

# PULSE RIDER

## 应用手册

### 脉冲骑士 PG-1000 系列

### 脉冲发生器在半导体测试中的应用



## 非易失性存储单元表征

内存研究的趋势是开发一种新的存储器，称为非易失性 RAM，它结合了 RAM 的快速读取与大容量存储器的海量内存的特点。

有很多新储存单元方案，例如，FeRAM(铁电存储器)，ReRAM(电阻存储器)，MRAM(磁阻存储器)，STT-MRAM (自旋转矩磁阻存储器)，PCM(相变存储器)。

这些类型的存储器是以使用不同的物理原理改变材料传导性为基础。例如，在电介质材料层中一根细线的形成或破坏，材料结构由非晶转变为多晶或与磁场一直。

在本应用案例中，我们介绍如何使用脉冲发生器测试 STT-MRAM 储存单元。

MRAM 储存单元使用磁性隧道结(MTJ)储存数据，MTJ 由薄氧化层隔离开的两块电磁铁构成，如果两块电磁铁的磁场指向同一方向，电子可以通过绝缘层从一个电磁铁传导到另一个电磁铁。第一块电磁铁具有固定的磁场，第二块电磁铁的方向可以通过电流脉冲改变，所以转换磁场方向就可以改变叠片的传导性。

为了写入或者擦除一比特数据，需要在叠片中通过一个电流脉冲；磁场的假设方向取决于电流脉冲方向。

写入或者擦除的效率取决于脉冲的持续时间和幅度，所以在此项技术的研究和探索阶段，测试不同脉宽和幅度的组合是非常有用的，一个简单的实现方法是使用一台脉冲发生器，市面上一般的脉冲发生器都支持脉宽、幅度、重复频率可变。

