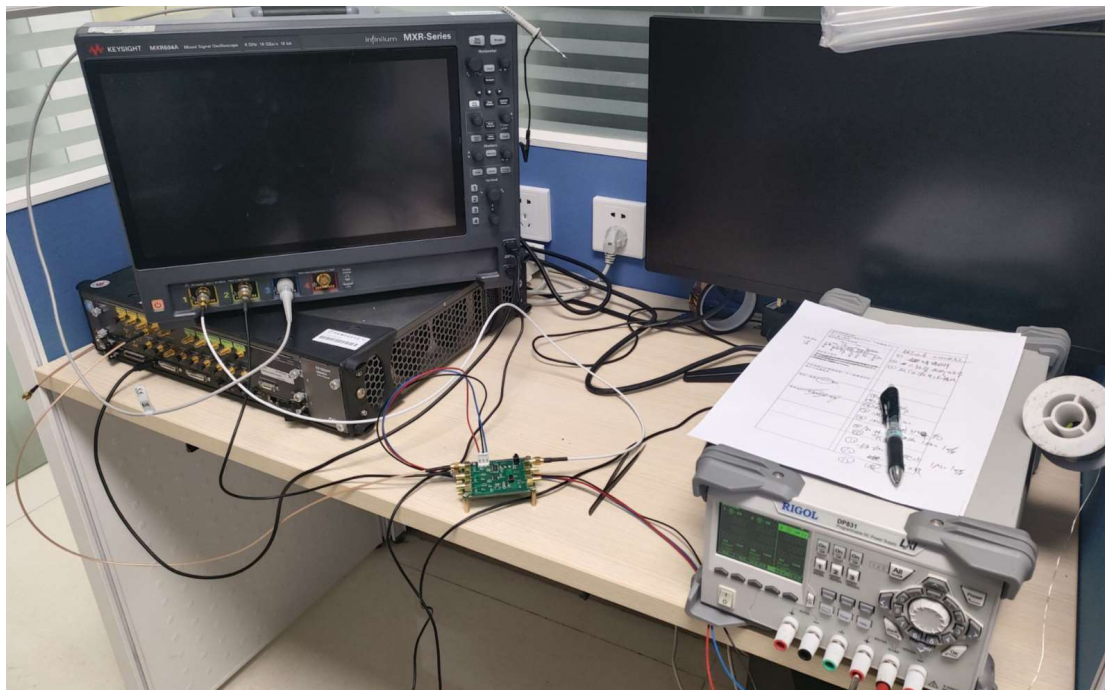


# Peaktek\_board 测试报告

2024-01-10

## 测试环境与情况说明



Keysight 6 GHz 示波器，高速 DDS， $\pm 5\text{ V}$  供电。

本次测试只测试了跟随器 AD8000 与 OPA615 峰值保持电路的功能。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自终端采样。

当示波器的输入阻抗选择为 1M Ohm 得到下图



通道 1: 1M Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自终端采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自终端采样。

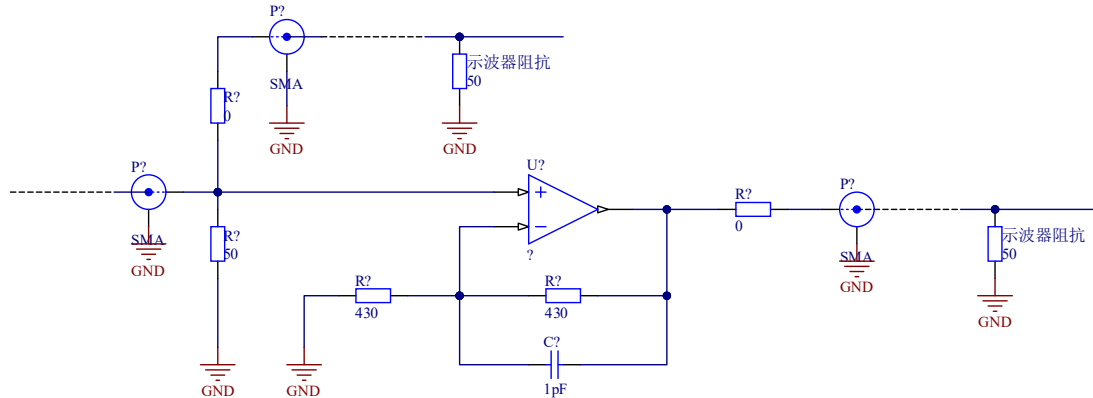
比对发现:

