。

在本白皮书中，我们将以 DDR3 为例，说明不同类型的可视触发设置。

- DQS 前置码的极性
  - 对 DDR3 和 LPDDR3, READ 为负, WRITE 为正
  - 对 DDR4, READ 和 WRITE 均为正
- DQS 和 DQ 相位对准差
  - READ 为边沿对准, WRITE 为中心对准
- CS, 判定特定行列的总线事务
- 命令总线上的 READ/WRITE 命令
- 信号幅度与示波器探测点位置



图 2. 读突发。

### 根据前置码极性和 DQ/DQS 相位对准隔离突发

在图 2 和图 3 中，通道 1 (黄色) 是 DQS 选通数据位，通道 2 (蓝色) 是 DQ 数据位。我们为连接到 DQS 选通的通道定义了简单的边沿触发。不需任何判定，硬件触发将同时捕获 Read 突发和 Write 突发。用户可以配置屏幕区域，根据所需项目捕获 Reads 或 Writes。

触发 READs (参见图 2)

- 区域 A1 和区域 A2 设置成在捕获信号时这些区域中没有 DQS 信号。这保证了我们捕获从三态中出来的 DQS。
- 区域 A3 设置成滤掉正的前置码事件 (Write)，只显示负极性的前置码事件 (Read)。
- 区域 A4 和区域 A5 设置成 DQ 信号不会进入这些区域，确保 DQS 和 DQ 对准。



图 3. 写突发

### 触发 WRITES (参见图 3)

- 区域 A1 和区域 A2 设置成在捕获信号时这些区域中没有 DQS 信号。这保证了我们捕获从三态中出来的 DQS
- 区域 A3 设置成滤掉负前置码事件 (READ)，只显示正极性的前置码事件 (WRITE)。

- 区域 A4 和区域 A5 设置成 DQ 信号会进入这些区域，确保 DQS 和 DQ 不会对准。



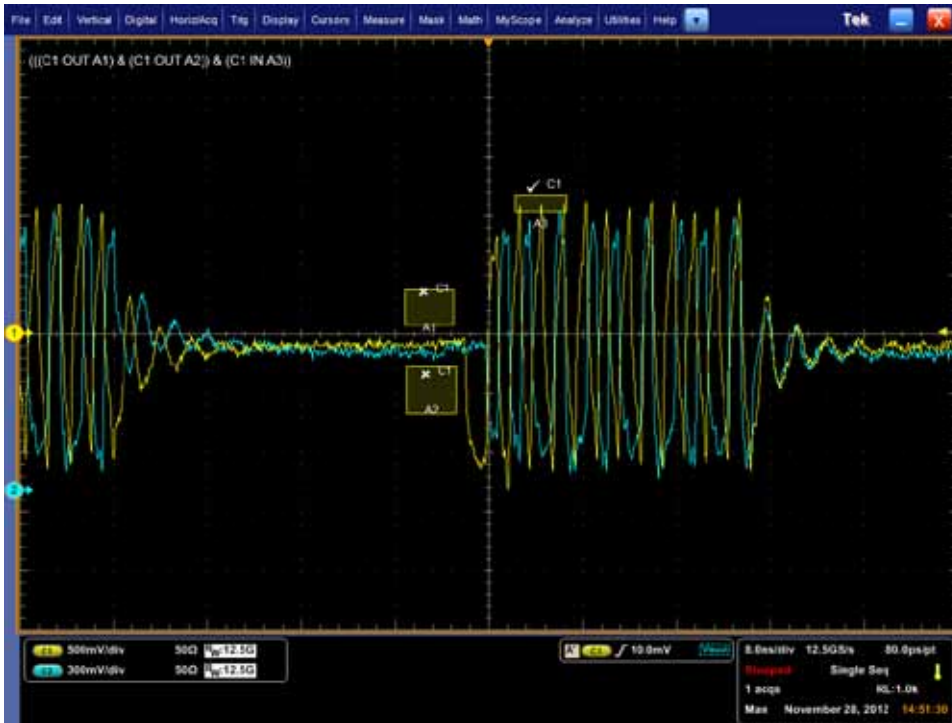


图 4. 基于幅度的读突发。

### 基于幅度隔离读 / 写突发

应用处理器在 WRITE 过程中驱动 DQ/DQS 线路，DRAM 内存在 READ 过程中驱动 DQ/DQS 线路。信号被探测的位置通常尽可能靠近 DRAM 器件的焊球。由于这个探测位置，在本例中，READ 的幅度要高于 WRITE。可以使用这个幅度差，设置可视触发，把 READ 与 WRITE 隔开。