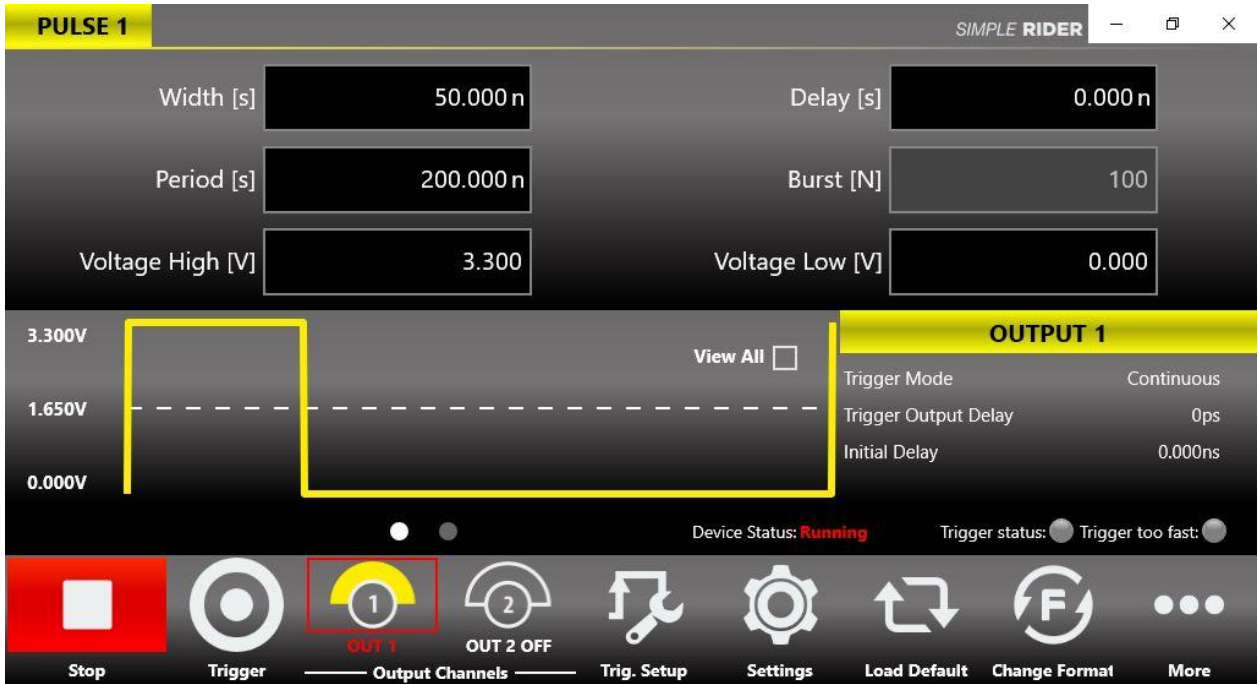


图 1：PG-1000 脉冲发生器软件界面截图，SimpleRider PG 的设置，写入和擦除一个储存单元：脉冲特性 50ns@3.3V

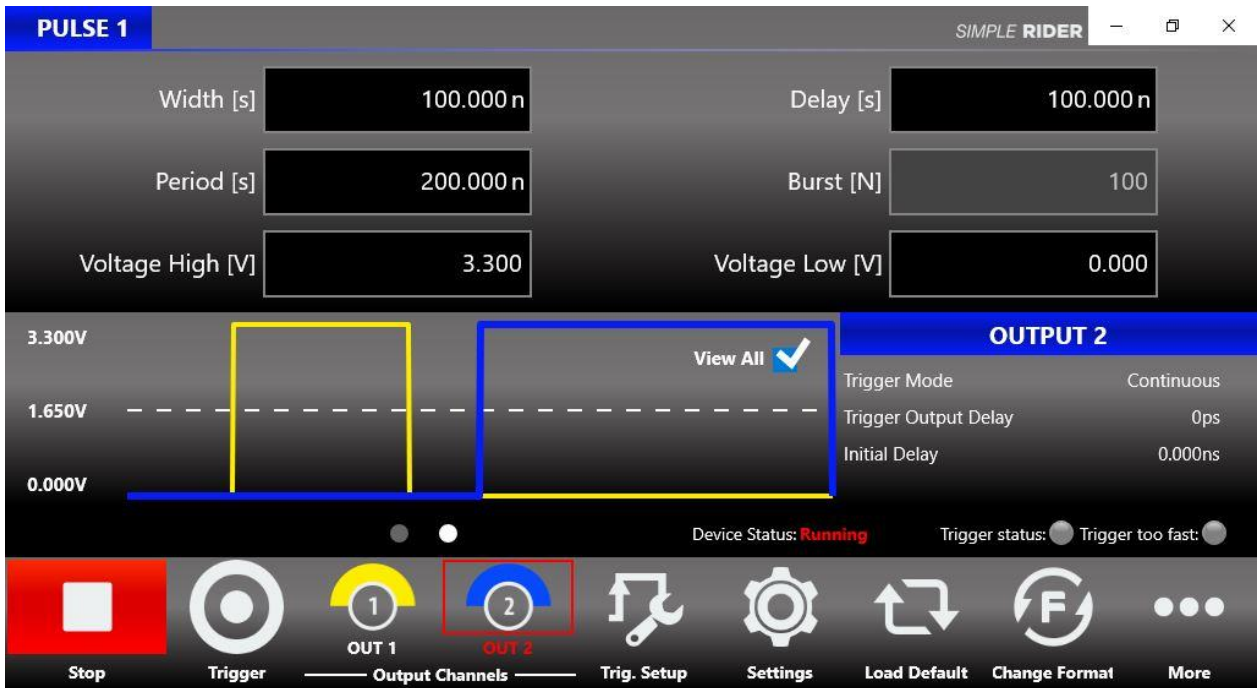