从信号完整性来看, 即使在终端进行匹配之后, 在示波器输入处使用 50 Ohm 输入阻抗才是比较好的选择, 即使这样会使得信号的幅度有所下降。

## 1.2 电流反馈运算放大器跟随器

根据 AD8000 手册反映的结果可以发现，当闭环增益  $G = 2$  时可以获得较为稳定的输出。并且手册中提示，输入反相端的杂散电容会导致输出不稳定。

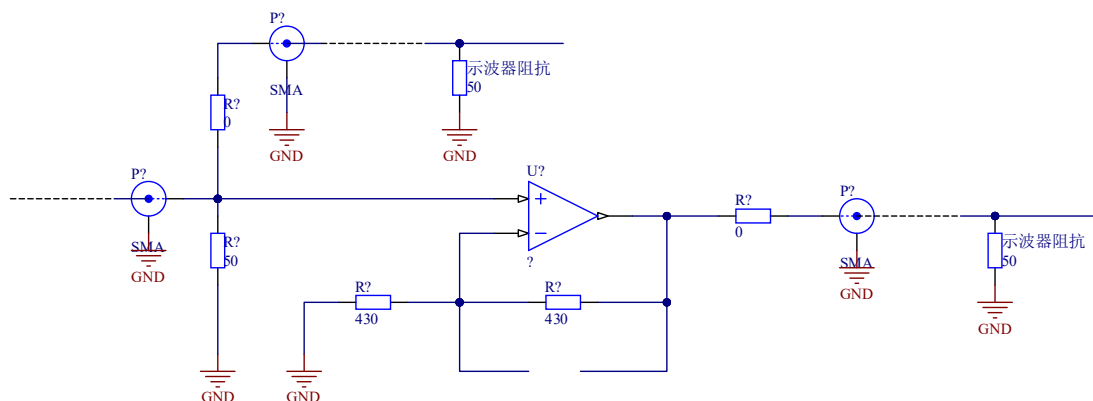
按照以下的电路先进行测试：



结果发现电路输出了振荡的波形（没有记录图片）

大致参数：周期 2 ns；幅度  $V_{pp}$  50mV；此时该部分电路的工作功率为 1 W。

认为是反馈电容导致电流反馈运放工作不稳定，所以将电容去掉：



此时输出电路没有振荡波形，该部分电路的功率恢复正常：0.1 W

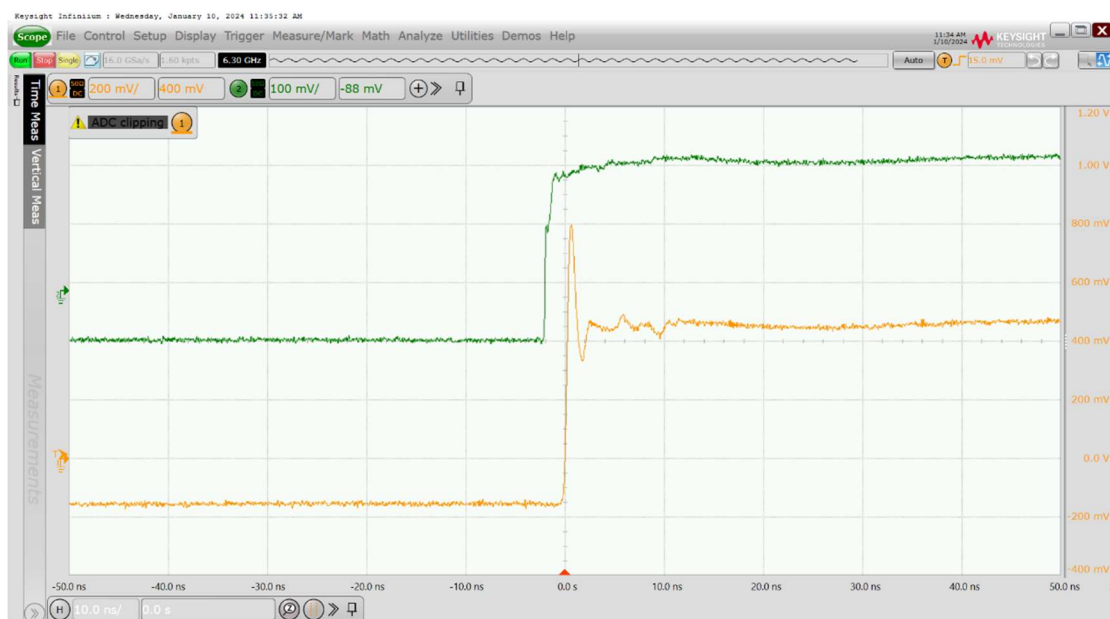
对于上图所示的电路输入阶跃信号波形，并考察其响应，得到如下结果：



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自跟随器输出。

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入采样。

有较大幅度的过冲, 持续 2 ns 之后恢复到稳定的波形。



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自跟随器输出。

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入采样。

输入信号本身带有负极性信号, 所以输出也有负极性的部分。

输入信号的最大稳定电压大约为 220 mV

输出信号的最大稳定电压大约为 480 mV, 这大致对应了电路设计的  $G = 2$  的情况。

然后是下降沿部分的波形，可以观察信号的过冲：



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自跟随器输出。

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入采样。

可见信号也有较大幅度的过冲，在大约 2 ns 之后恢复。



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自跟随器输出。

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入采样。

输入信号的最小稳定电压大约为-80 mV

输出信号的最小稳定电压大约为-160 mV，这大致对应了电路设计的  $G = 2$  的情况。

### 对于短脉冲的输入响应:



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自跟随器输出。

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入采样。

这是一个输入脉宽设定为 1ns 的脉冲波形，  
可以看出输入端和输出端的信号完整性均有破坏。

输入幅度最大值为: 200 mV

输出幅度最大值为: 800 mV

输入幅度最小值为: -100 mV

输出幅度最小值为: -620 mV

可见过冲会产生大于 2 倍设计增益的波形。

### 1.3 AD8000 电流反馈型跟随器情况总结:

1. 反馈回路上的小电容可能会导致运放自激振荡，并且有很高的功率。
2. 跟随器带有大约 2ns 的上冲和下冲时间，并且幅度近乎翻倍。
3. 在稳定区域中，电压关系大致为设计的增益  $G = 2$ 。
4. 跟随器的上升沿时间较快，基本在 500 ps 内即可达峰。



