BR0101固件开发——模数转换器AD9715

（第七周）

本周主要进行了振铃现象的调试。

# 1 第七次上板调试与振铃现象的分析和讨论

为了查找AD9715输出电压信号中振铃现象产生的原因，我们再次进行了上板调试。王老师事先将第一片AD9715（DAC1）的输出驱动电路进行了改装，将AD9715与运放ADA4899断开，直接通过一个负载电阻输出，与未经改装的DAC2形成对照。

未经改装的DAC2输出驱动电路原理图如下：



图 1 DAC2未经改装的输出驱动电路

改装后，DAC1的输出电路如下：



图 2 改装后DAC1的输出电路原理图

## 现象观察与记录

### 1.1.1 DAC1与DAC2波形的对比

实验中观察到，固件控制两个DAC都输出周期约为1.14us的方波时，示波器实际上观察到的波形如下图所示：

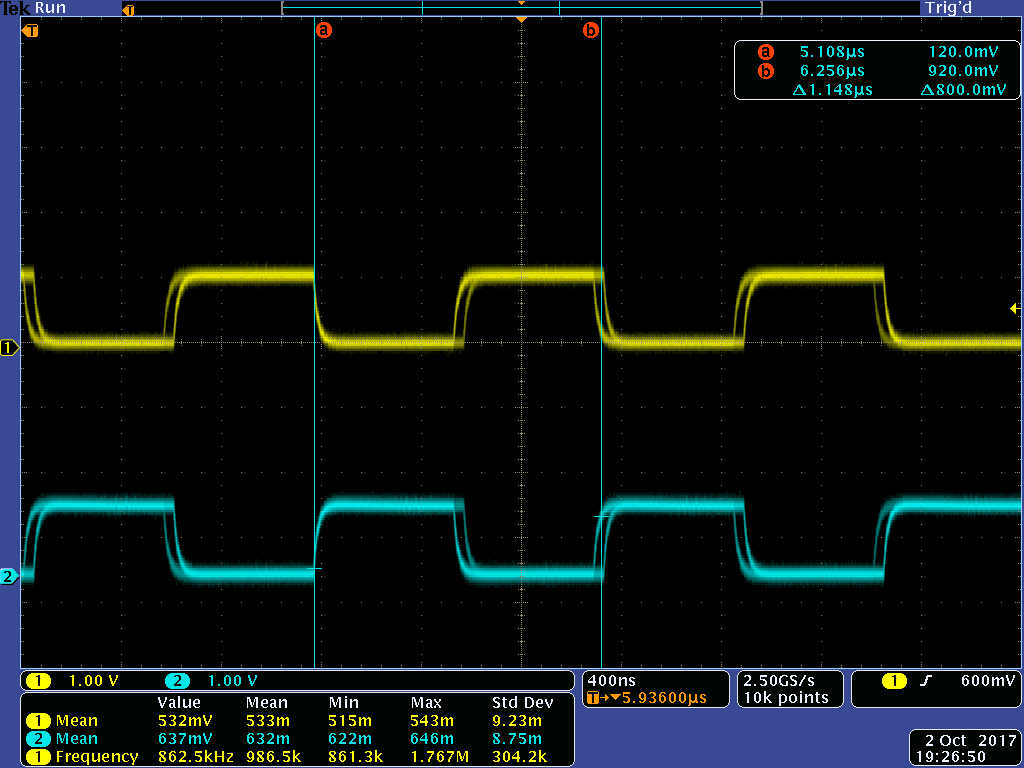


图 3 DAC1（电阻负载）输出电压波形

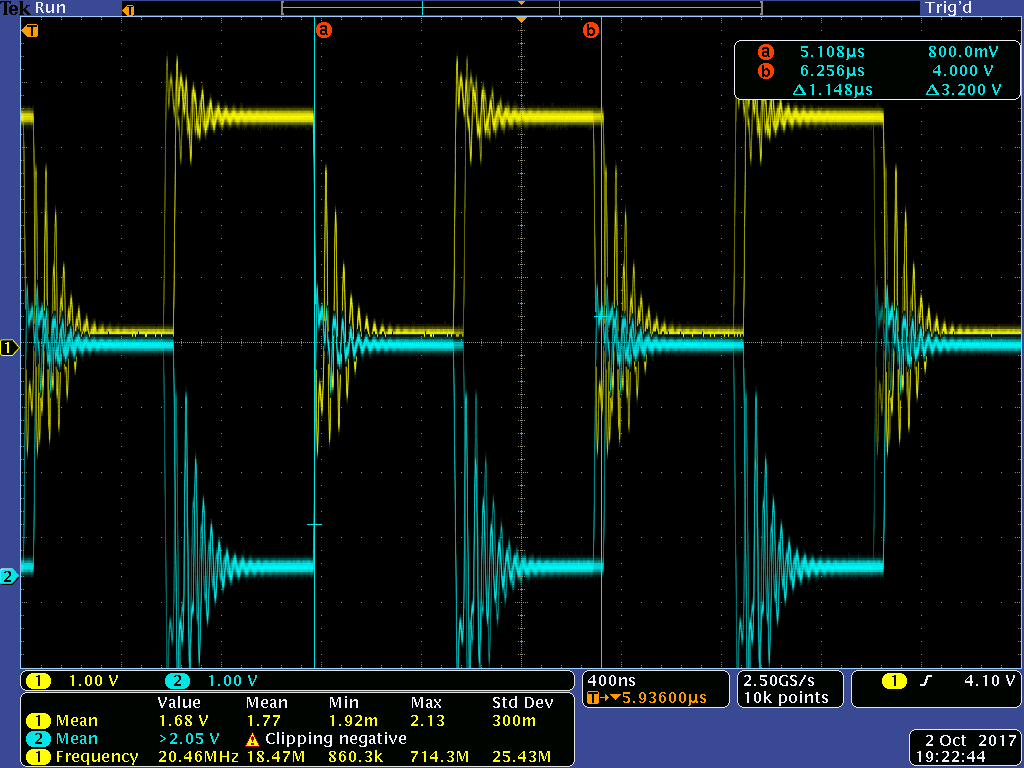


图 4 DAC2（连接运放）输出电压波形

可见，DAC2仍有较为严重的振铃现象，而DAC1的输出波形几乎没有振铃现象（虽然方波有轻微变形）。这说明振铃现象的产生可能和输出驱动电路或运放ADA4899有关。