### 触发 READs (参见图 4)

- 区域 A1 和区域 A2 设置成在捕获信号时这些区域中没有活动 DQS 信号。这保证了我们捕获从三态中出来的 DQS。
- 区域 A3 设置成“保留进”模式，以检测 Read 突发上较高的 DQS 摆幅。

由于 Read 上的幅度较高，没有通过 A3 (Writes) 的 DQS 信号将被滤掉。

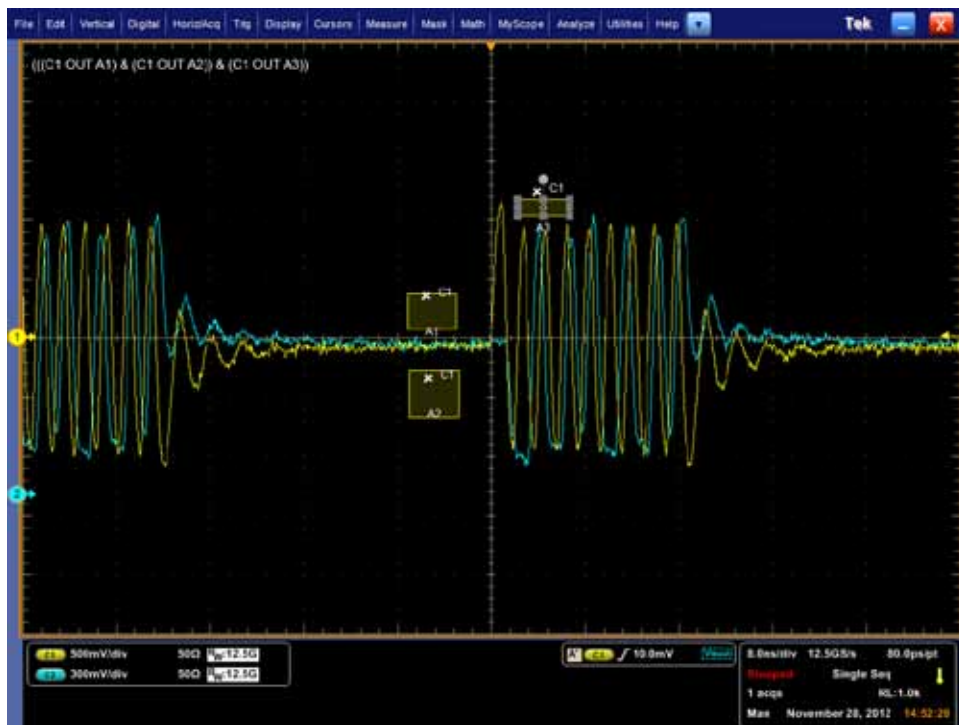


图 5. 基于幅度的写突发。

#### 触发 WRITES ( 参见图 5)

- 区域 A1 和 A2 区域设置成在捕获信号时这些区域中没有活动 DQS 信号。这保证了我们捕获从三态中出来的信号。
- 区域 A3 被设置成“保留出”模式，以检测 Write 突发上较低的 DQS 摆幅。