## 2 OPA615 峰值保持电路(Peak detector)

### 2.1 基本原理介绍

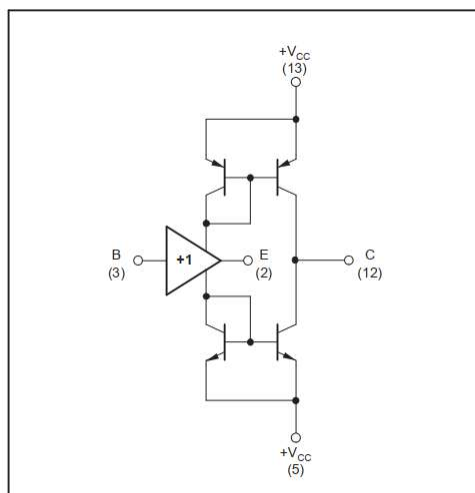


Figure 35. Simplified OTA Block Diagram

上图是一个简化的 OTA 等效模型图。

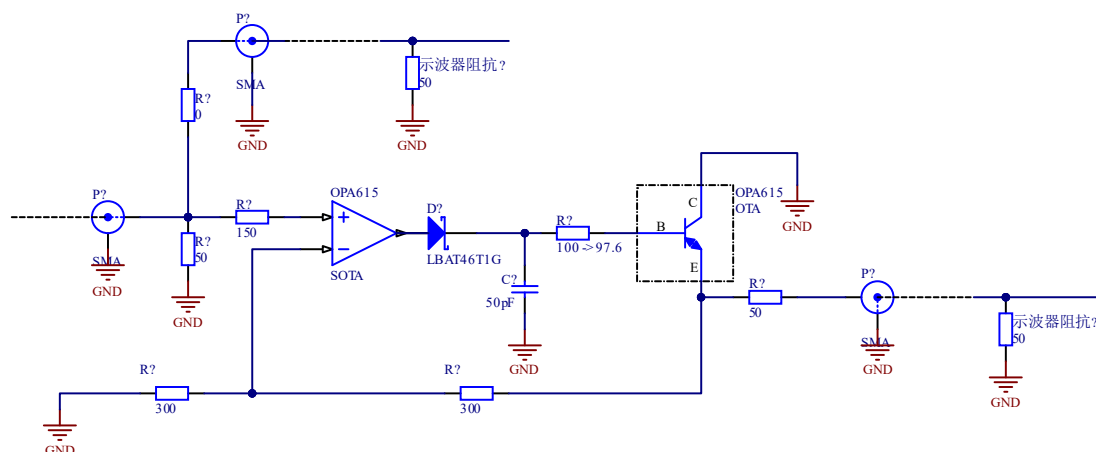
可见这个电路自带有自己的电源，不需要外加偏执。

B-E 是一个跟随器。当 B-E 电压不同时，跟随器的输入电源就会失调（相当于一个压控失调电流源）。

正负输入电流的失调被两个电流镜复制到另一端并相加，得到 C 端。

所以有如下关系：

$$\text{跟随器正电源电流} - \text{跟随器负电源电流} = \text{E 点电流} = \text{C 点电流}$$



上图所示 OPA615 峰值保持电路原理。

OPA615 内部集成了一个跨导很大(30 mA/V)的 SOTA，可以根据输入的极性输出电流和吸入电流。当外部脉冲进入的时候，SOTA 输出电流给电容充电。OTA 将电容上的电压跟踪到 E 端，并通过反馈网络到 SOTA 的反相端。

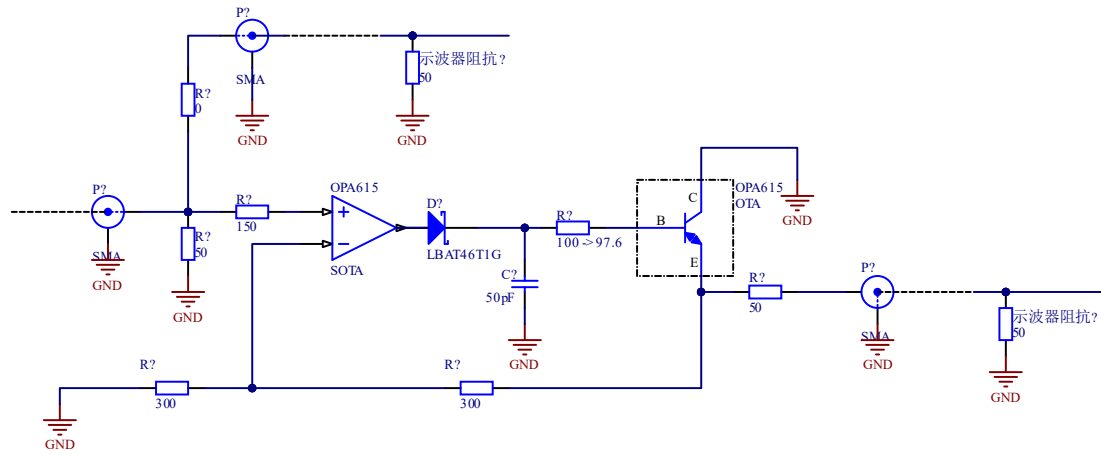
当脉冲过去，SOTA 反相端的电压高于同向端，SOTA 吸入电流，被二极管阻断。峰值得以保持。



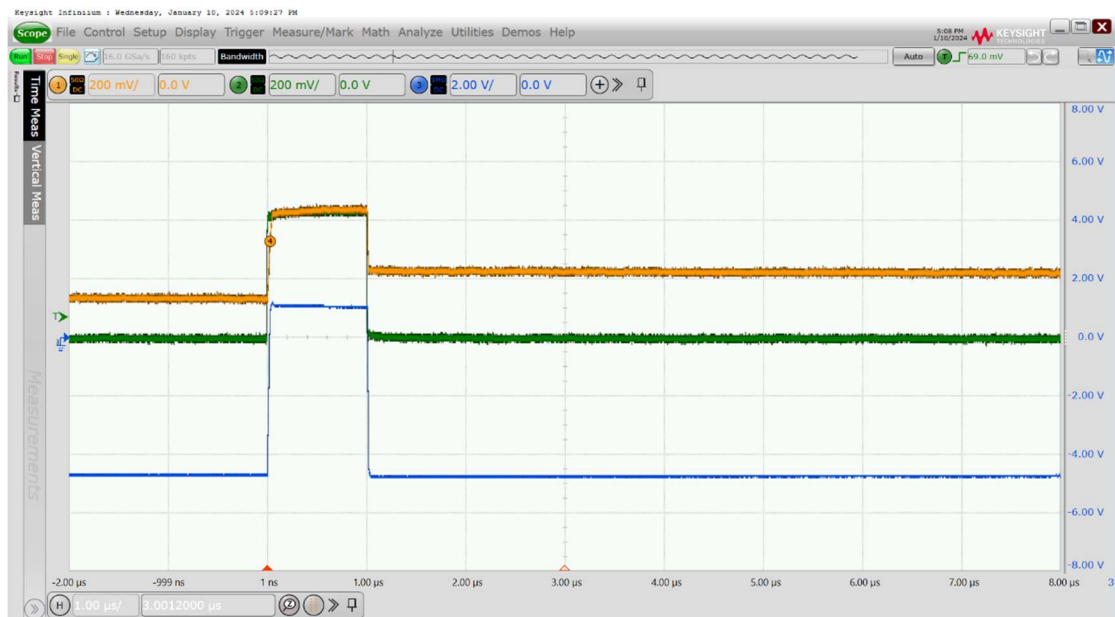
## 2.2 OPA615 电路的测试

首先上电时，和跟随器一同的静态工作功率为 0.3W。其中 AD8000 的静态工作功率 0.1 W。

然后按照以下的原理图上电测试峰值保持电路。



由于该电路表现不好，所以使用大幅度脉冲以及低频测试其性能，并说明原因  
测试脉冲输出参数为：1 Vpp; 10 kHz; 1% Duty; 1 $\mu$ s Width