图 2：PG-1000 脉冲发生器软件界面截图，SimpleRider PG 的设置，写入和擦除一组储存单元：脉冲特性 100ns@3.3V

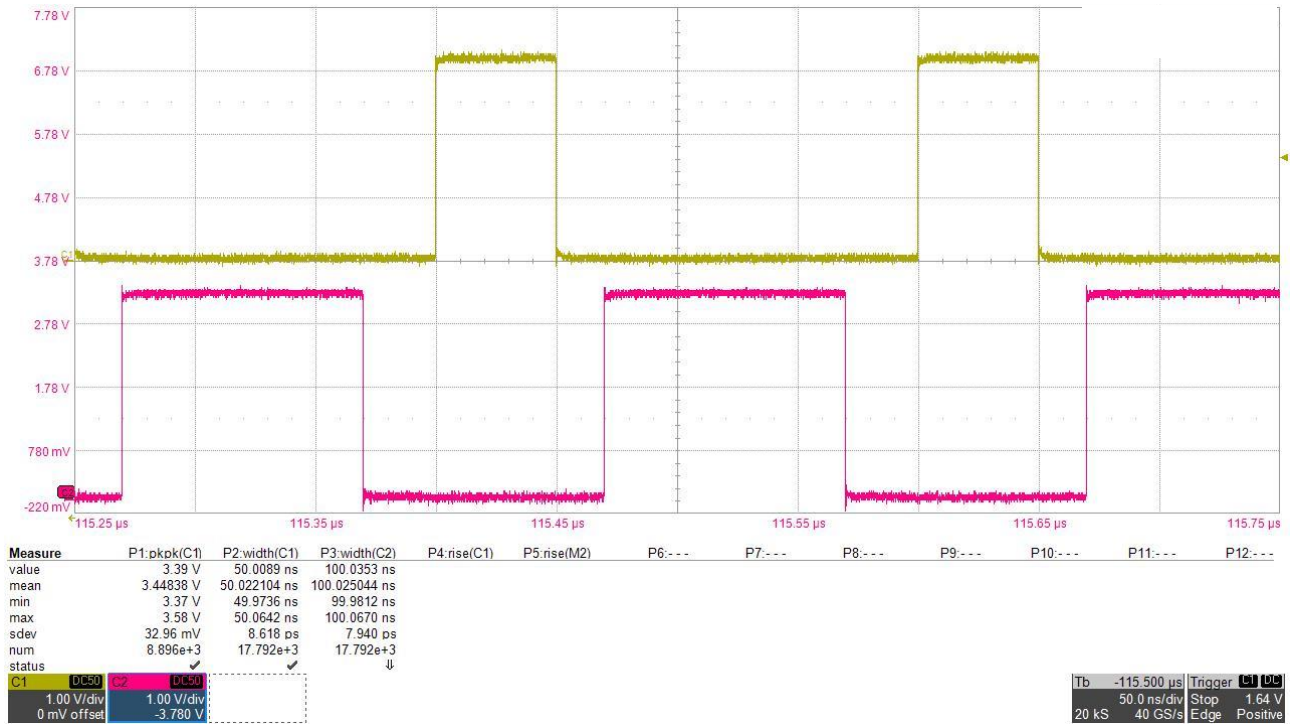
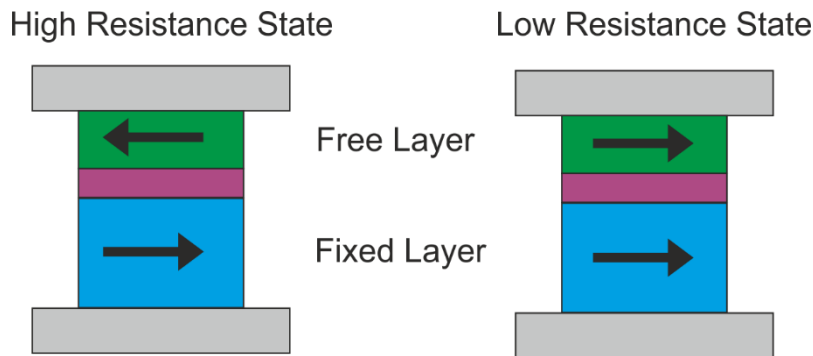
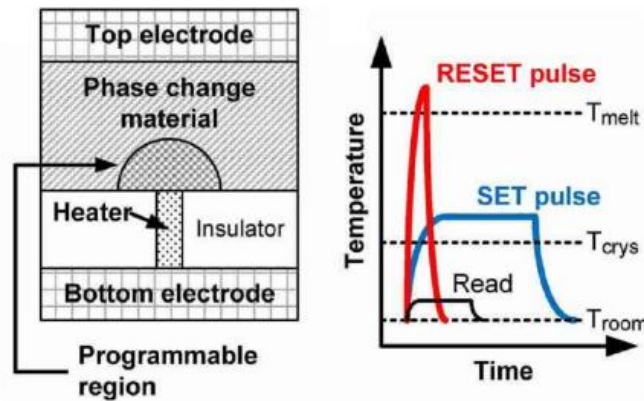