由于 Reads 上的幅度较高，通过 A3 (Reads) 的 DQS 将被滤掉。



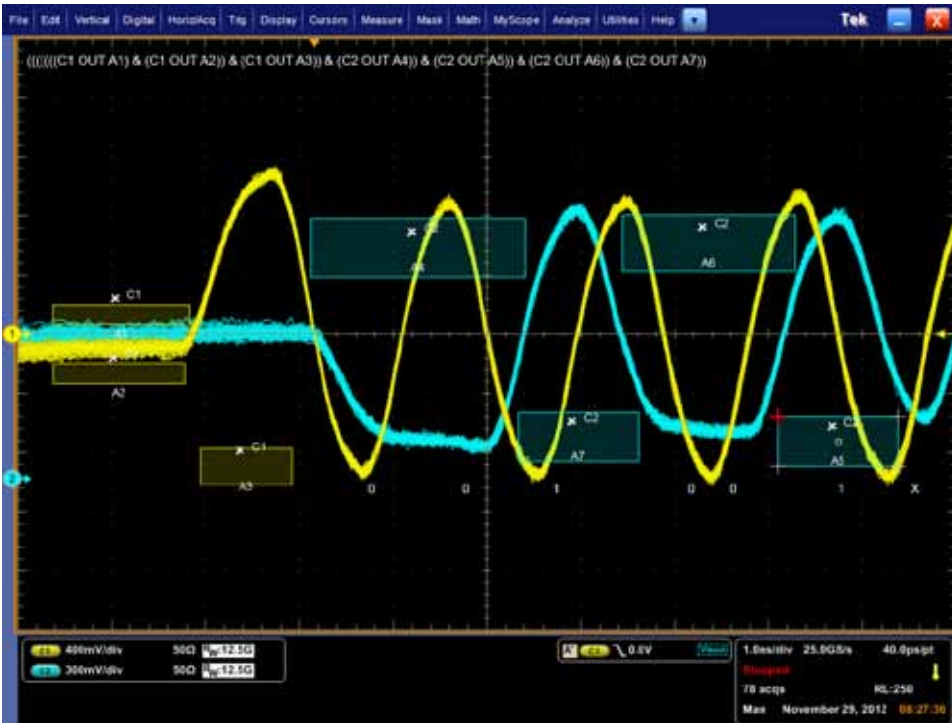


图 6. 数据码型可视触发。

### 隔离特定码型上的突发

在有些情况下，必需触发和隔离特定码型的突发，如调试由于相邻线路上的电容耦合导致的串扰。

图 6 显示了可视触发设置，隔离 DQ 码型为 001001X 的 Write 突发。具体数据码型使用蓝色所示的区域 A4–A7 确定。图 6 显示了根据左面的定义捕获的数据。



图 7. 触发数据码型 '11000000'。

图 7 和图 8 显示了可视触发自定义形状功能，用户可以增加额外的顶点，并移动这些顶点，构成自定义形状。在下面两种情况下，都创建了一个“上方”和“下方”区域，DQ 数据信号必须保持在这个区域内，捕获才能有效，进而显示在显示屏上。