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

以上所有通道的 0 V 线都对其到了画面的中心。

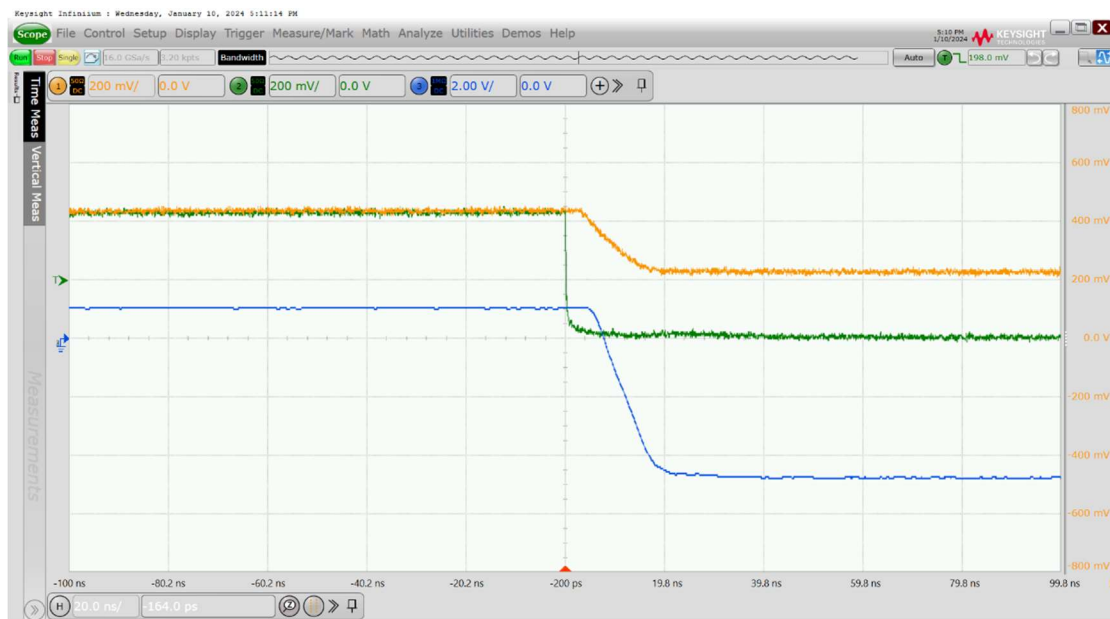
输入信号实测幅度为 400 mV (由于 50 Ohm 匹配和 50 Ohm 示波器通道的影响)

从图中可以看出，在脉冲来临并保持高电平时，输出波形成功跟随了脉冲波形。

在脉冲下降沿的瞬间，峰值保持电路输出的电压有一个 200 mV 的骤降。

然后峰值保持电路继续保持电压。

现在放大下降沿部分的细节

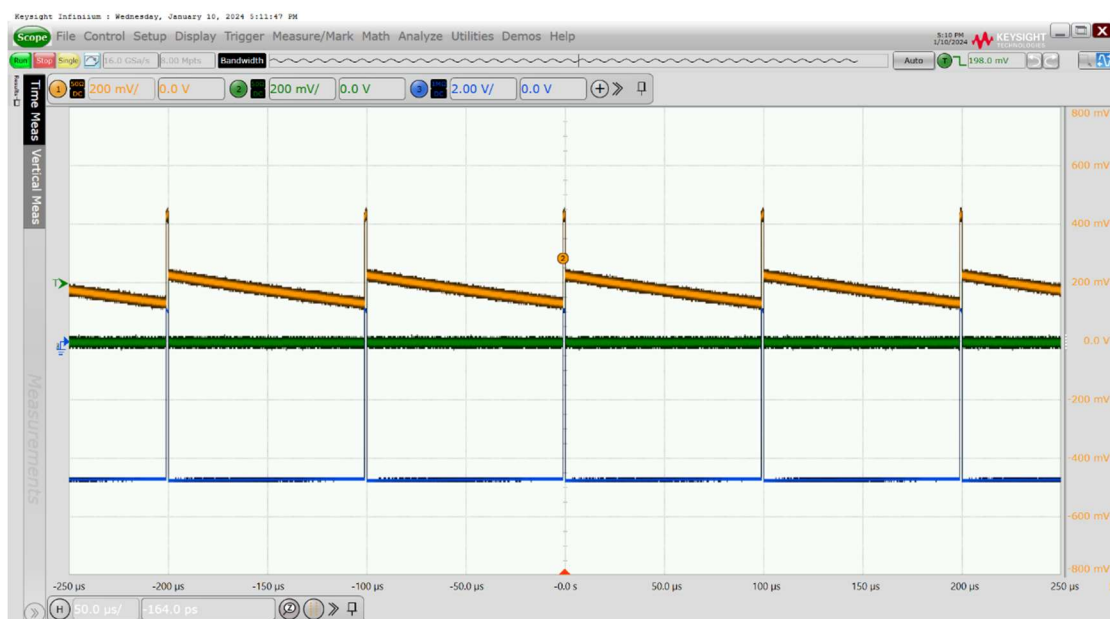


通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

拉长时间线



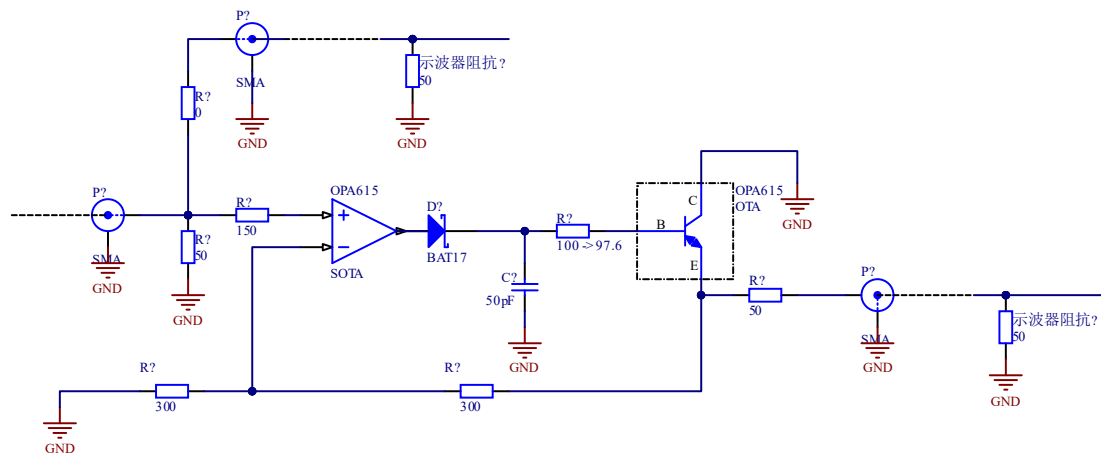
通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