图 3：在本例中，脉冲发生器生成 50ns@3.3V 的脉冲串仿真写入或擦除一个储存单元，第二个通道生成 100ns@3.3V 的脉冲串仿真写入或擦除一组储存单元



PCM 存储单元是基于硫属材料的非晶态到晶相转变。当材料处于非晶态时，电阻较高。当材料处于结晶相时，电阻较低。为了写入或擦除一比特数据，必须改变材料的位相：一低压宽脉冲可以改变位相由非晶态变为结晶相。相反，一高压窄脉冲可以改变位相由结晶相变为非晶态。



如图所示，脉宽和幅度和控制是基本功能。市面上很多脉冲发生器都支持脉宽和幅度可调，比如 Active Technologies 的脉冲骑士 PG-1000 系列脉冲发生器时间分辨率为 10ps、垂直分辨率为 10mV。

非易失性 RAM 技术的应用要求脉冲边沿数率更快：Active Technologies 的脉冲骑士边沿时间小于 70ps，幅度最高 5Vpp，对于半导体测试是不错的选择。

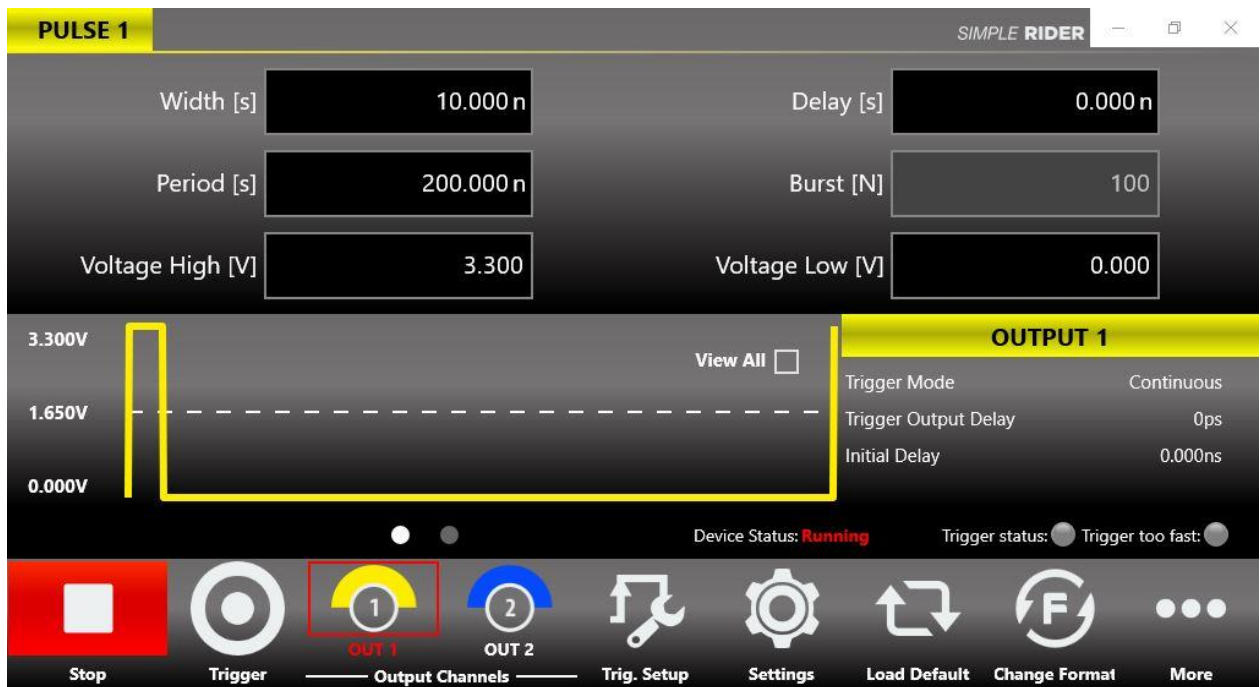


图 4：PG-1000 脉冲发生器软件界面截图 SimpleRider PG 设置，窄脉冲 10ns @ 3.3V (Reset Pulse)

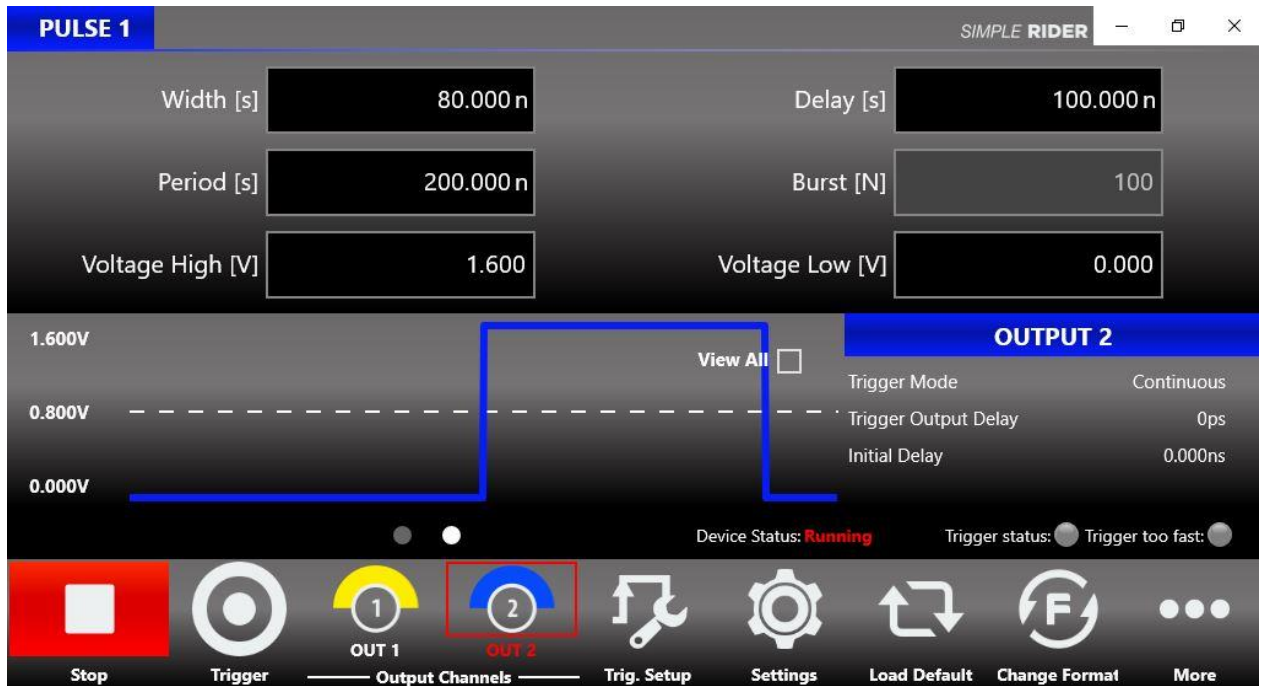


图 5 : PG-1000 脉冲发生器软件界面截图, SimpleRider PG 设置, 宽脉冲 80ns @ 1.6V (Set Pulse)