### 1.1.2 振铃现象的细致观察

我们还对振铃现象进行了细致地观察，得到的波形图如下：

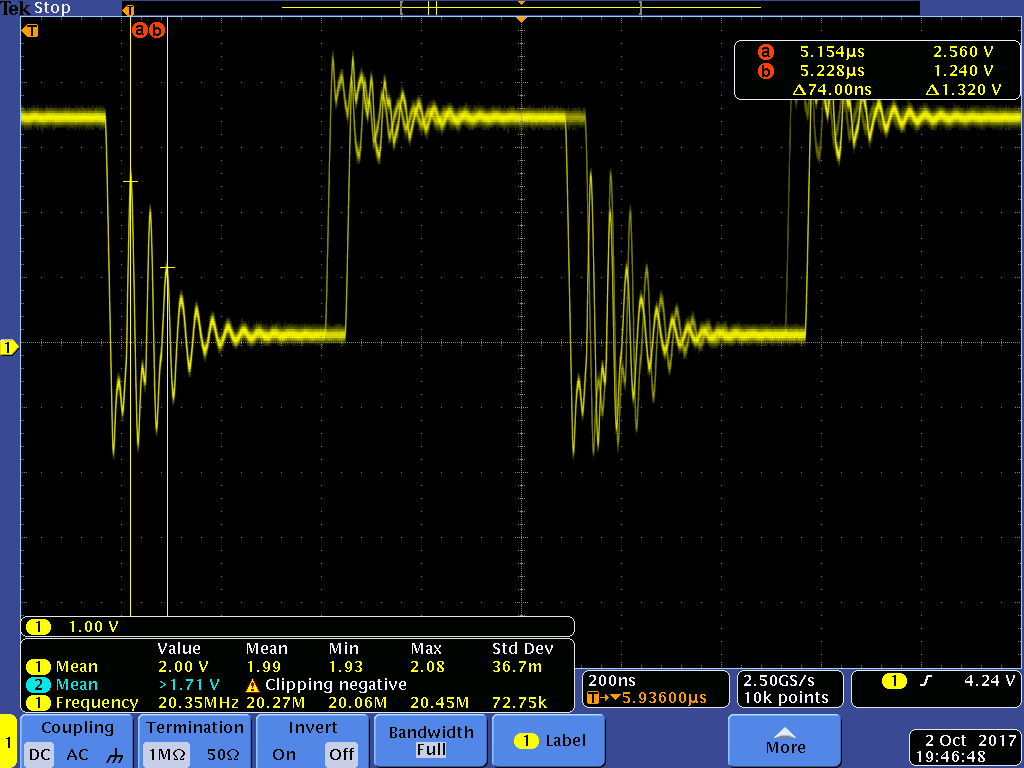


图 5 振铃现象波形图

可以观察到，在波形下降沿，由于振铃现象产生了9到10个较为明显的波峰。这些波峰出现的时间和峰值如下表：



表 1 振铃现象在下降沿产生的波峰

### 1.1.3 VREF电平的测量

我们还分别对DAC1和DAC2的输出参考电平VREF进行了测量，得到的波形图如下所示：

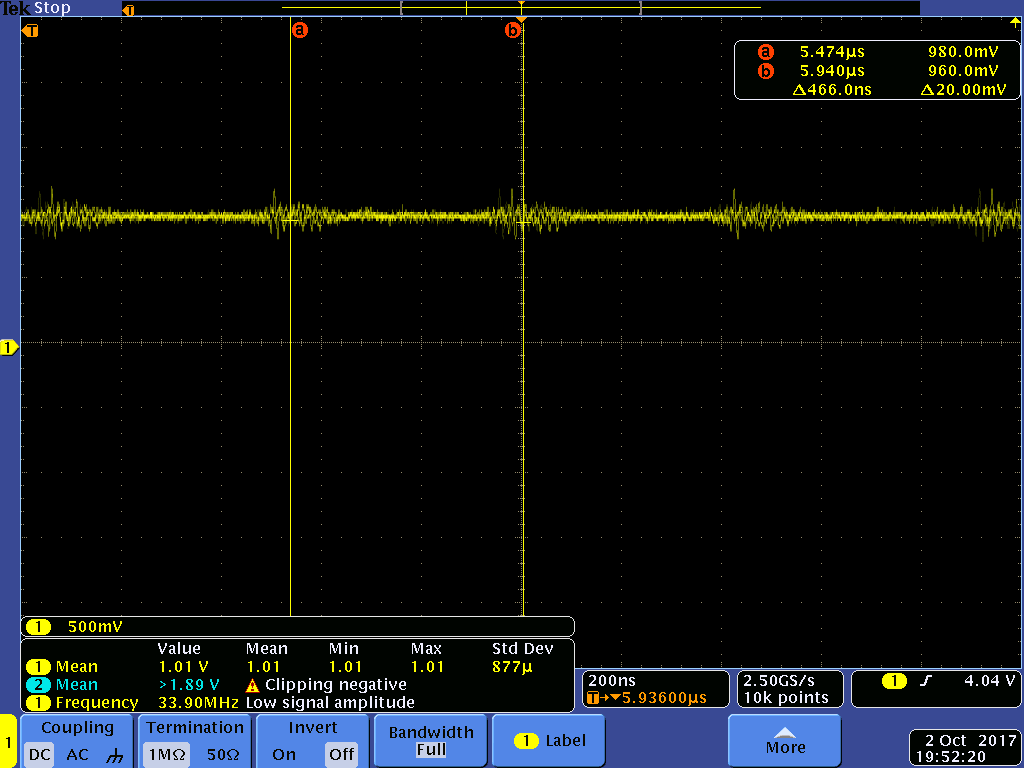


图 6 DAC1的VREF波形图

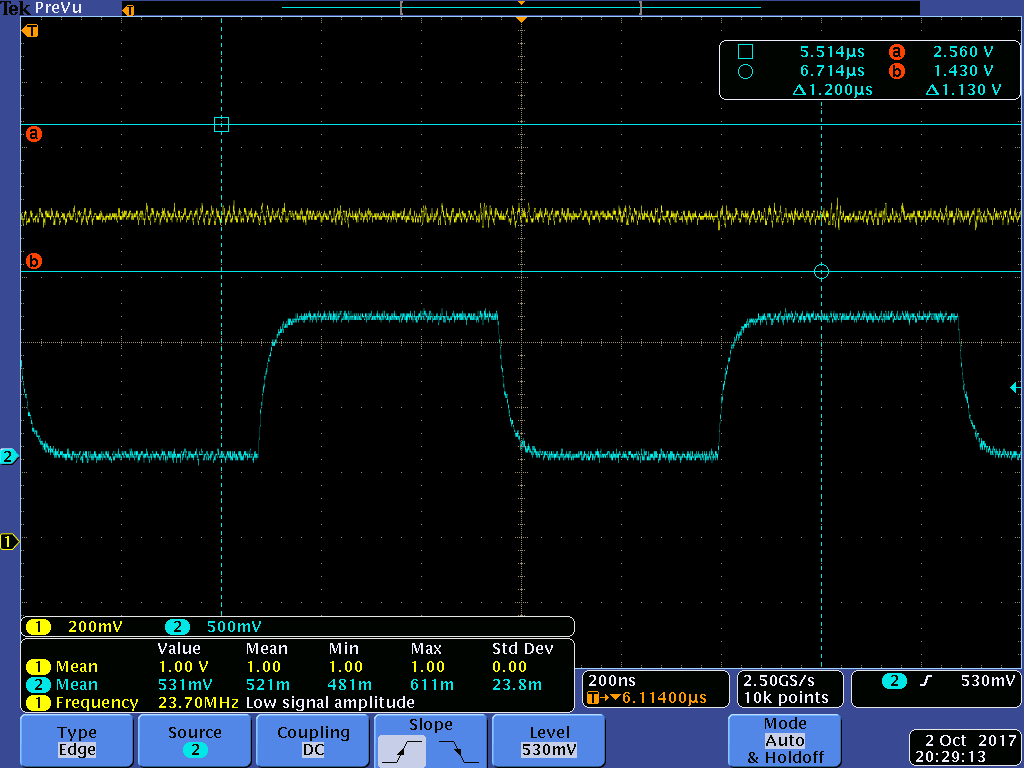


图 7 DAC2的VREF波形图

可见，DAC1的VREF存在明显的噪声，经过测量发现这个噪声的峰峰值可以达到300mV，而且周期和矩形波信号的周期相符；而DAC2的VREF则没有明显的噪声。