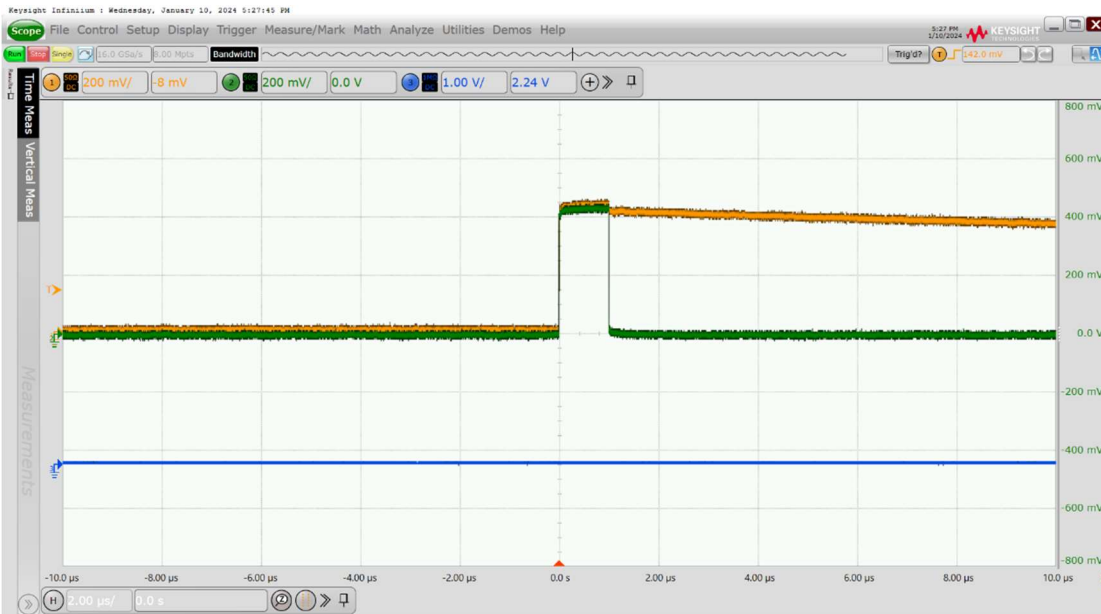
通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

输出电压突降的原因, 估计是由于「二极管关断有一定的时间, 而在二极管尚未完全关断的时候 SOTA 的反向电流造成了电容上的电荷泄露」

因为锁定是二极管产生的问题，所以更换二极管为 BAT17



此时再用相同参数的宽脉冲测量：1 Vpp; 10 kHz; 1% Duty; 1 $\mu$ s Width



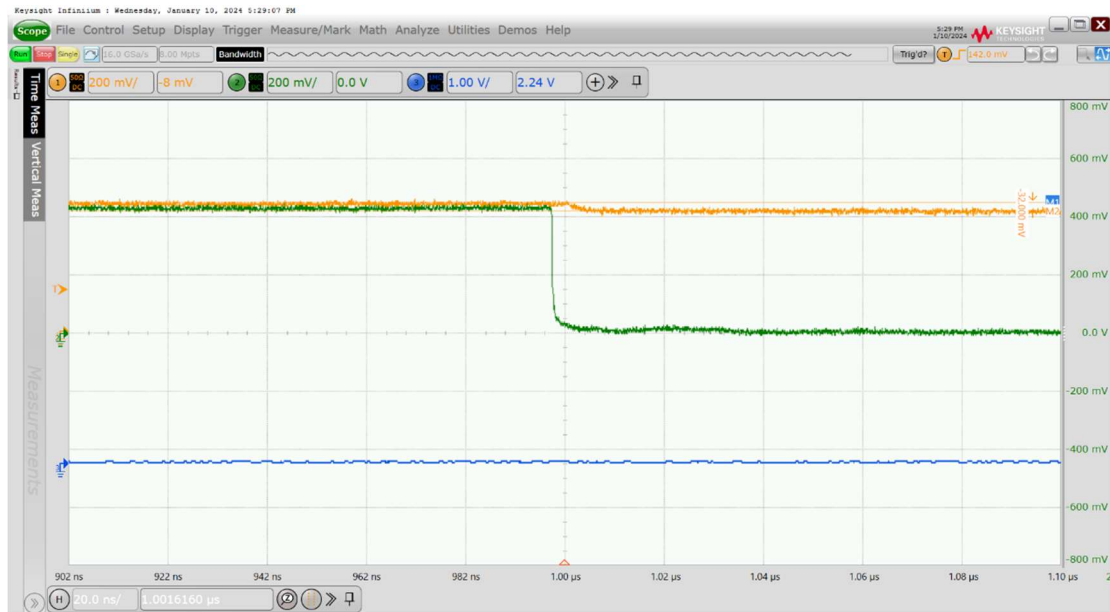
通道 1：50 Ohm 输入阻抗；同轴线；信号来自峰值保持电路输出

通道 2：50 Ohm 输入阻抗；同轴线；信号来自输入信号采样。

通道 3：1M Ohm 输入阻抗；普通探头；悬空。

可见突然的电压下降的现象明显好转。

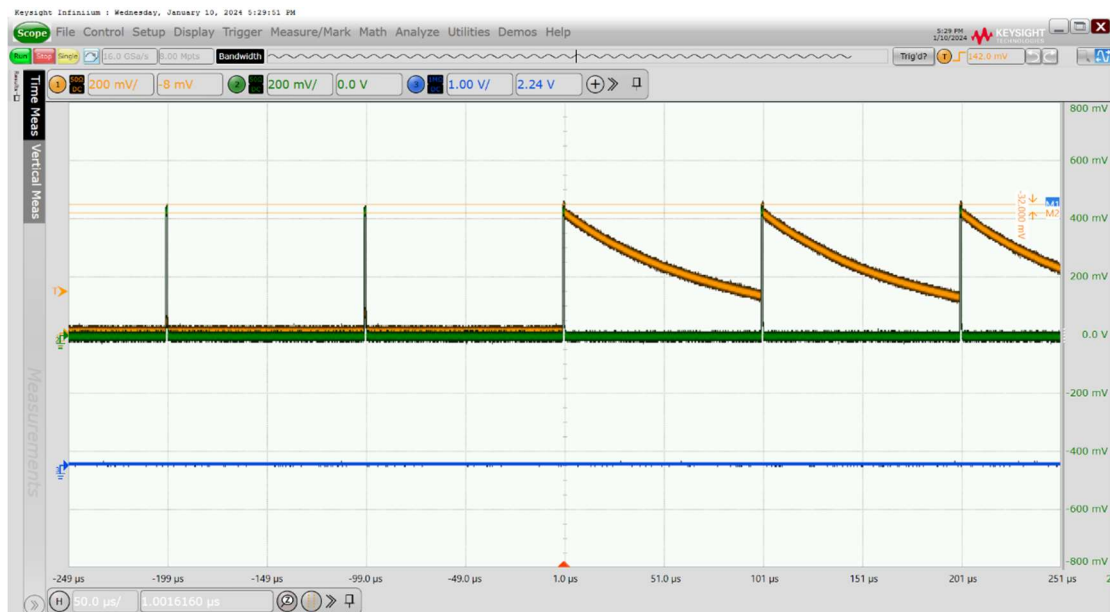
现在放大下降沿部分的细节



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出  
通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。  
通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 悬空。