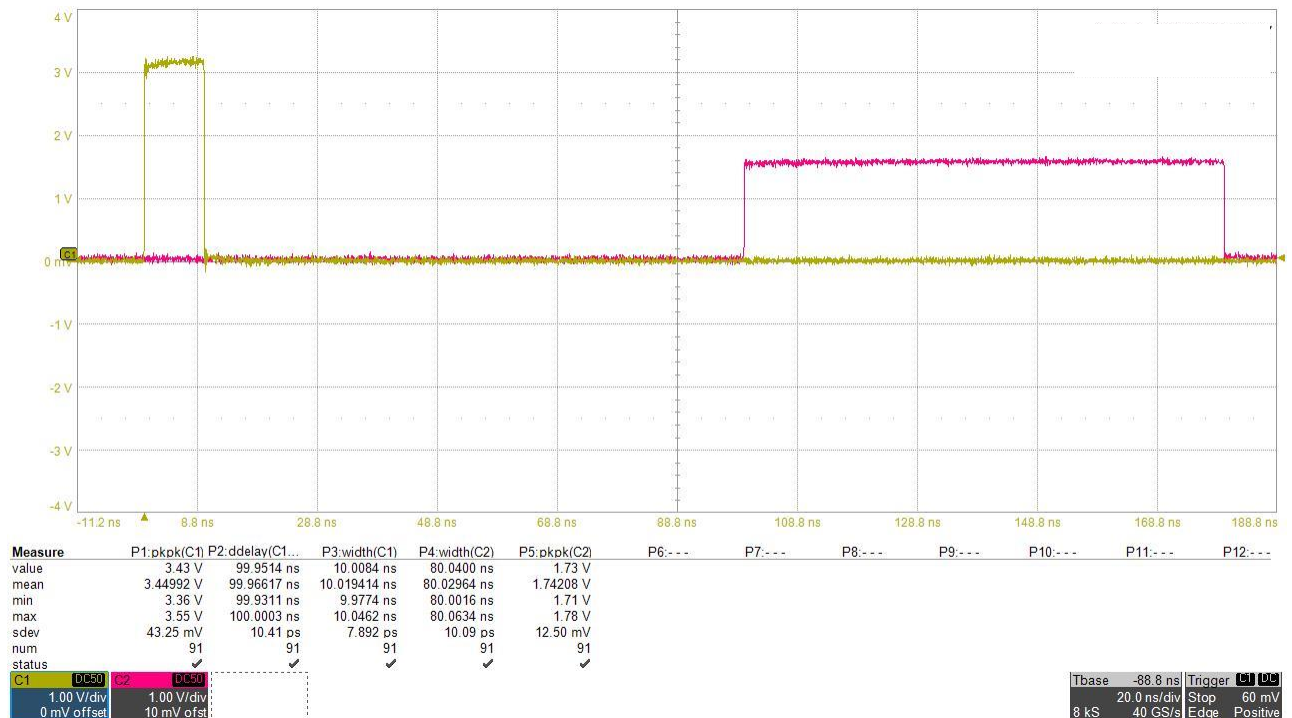


图 6 : 在本例中, 脉冲发生器生成 10ns@3.3V 和 80ns@1.6V 的脉冲串仿真对储存单元进行擦除和写入

## MOSFET 测试

现代 MOSFET 晶体管的发展挑战是在 MOS 电容中应用高  $\kappa$  材料，这种材料可以减少通过绝缘体的漏电流，但是同时也会导致一些问题，比如电压阈值不稳定、载波信道移动性衰减，最后导致可靠性降低。

当晶体管处于“开”状态时，会导致电荷捕获效应。一个比特的信道电荷会积累在隔离层导致内部潜在风险改变阈值电压。

电荷捕获效应取决于栅极的很多物理参数，例如厚度、电介质类型和加工技术，但是也取决于栅极电压和脉冲占空比。

改善 MOSFET 测试技术需要明确理解电荷捕获效应。

对这一效应的数量级在一毫秒到几十毫秒并且直流测量是不可靠的，因此需要使用不同类型脉冲进行 I-V 测量。

所有类型的  $I_d - V_g$  测量以漏极端为测量端，向栅极端施加脉冲激励， $I_d - V_g$  曲线取决于脉冲的类型，可以将测量分为 3 个主要类别：

- 直流  $I_d - V_g$  曲线：栅极激励源是直流，在不同的偏置电压下进行重复测量绘制曲线。在此测量模式下，测量结果取决于电荷捕获效应的效果，因为偏置直流电压，此种测量对于高速切换的设备是不可靠的。
- 窄脉冲  $I_d - V_g$  曲线：以快速边沿和纳秒级脉宽的脉冲为激励源，可以分析元件的真实响应，因为电荷来不及在电介质层积累。最后以不同的偏置进行重复测量绘制曲线。这种测量方法没有提供电荷捕获效应信息。
- 慢脉冲  $I_d - V_g$  曲线：以宽脉宽(微妙级)和斜坡快速边沿的脉冲为激励源。若边沿做够快则可直接绘制  $I_d - V_g$  曲线，因为电荷来不及在 MOS 叠层中积累。

使用宽脉冲进行漏电流随时间衰变测量，然后观察电荷捕获效应。如果想研究在特定偏置点处的电荷捕获效应，边沿的速度并不重要但重要的是上升的边沿要非常地快。

如果边沿足够快，慢脉冲  $I_d - V_g$  曲线测得的结果可以直接与直流和窄脉冲曲线在指定的偏置点处相媲美，因为在栅极电压的前沿之后，漏极电流与脉冲测量所得的电流相当，然后漏极电流随着时间开始下降直到达到直流测量的电压值。