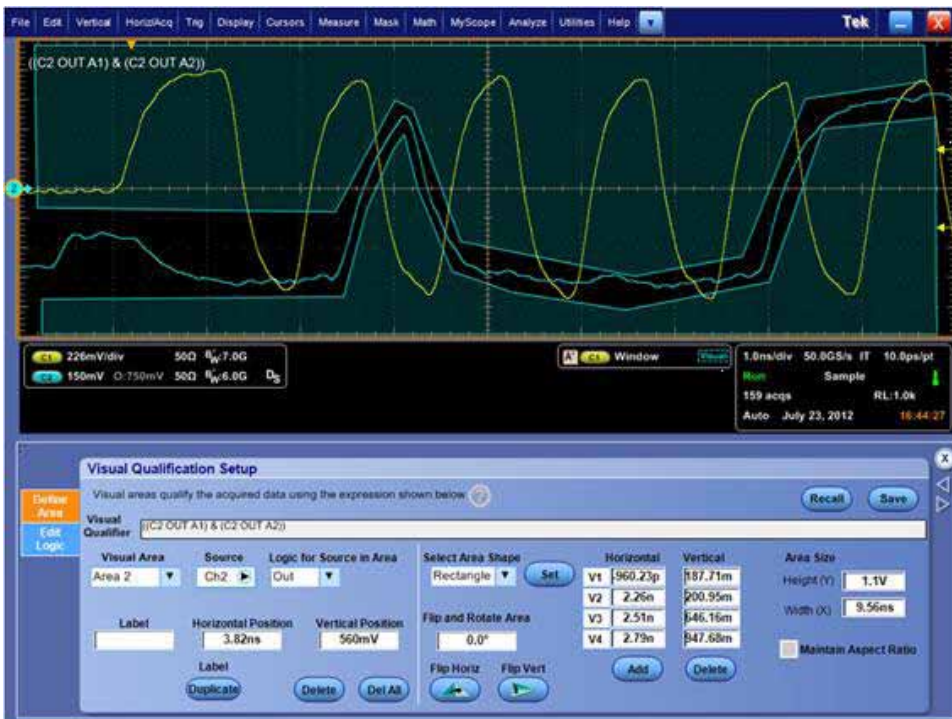


图 8. 触发数据码型 '0100001X'。

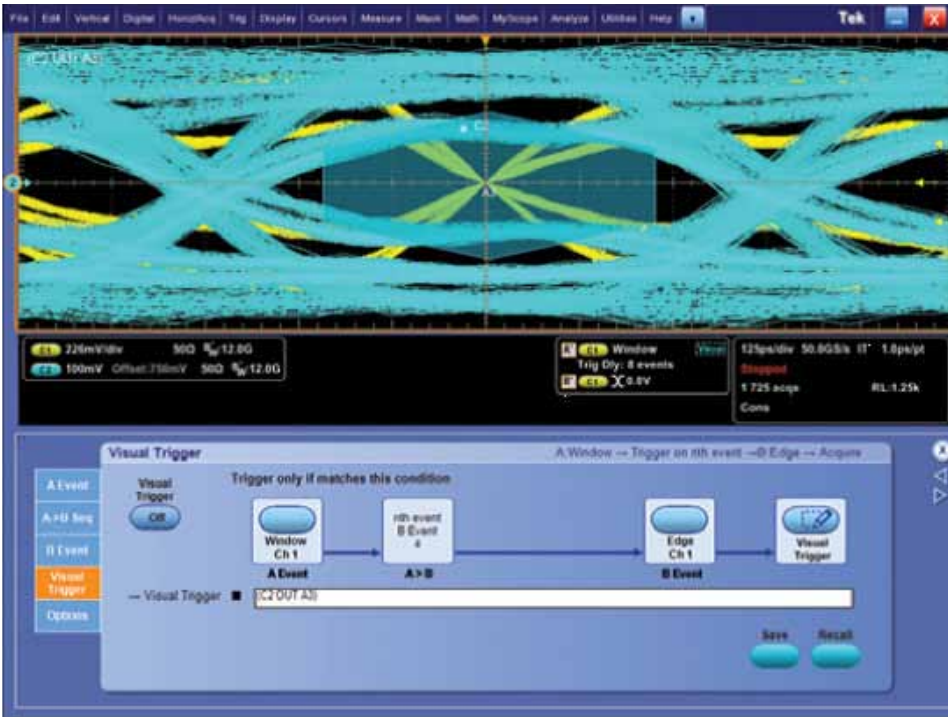


图 9. 判定前的眼图。

### 使用 MSO 上的数字通道隔离突发

MSO 上的数字信号可以连接到 DDR 接口上的命令总线，总线相关信息可以用来隔离、检测和标记突发，进一步进行分析。

### 对特定行列使用可视触发功能隔离和绘制眼图

可视触发可以帮助区分 DDR 内存阵列内部多个行列或插槽的信号。图 9 是 DDR3 DQS 选通信号 (黄色) 和 DQ 数据信号 (蓝色) 的眼图。由于总线上多个元器件共享 DDR3 数据线和选通线，因此选通眼图和数据眼图都有两个不同的幅度电平。较高的幅度对应内存阵列内部的目标行列，较低的幅度对应另一个行列。

