

延时校准，双脉冲测试 一定要做的事儿！

双脉冲测试

进行双脉冲测试的主要目的是**获得功率半导体的开关特性**，可以说它伴随着功率器件从研发制造到应用的整个生命周期。基于双脉冲测试获得的器件开关波形可以做很多事情，包括：通过对开关过程的分析验证器件设计方案并提出改进方向、提取开关特征参数制作器件规格书、计算开关损耗和反向恢复损耗为电源热设计提供数据支撑、不同厂商器件开关特性的对比等。

测量延时的影响

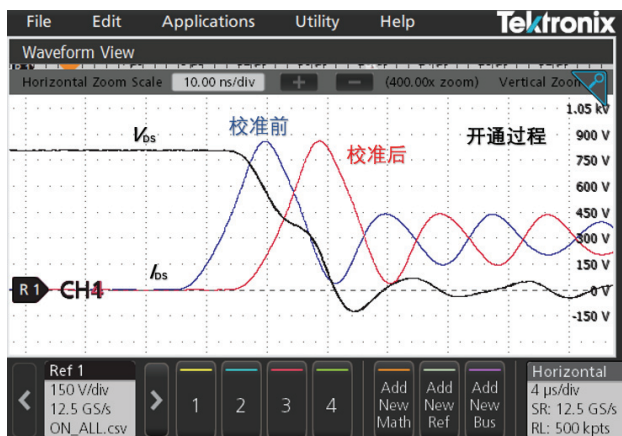
被测信号在测量过程中会经历两次延时，不同信号所经历延时的差别会对测量结果造成一定的影响。

一次延时是示波器模拟前端的延时，索性示波器不同通道间延时差别在 ps 级别，对于 ns 级别的 ns、us 级别的功率器件开关过程可以忽略不计。

另一次是探头的延时，不同的探头直接的延时差别在 ns 级别，此时对于开关速度较快的器件就有明显的影响了，特别是对于近几年开始逐渐推广使用的 SiC 和 GaN 器件影响就更大了。

我们以 SiC MOSFET 开关过程测量为例来说明测量延时的影响。

在下图中，蓝色波形为未对探头进行延时校准前获得的波形（校准前波形），红色波形为对探头进行延时校准后获得的波形（校准后波形）。

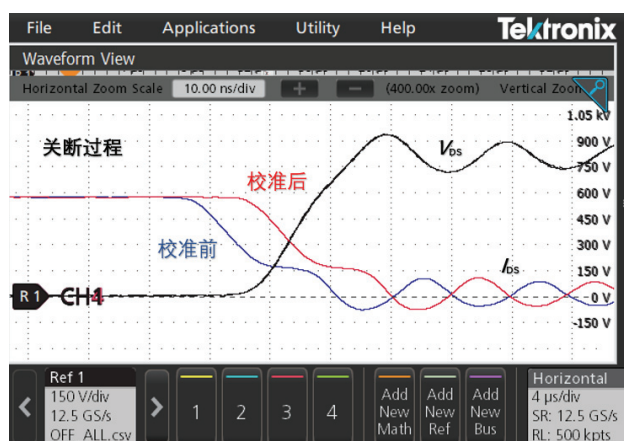


需要技术支持 ▶

Tektronix®

延时校准，双脉冲测试一定要做的事儿！

按照理论，**在开通过程中**，当 IDS 开始上升时，会在回路寄生电感上产生压降，这会使 VDS 有所下降，IDS 的上升与 VDS 的下降应该几乎在同一时刻开始的。而在校准前波形中，IDS 开始上升时，VDS 保持不变，在一段 5.5ns 延时后才开始下降。这一情况与理论明显不符合，可以推断此时 IDS 信号超前 VDS 信号。而在进行校准后，这一问题得到了解决。



按照理论，**在关断过程中**，VDS 的尖峰应该在 IDS 过零附近。而在校准前波形中，IDS 过零 5.5ns 后，VDS 才达到最高值。在进行校准后，这一问题也得到了解决。

同时我们还整理出开关特性参数，包括：开通延时 $t_d(\text{on})$ 、开通时间 t_r 、开通能量 E_{on} 、关断延时 $t_d(\text{off})$ 、关断时间 t_f 、关断能量 E_{off} 。可以看到开通延时 $t_d(\text{on})$ 和关断延迟 $t_d(\text{off})$ 校准前后有 2ns 左右差异，开通时间 t_r 和关断时间 t_f 校准前后几乎不变，开通能量 E_{on} 校准前 395.31uJ 比校准后 147.53uJ 大了 1.67 倍，关断能量 E_{off} 校准前 20.28uJ 比校准后 70.54uJ 小了 71.3%。