## 关于振铃现象产生原因的猜想

基于上述实验现象和其他相关资料，我们对振铃现象产生的原因提出了一些猜想。

#### 猜想一 输出容抗的影响

根据ADA4899数据手册，输出负载容抗会导致信号的瞬时过冲，如下图所示：

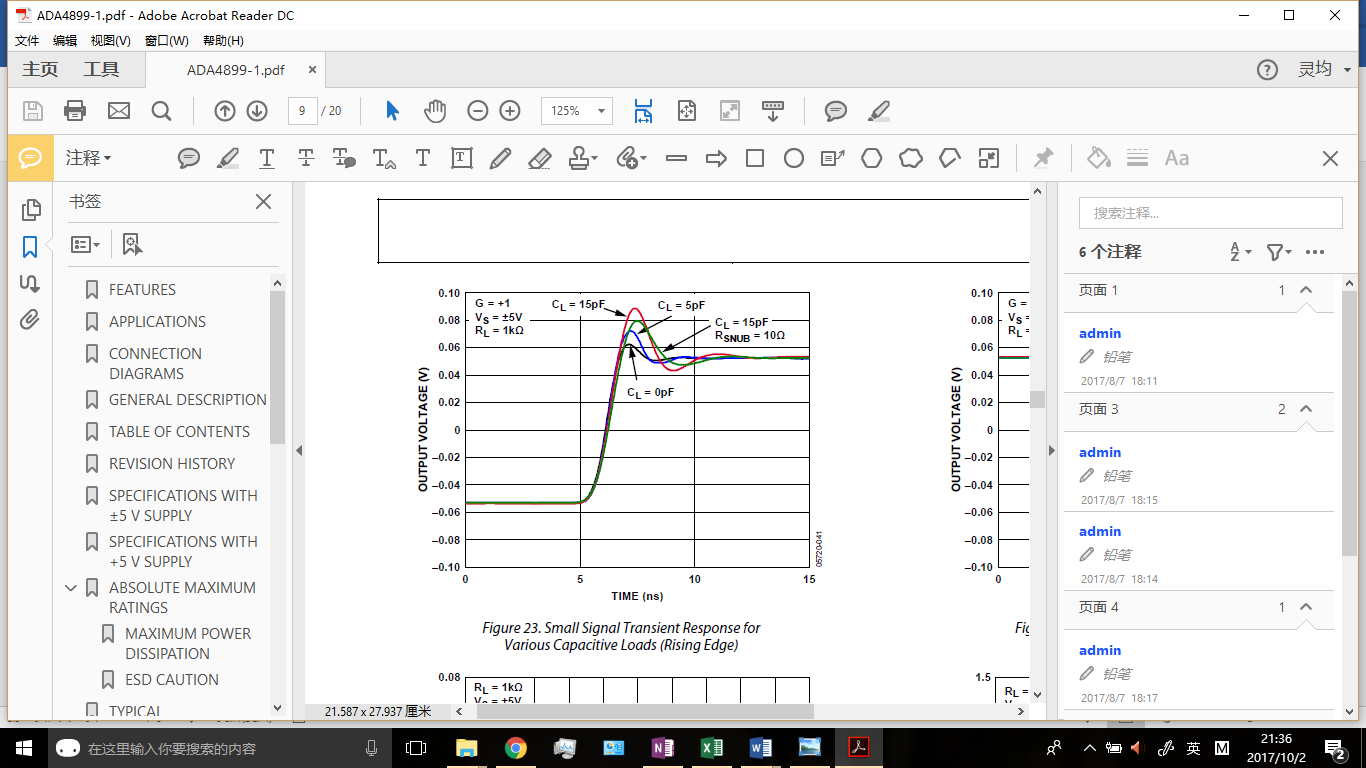


图 8 小信号瞬时响应与容抗负载之间的关系[1]

可见，当负载容抗CL=15pF时，过冲的幅度可以达到信号幅度的80%以上。因此可能是板上的寄生电容或ESD防护器件中的电容作为负载电容造成了过冲，导致了振铃。

#### 猜想二 运放正相端反馈的结果

ADA4899的输出可能通过某种我们没有预料到的方式反馈回了正相端。这种反馈可能是电流串联反馈，反馈电流在10k的电阻上产生一个电压；这个电压叠加在VREF上，产生噪声；VREF是AD9715的参考电压，会对参考电流和输出信号产生重大影响，因此这个噪声就传递到了输入信号中，导致了振铃现象；当然也可能是电压串联反馈，噪声直接叠加在VREF上，导致了振铃现象。

## 猜想的仿真和实际验证

为了验证上述猜想，我们进行了一些仿真和实际验证。

### 输出容抗对瞬时信号影响的仿真

在输出驱动电路的输出端加入15pF的电容作为负载，用Pspice进行仿真，仿真电路如下：



图 9 输出容抗对瞬时信号影响的仿真电路图

得到的波形如下：

Rect Wav Test-Time Dom Test - PSpice A/D - [Time Ch3m Test.dat (active)] 
file Edit View' Simulation Irace Plot Tgols Window Help 
. Ous 
L. Sus 
: . Ous 
: . Sus 
3 . Ous 
3. Sus 
4. Ous 
4. Sus 
5 . Ous 
cädence 
5. Sus 
2017/10/2 
é . Ous 