测量得到的下降幅度为 32 mV

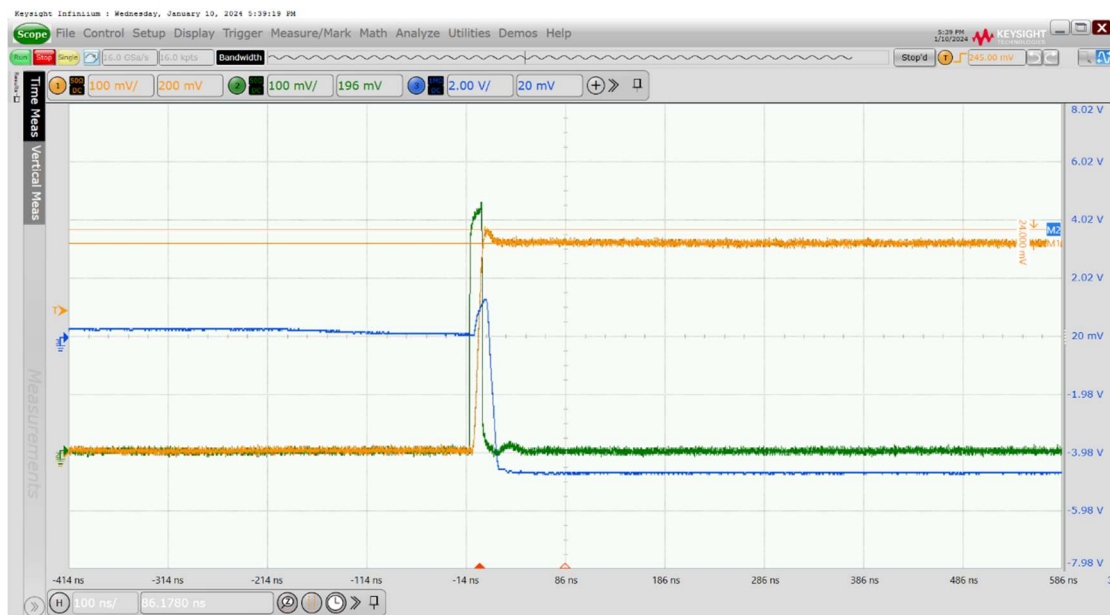
拉长时间线



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出  
通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。  
通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 悬空。

这里测试了放电的曲线, 可见改电路还是会有一定程度的放电。

现在提升波形的输出参数：1 Vpp; 1 MHz; 1% Duty; 10 ns Width

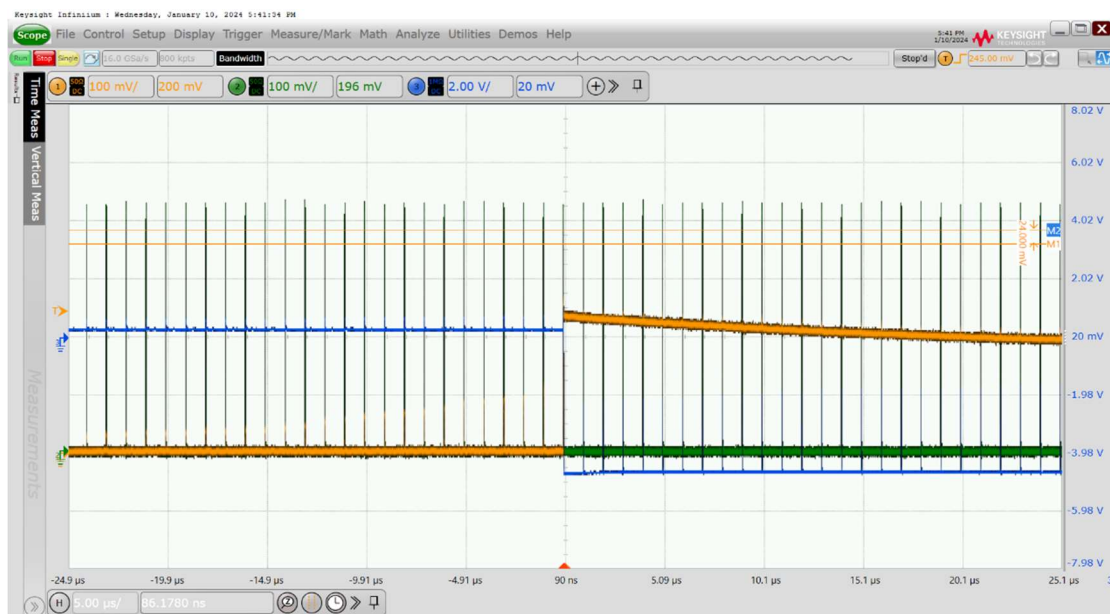


通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

可见对于 10 ns 的脉冲, 该电路可以跟进波形, 不过从曲线上升的速度来看有些接近极限。幅度亏损大概有 50 mV。



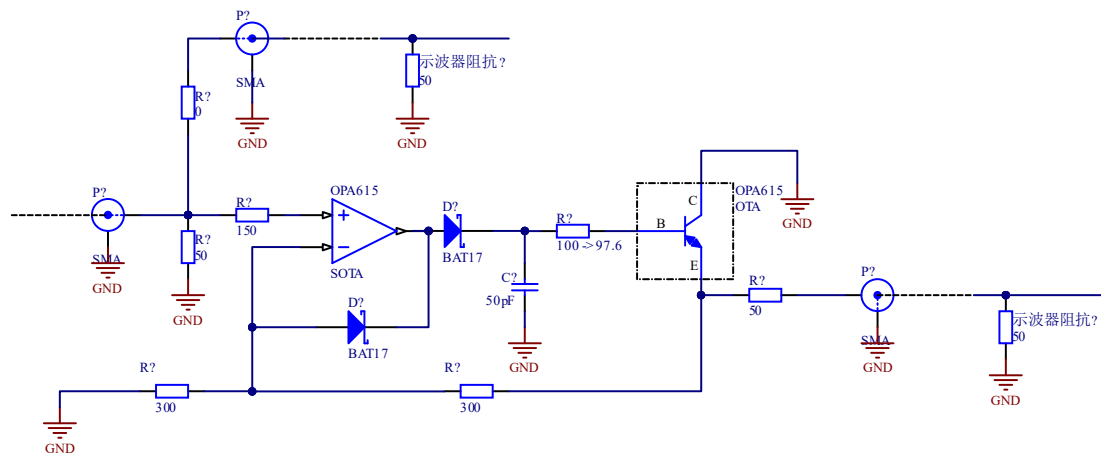
通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