慢脉冲技术也可以用来预测用于开关切换应用的元件寿命，方法就是研究在开关切换压力前后的电荷捕获效应的增加。

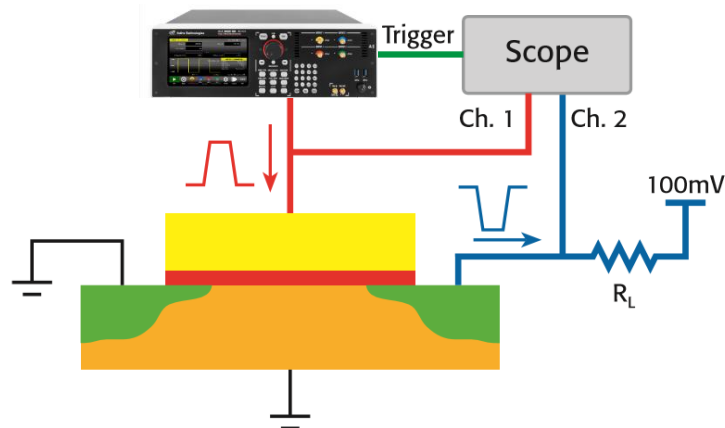


图 7： $I_d - V_g$  测量原理图

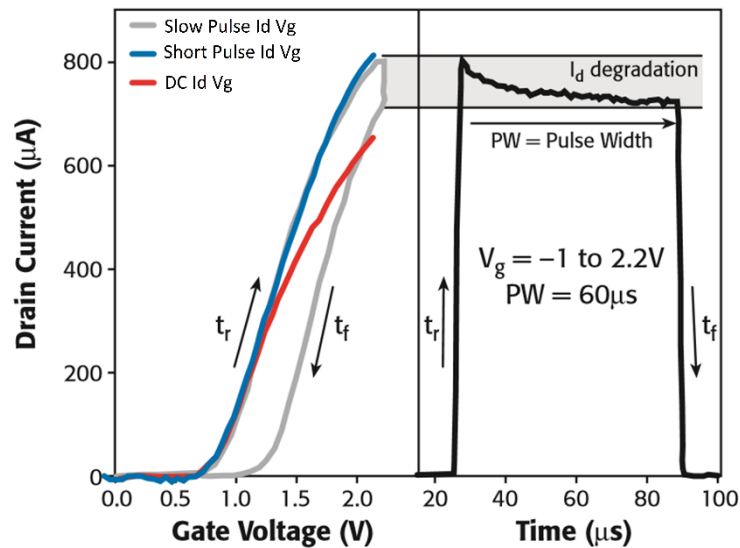


图 8：不同测量方案的对比

对于窄脉冲和慢脉冲测试，需要一款可以调节脉宽和幅度，并且边沿速率要快的脉冲发生器，市面上符合条件的脉冲发生器有很多，某意大利品牌 Active Technologies 的脉冲骑士 PG-1000 脉冲发生器支持 70ps 边沿、幅度 5Vpp、偏置  $\pm 2.5V$ 、脉宽 300ps~1s，这种配置的脉冲发生器可以应付大多数测试，是台不错的测试仪器。