由此可见延时对于器件开关特性的分析和参数计算有着非常明显的影响，在进行测量之前，我们可以通过以下**四种方法来进行延时校准**。

开关特性参数	$t_d(\text{on})/\text{ns}$	t_r/ns	E_{on}/uJ	$t_d(\text{off})/\text{ns}$	t_f/ns	E_{off}/uJ
校准前	11.61	12.96	395.31	23.74	13.28	20.28
校准后	9.52	13.04	147.53	21.92	13.36	70.54

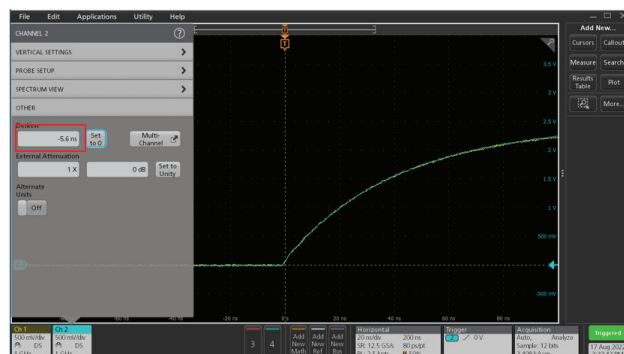
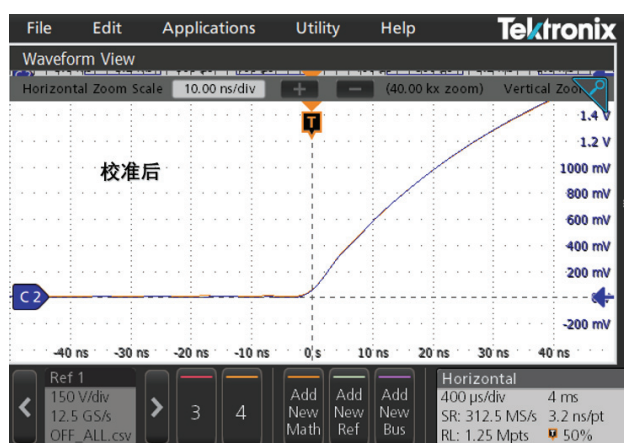
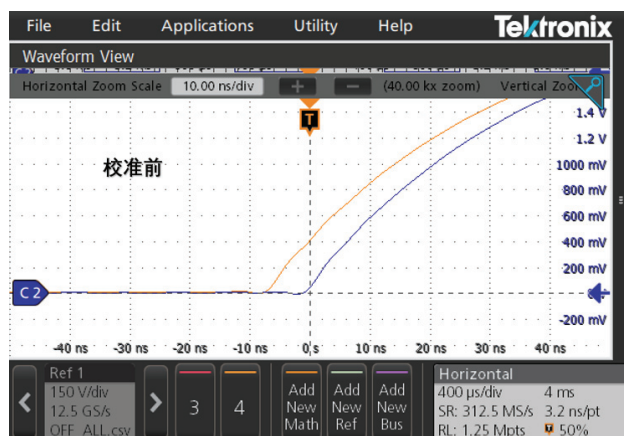
方法一：同时测量示波器自带方波信号

校准不同电压探头之间的延时差别非常简单，只需要同时测量同一电压信号，然后再根据测量结果进行校准即可。

我们可以利用示波器自带的方波信号，一般在示波器侧面板或前面板。可以看到，两个探头虽然都在测量示波器自带方波，但在示波器屏幕上显示的波形出现的延时，1 通道测量通路超前 2 通道测量通路 5.6ns。那么我们就可以在示波器的通道设置菜单中设置 1 通道延时为 -5.6ns，或设置 2 通道延时为 +5.6ns 完成校准。