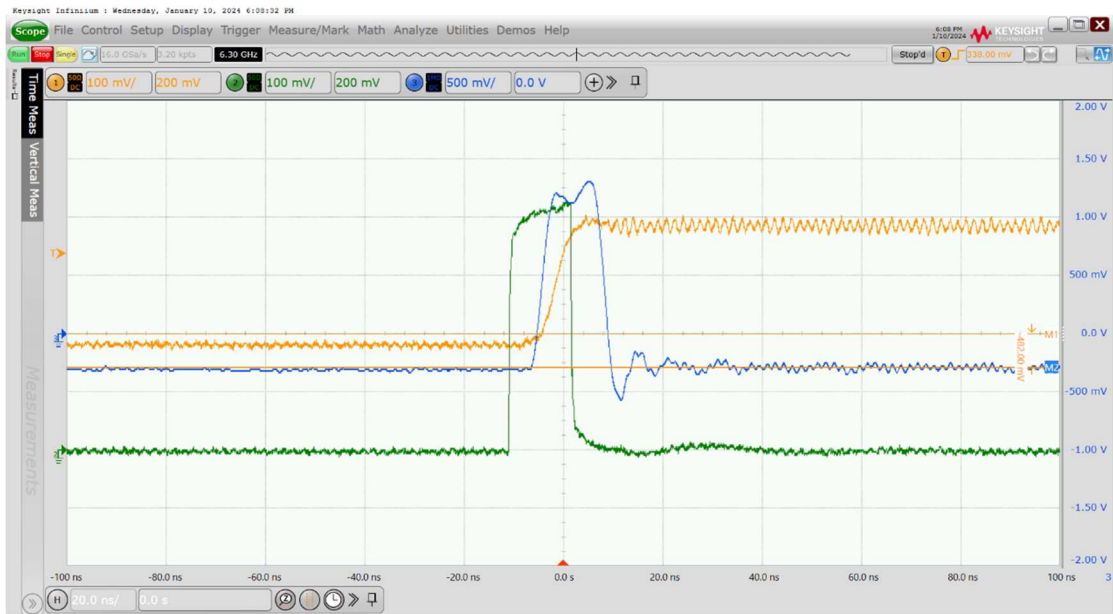
通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

二极管在峰值保持时有较大的负电压(-4V), 会导致反向电流放电。

考虑如下的改进电路



这里在二极管正极和反相端之间加了一个二极管，企图利用反相端的高电平来补偿负电压。



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

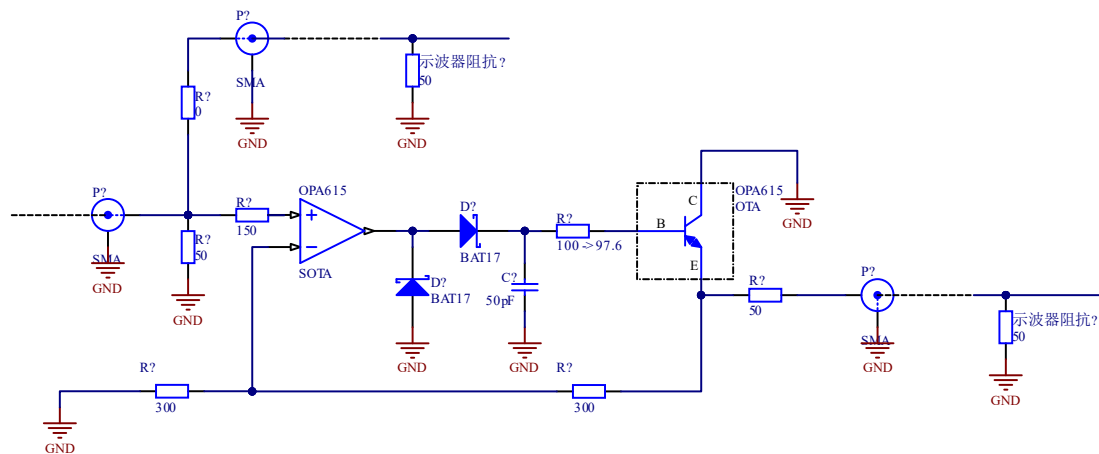
通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