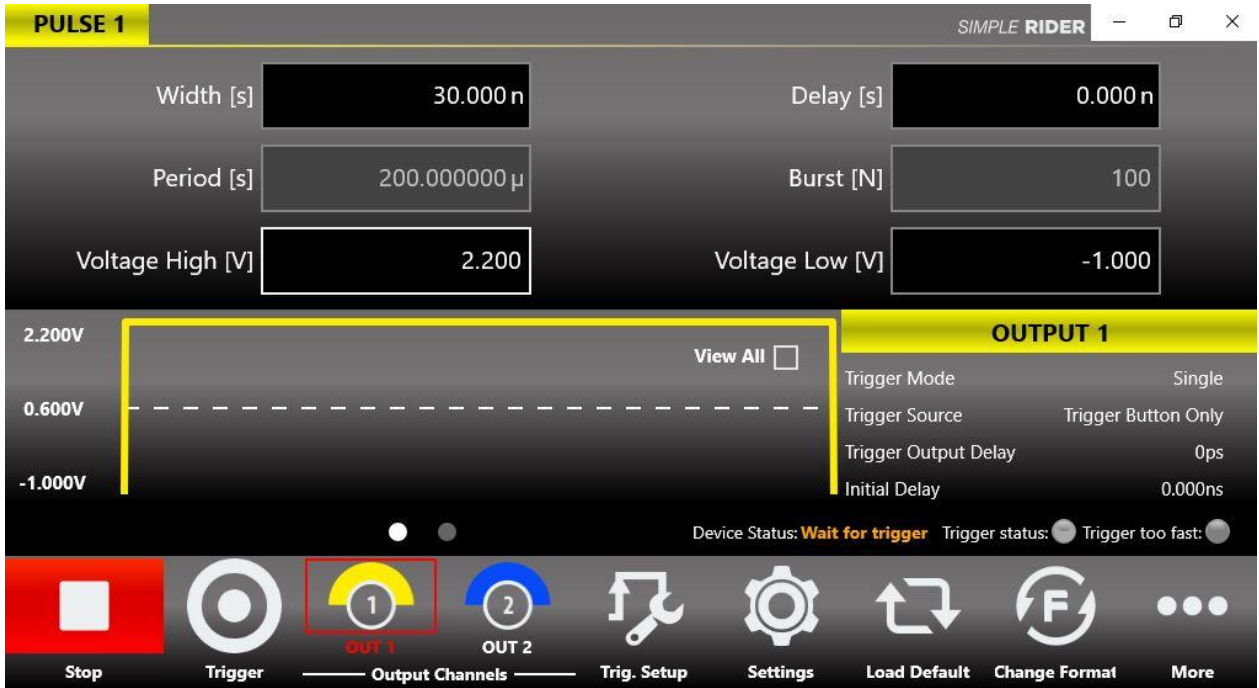


图 9: PG-1000 脉冲发生器软件界面截图，窄脉冲，最小值-1V，最大值 2.2V(幅度 3.2V)，脉宽 30ns，单脉冲模式

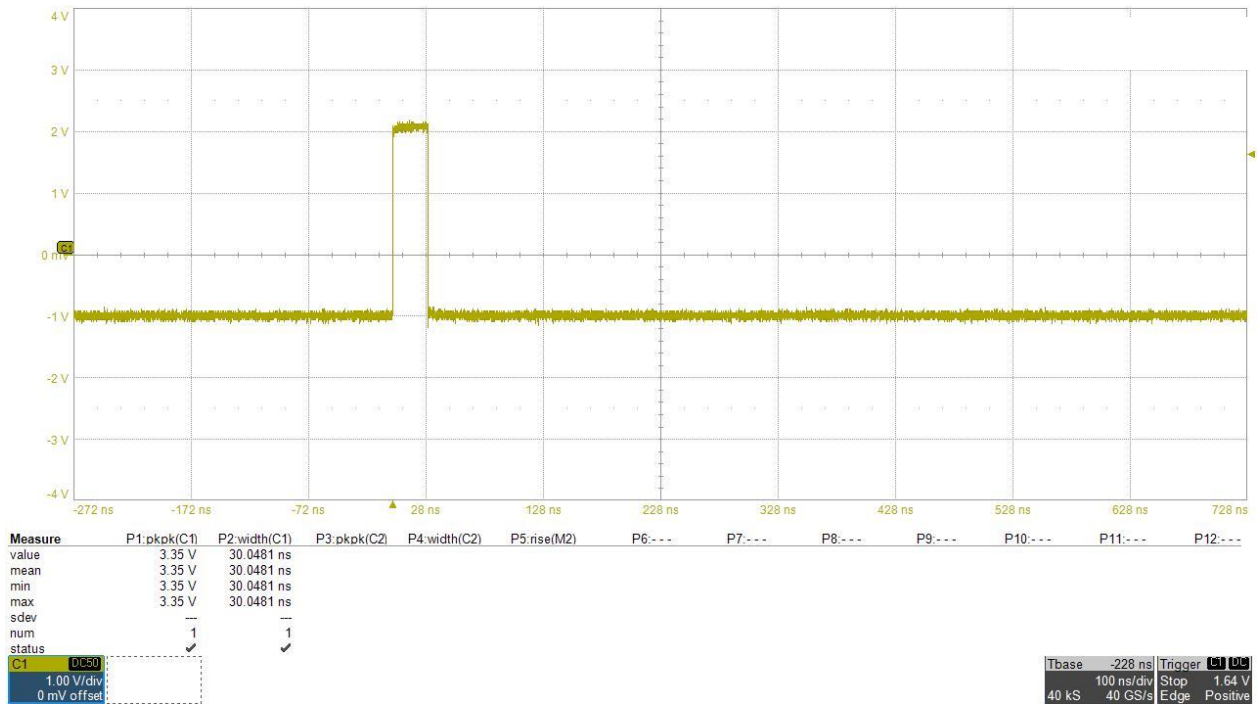


图 10：示波器截图，栅极激励脉冲源，窄脉冲 MOSFET 表征测试

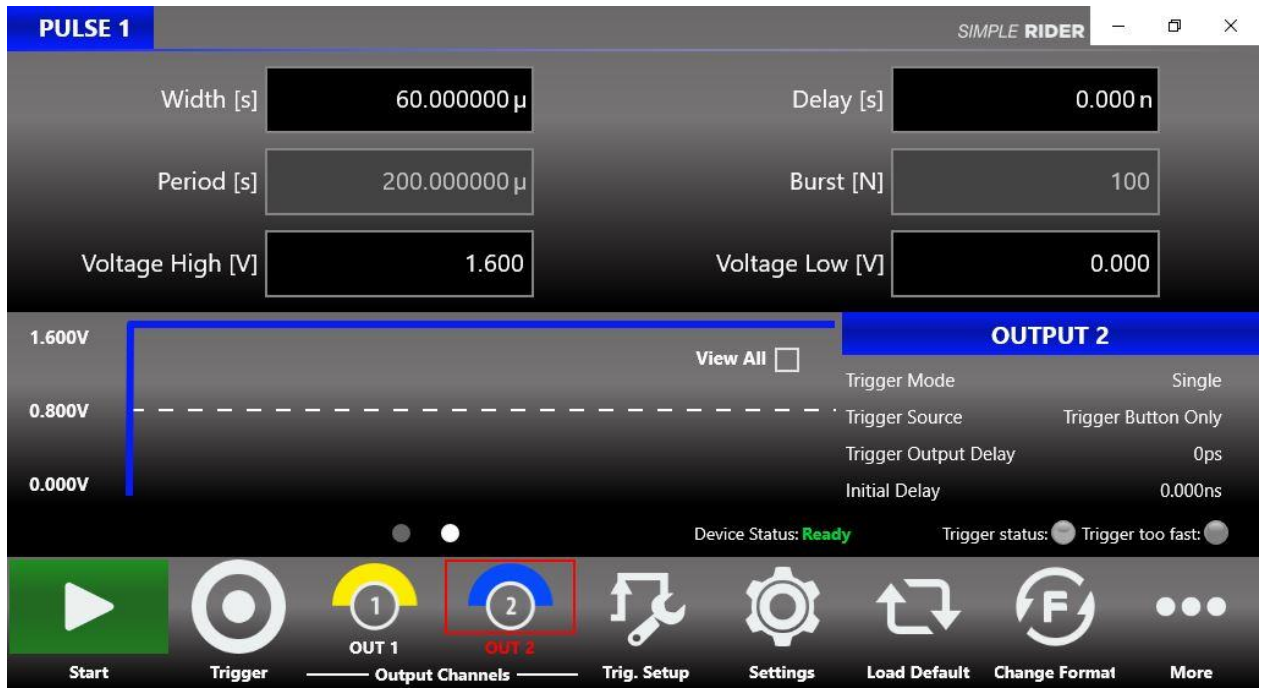