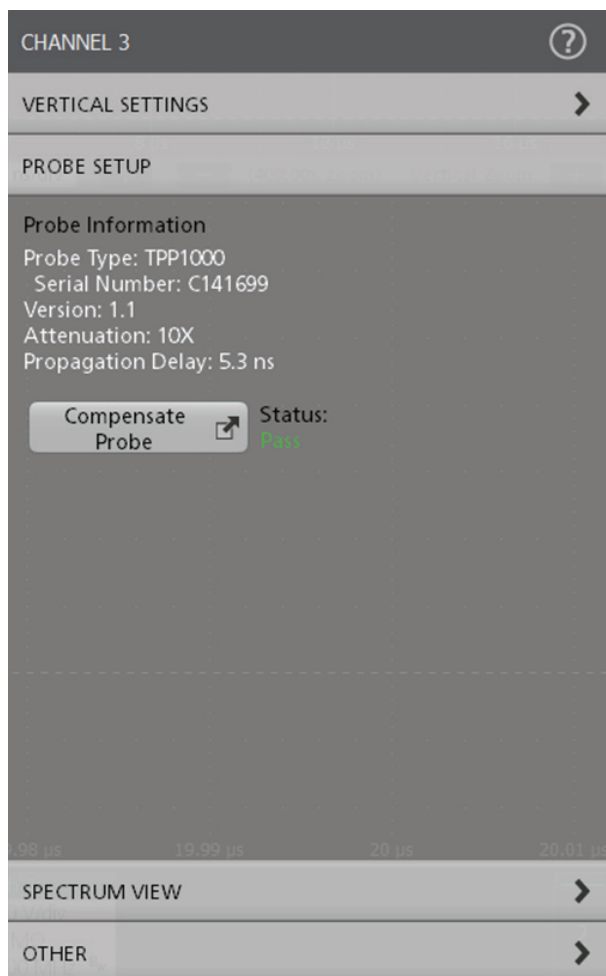


延时校准，双脉冲测试一定要做的事儿！



方法二：示波器自带功能校正

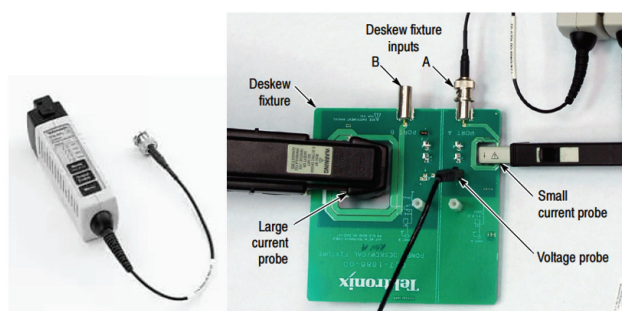
对于固定型号的电压或者电流探头，其延时是基本固定的，只要知道探头型号就能够直接进行延时校准。现在示波器的功能越来越强大，通过探头的接口可以识别出探头的型号，这样示波器就可以直接自动设备延时校准值。



延时校准，双脉冲测试一定要做的事儿！

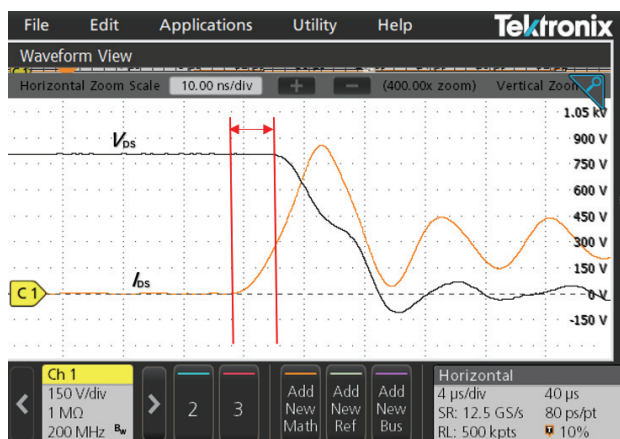
方法三：延时校准夹具

仿照方法一中同时测量同一信号来校准不同电压探头延时差别的思路，测量同时变化的电压和电流信号，就能够校准电压探头和电流探头之间的延时差别。很多示波器厂商基于此思路已经推出了电压、电流探头延时校准夹具，方便工程师直接使用，而不用再自己做校准源。例如泰克的相差校正脉冲发生器信号源 TEK-DPG 和功率测量偏移校正夹具 067-1686-03。



方法四：利用器件开关特征

如果受限于手头设备，我们还可以通过上边提到的器件开关过程的特征来进行校准。按照理论，在开通过程中 I_{DS} 的上升与 V_{DS} 的下降应该几乎在同一时刻开始的。那么我们可以进行不同测试条件下的双脉冲测试，读出每次开通过程中 I_{DS} 与 V_{DS} 之间的延时，然后去平均值后进行校准即可。



文章来源：

公众号：功率器件显微镜



泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

服务时间：9:00am - 5:00pm，周一至周五

泰克科技(中国)有限公司
泰克中国客户服务中心
免费热线: 400-820-5835
泰克销售分公司及办事处

泰克科技(中国)有限公司
北京分公司
北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城·国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编: 100015
电话: (86 10) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克上海办事处
上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编: 200335
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 5031 6910
(86 21) 6289 7267
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克深圳办事处
广东省深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编: 518008
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克成都办事处
四川省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
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克西安办事处
陕西省西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克武汉办事处
武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编: 430074
电话: (86 27) 8781 2760
E-mail: china.mktg@tektronix.com

如需进一步信息

泰克维护着一套完善的不断扩大的应用指南、技术简介和其它资源，帮助工程师处理尖端技术。请访问www.tek.com.cn



© 2022年泰克公司版权所有，保留所有权利。泰克产品受到美国国外已经签发和正在申请的专利保护。本文中的信息代替以前出版的所有材料中的信息。技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX和TEK是泰克公司的注册商标。本文提到的所有其它商品均为各自公事的服务标志、商标或注册商标。
2022年8月

Tektronix®