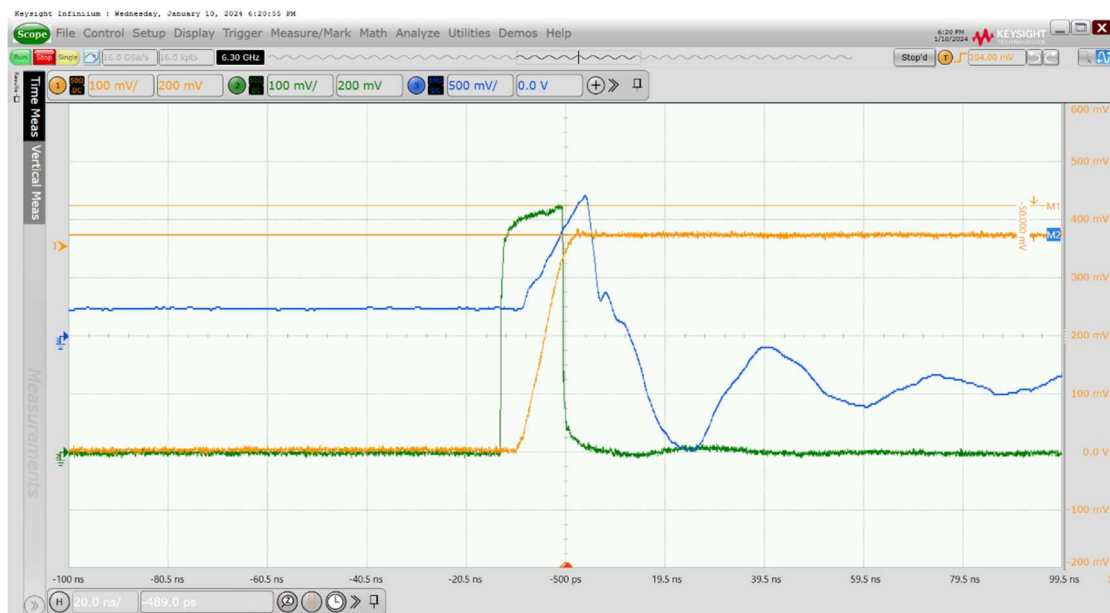
这是增加该二极管之后的图像，可见导致了电路有些许振荡电压。



现在更改补偿负电流的二极管位置。



得到以下的波形:



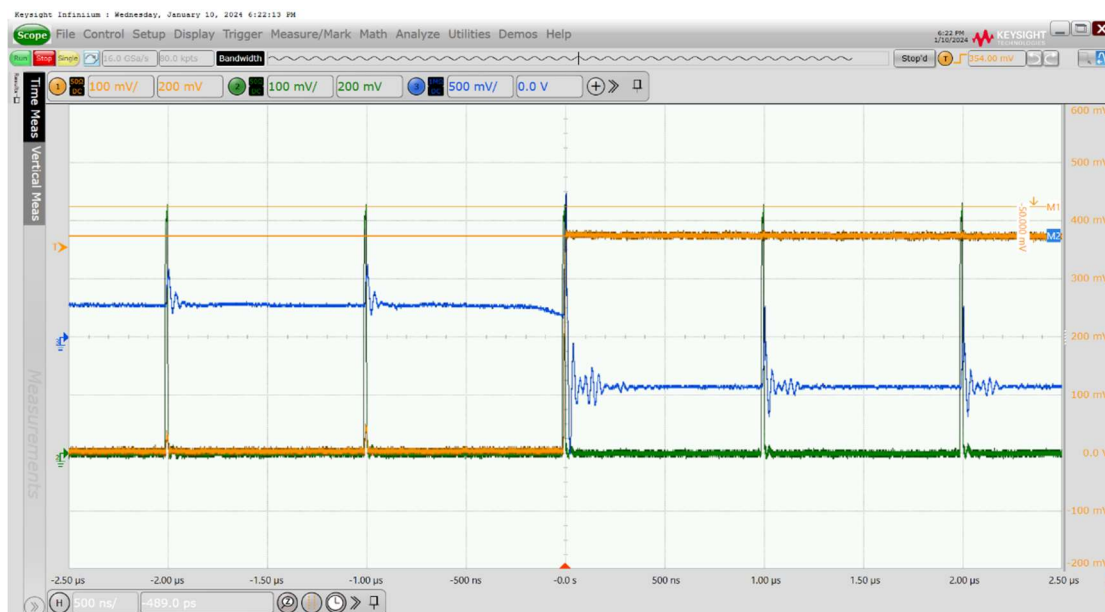
**通道 1:** 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

估计幅度亏损 50 mV，与之前相比在这个方面并没有改善。

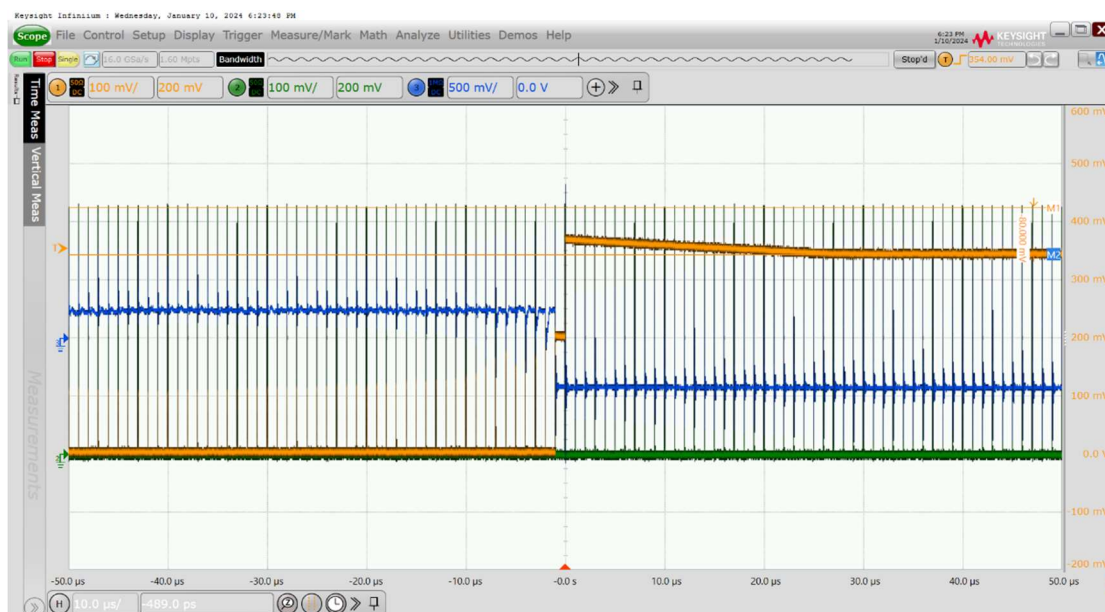
二极管的反相电压从-4V 变为-500 mV 左右。预计可以改善长期的保持特性。



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)



通道 1: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自峰值保持电路输出

通道 2: 50 Ohm 输入阻抗; 同轴线; 信号来自输入信号采样。

通道 3: 1M Ohm 输入阻抗; 普通探头; 信号来自 SOTA 输出节点 (二极管正极)

可见峰值保持的长期保持得到了一些改善。应该是因为反向漏电流减小的原因。

## 2.3 峰值保持电路总结

1. 二极管特性对于峰值保持电路影响巨大。

LBAT46T1G

反向电压下的电容: 11 pF @ -0V 1 MHz

反向电流: 0.5  $\mu$ A @ -1.5V 25°C

BAT17

反向电压下的电容: 1 pF @ -0V 1 MHz

反向电流: 0.25  $\mu$ A @ -3V 25°C

2. 在 SOTA 输出加入一个锁定电压的二极管有助于改善长期的电压保持特性。