图 10 输出容抗对瞬时信号影响的仿真波形图

在仿真中没有观察到振铃现象，大信号、小信号、高频、低频的情况下都没有。这可能说明输出容抗对瞬时信号没有影响，也可能是因为仿真工具或模型的精度不够。

### AD9715 REFIO与ADA4899正相端短接的测试

考虑到ADA4899有可能引入电流串联负反馈，我们尝试将AD9715 REFIO与ADA4899正相端短接，看是否能减小这一反馈，消除振铃现象。最后观察到的波形图如下：

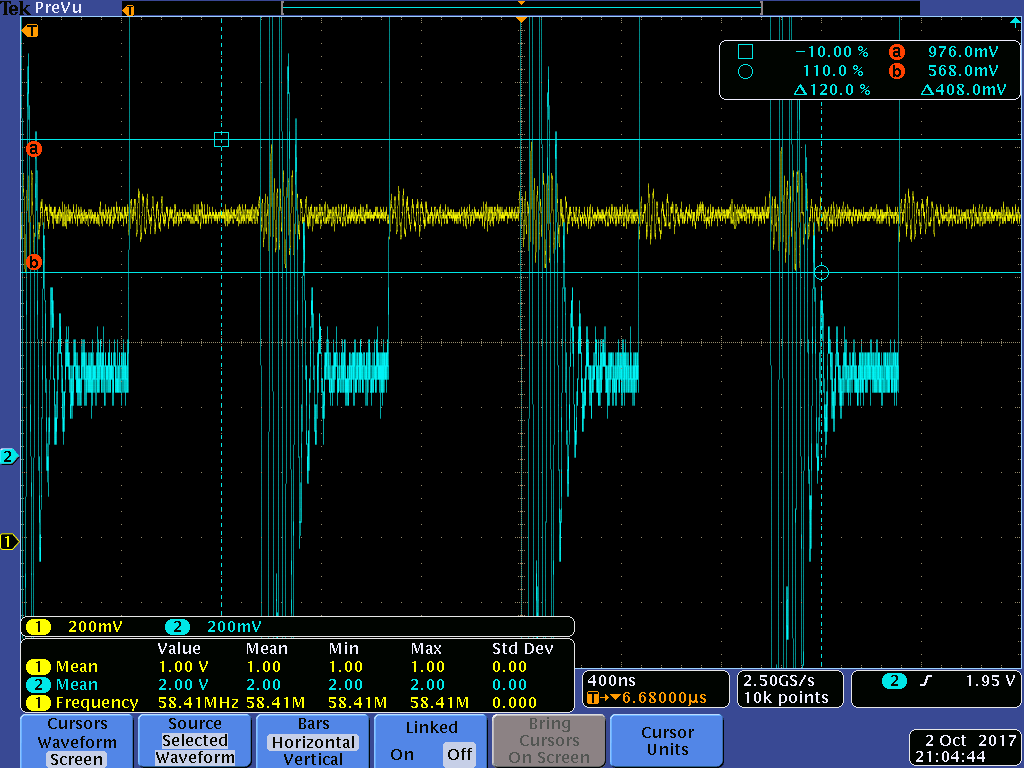


图 11 AD9715 REFIO与ADA4899正相端短接测试波形图

振铃现象似乎加剧了，VREF上的噪声幅度也没有减小，说明ADA4899可能不是电流串联负反馈。

## 振铃现象可能的消除方法

基于上述猜想和测试的结果，我们提出了一些可能的消除振铃现象的方法。

#### 方法一 拆除ESD防护器件

比较麻烦，有待测试。

#### 方法二 将10k电阻短接

没用。

#### 方法三 将ADA4899输入端直接接地

有待测试。

#### 方法四 将DAC2的VREFIO断开，使对应的ADA4899的正相端悬空

有待测试。

# 参考资料

1. ADI, [ADA4899 Datasheet](../references/ADA4899-1.pdf)