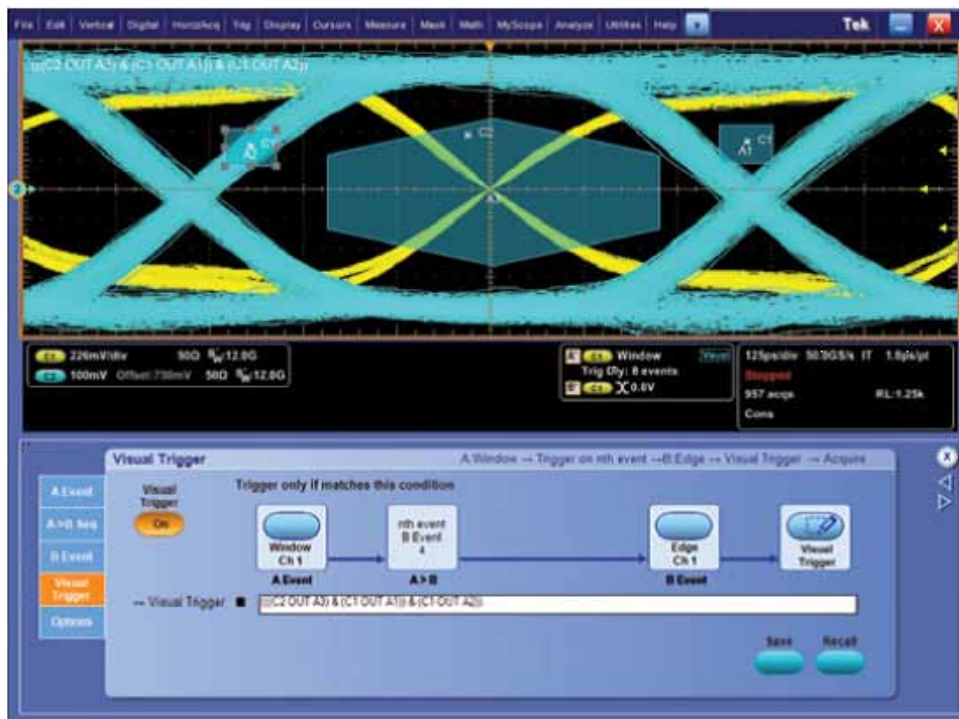


图 10. 可视触发判定后的眼图。

在这样的检验测试中，需要在眼图中采集数百万个数据位，但只需要希望行列或目标行列中的位。为了只评估目标行列的眼图，可以使用可视触发功能，只捕获和显示目标行列中的信号。

如图 10 所示，方形区域 A1 和 A2 的位置不包括幅度较低的选通信号，六边形区域 A3 放在眼图中心，尺寸中不包括幅度较低的数据信号。通过使用可视触发，可以把信号上的眼图分析与希望行列分开，更好地开展针对性分析。



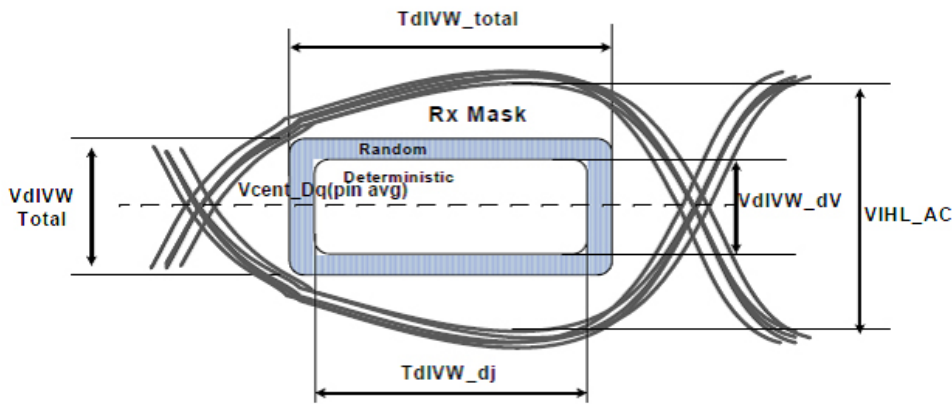


图 11. DDR4 基于模板的接收机测试。

对 DDR4，JEDEC 为 DRAM 接收机输入上规定的 DQ 眼图指定了最小的模板区域 (参见图 11)。接收机模板规定了 Write DQ 信号不得侵入的最小区域。它假设进入接收机模板的信号会被 DRAM 输入缓冲正确锁存。规范规定了 DDR4 规范中每个速度等级的模板尺寸。