图 11: PG-1000 脉冲发生器软件界面截图, 慢脉冲, 最小值-1V, 最大值 2.2V(幅度 3.2V), 脉宽 60ns, 单脉冲模式

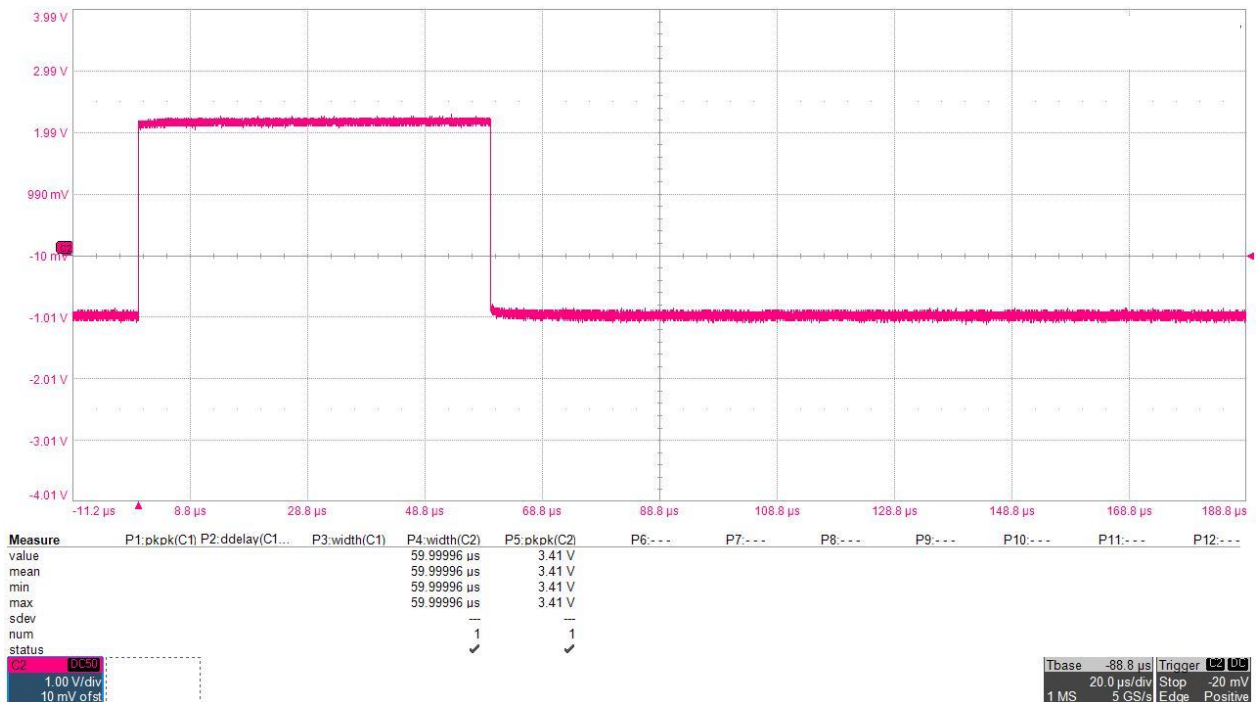


图 12 : 示波器截图, 栅极激励脉冲源, MOSFET 表征测试

# PULSE RIDER

脉冲骑士系列提供优质的信号完整性，简单易操作的触摸显示屏(SimpleRider™)

。只需要简单的几下触摸控制就可以生成输出脉冲。创新性的硬件结构支持生成多脉冲序列，例如双脉冲、三脉冲和四脉冲，并且定时参数完全独立。