一旦相对于 DQS 为 DQ 绘制了余辉图，那么可以使用内置模板测量功能，测量通过 / 失败结果，获得余量 (参见图 12)。

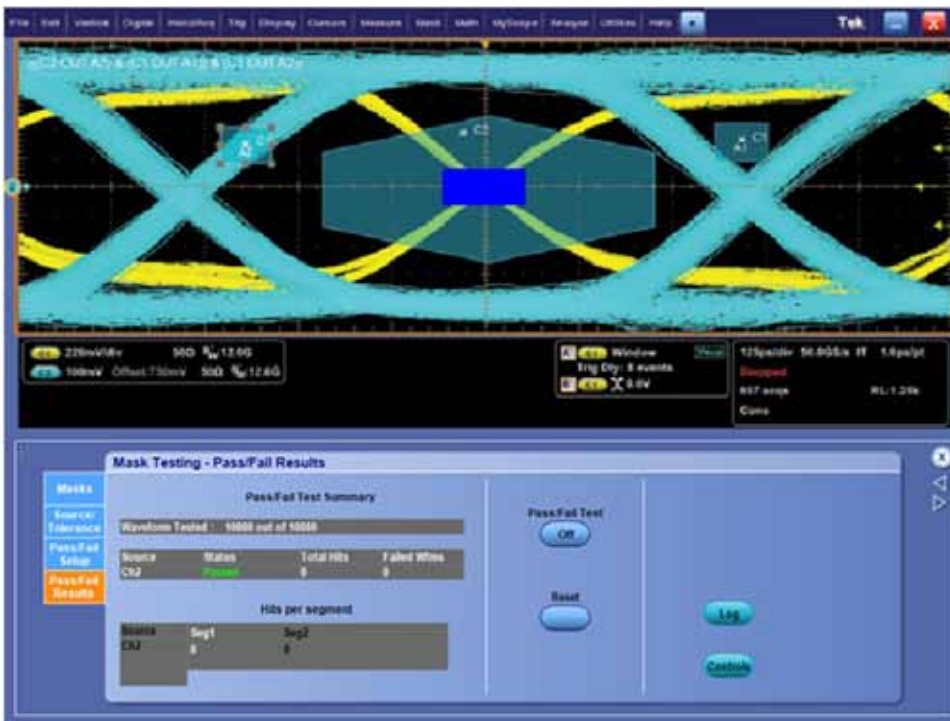


图 12. 内置模板测量功能。



### 总结

泰克示波器上的可视触发功能通过隔离和捕获关心的事件，找到内存接口故障的根本原因，并把其提升到全新的水平。高级搜索和标记、可视触发与 Pinpoint™ 触发功能相结合，可以以前所未有的方式查看信号特点，隔离和分析捕获困难的关心的事件，消除几个小时的示波器设置时间及捕获和手动搜索采集数据的时间，加快内存接口的调试和分析速度。

### 参考资料

1. 触发基础知识及 DPO7000 上的 Pinpoint 触发与事件搜索和标记功能
2. 泰克可视触发技术简介
3. DDR 内存电接口检验
4. DDR2 和 DDR3- 正确的检验方法
5. 内存接口探测解决方案
6. 通过搜索和标记功能简化 DDR 内存和其它应用的波形分析和调试工作：泰克应用指南

**泰克科技(中国)有限公司**  
上海市浦东新区川桥路1227号  
邮编：201206  
电话：(86 21) 5031 2000  
传真：(86 21) 5899 3156

**泰克北京办事处**  
北京市海淀区花园路4号  
通恒大厦1楼101室  
邮编：100088  
电话：(86 10) 5795 0700  
传真：(86 10) 6235 1236

**泰克上海办事处**  
上海市徐汇区宜山路900号  
科技大楼C楼7楼  
邮编：200233  
电话：(86 21) 3397 0800  
传真：(86 21) 6289 7267

**泰克深圳办事处**  
深圳市福田区南园路68号  
上步大厦21层G/H/I/J室  
邮编：518031  
电话：(86 755) 8246 0909  
传真：(86 755) 8246 1539

**泰克成都办事处**  
成都市锦江区三色路38号  
博瑞创意成都B座1604  
邮编：610063  
电话：(86 28) 6530 4900  
传真：(86 28) 8527 0053

**泰克西安办事处**  
西安市二环南路西段88号  
老三届世纪星大厦26层C座  
邮编：710065  
电话：(86 29) 8723 1794  
传真：(86 29) 8721 8549

**泰克武汉办事处**  
武汉市解放大道686号  
世贸广场1806室  
邮编：430022  
电话：(86 27) 8781 2760/2831

**泰克香港办事处**  
香港九龙尖沙咀弥敦道132号  
美丽华大厦808-809室  
电话：(852) 2585 6688  
传真：(852) 2598 6260

#### 有关信息

泰克公司备有内容丰富的各种应用文章、技术简介和其他资料，并不断予以充实，可为从事前沿技术研究的工程师提供帮助。请访问泰克公司网站 [www.tektronix.com.cn](http://www.tektronix.com.cn)



版权所有 ©2013, 泰克有限公司。泰克公司保留所有权利。泰克公司的产品受美国和国际专利权保护，包括已发布和尚未发布的产品。以往出版的相关资料信息由本出版物所代替。泰克公司保留更改产品规格和定价的权利。TEKTRONIX 和 TEK 是泰克有限公司的注册商标。所有其他相关商标名称是各自公司的服务商标、或注册商标。

06/13 EA/WWW

55C-29185-0

**Tektronix**®













