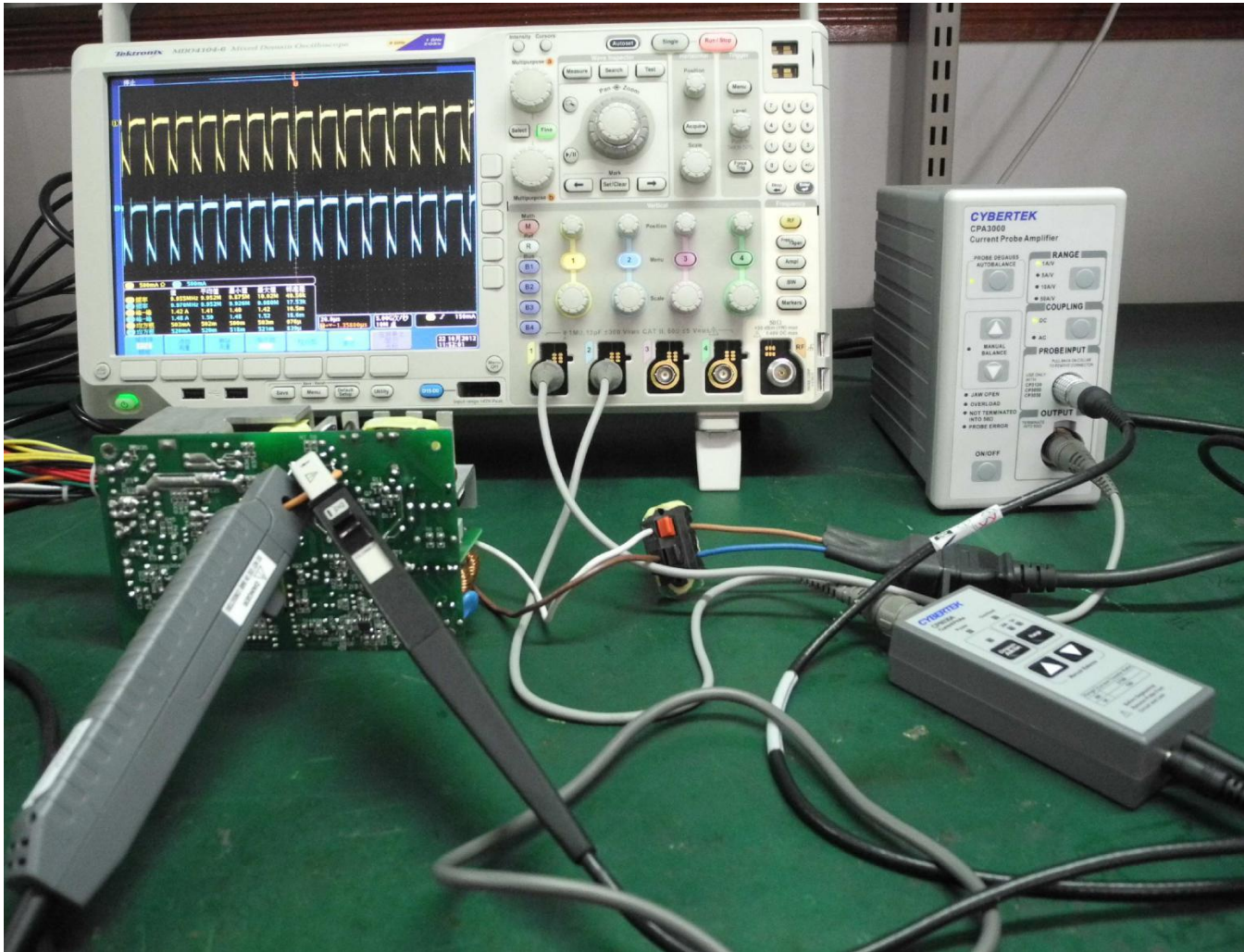


## 电流探头测量实例和使用技巧

电流探头的应用十分广泛，其基本原理是流经导线的电流会在周围产生磁场，电流探头把磁场转化成相应的电压信号，通过和示波器配合，观察对应的电流波形。广泛应用于开关电源、马达驱动器、电子整流计、LED照明、新能源等领域。本文将讲述常见的电流探头的分类、原理、重要技术指标，并通过实例分析了解探头之间的差别，让大家能够对探头有个基本的了解。



### 一、电流探头分成 AC电流探头和 AC/DC电流探头。

目前示波器上的电流探头基本分成两类：即 AC 电流探头和 AC/DC 电流探头，AC 电流探头常见的是无源探头，成本低，但不能处理直流分量；AC/DC 电流探头通常是有源探头，分为低频探头和高频探头，低频探头常见的带宽在几百 KHZ 以下，高频探头带宽一般在几 MHZ 以上。

## 二、电流探头重要指标

### 2.1 精度

精度：是指电流到电压转换的精度。拿 AC/DC 电流嵌为例，一般开环系统的精度比较差一点，典型值在 3% 左右；闭环系统的精度比较高，典型值在 1% 左右。我们的高频电流探头的精度就是 1%。

### 2.2 带宽

带宽：所有探头都有带宽。探头的带宽是指探头响应导致输出幅度下降到70.7%(-3 DB)的频率，如图 5所示。在选择示波器和示波器探头时，要认识到带宽在许多方面影响着测量精度。在幅度测量中，随着正弦波频率接近带宽极限，正弦波的幅度会变得日益衰减。在带宽极限上，正弦波的幅度会作为实际幅度的70.7% 进行测量。因此，为实现最大的幅度测量精度，必需选择带宽比计划测量的最高频率波形高几倍的示波器和探头。这同样适用于测量波形上升时间和下降时间。

波形转换沿(如脉冲和方形波边沿)是由高频成分组成的。带宽极限使这些高频成分发生衰减，导致显示的转换慢于实际转换速度。为精确地测量上升时间和下降时间，使用的测量系统必需使用拥有充足的带宽，可以保持构成波形上升时间和下降时间的高频率成份。最常见的情况下，使用测量系统的上升时间时，系统的上升时间一般应该比要测量的上升时间快4-5 倍。在开关电源领域，一般几十MHZ的带宽就基本够用了。我们的高频电流探头带宽范围为5MHZ-100MHZ。

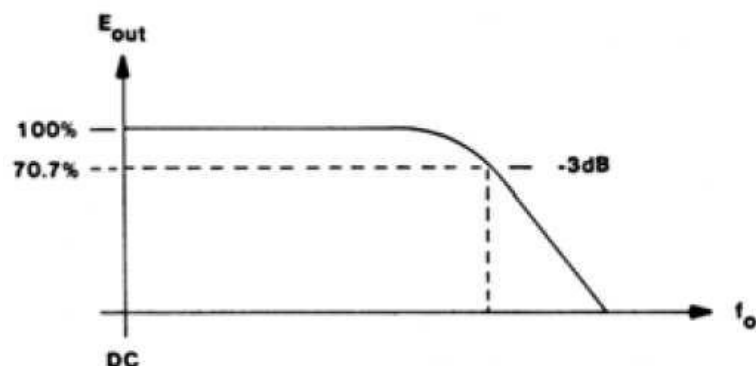


图5 带宽是正弦波的幅度下降70.7% (-3DB) 的响应曲线中的频率

### 2.3 插入损耗

插入损耗：插入阻抗是从电流探头的线圈(二级)转换到被测的携带电流的导线中的阻抗。一般来说，电流探头反射的阻抗值可以位于毫欧范围内，对阻抗为 25欧姆及以上的电路影响不大。

### 2.4、电流额定值 VS频率指标

电流探头指标应包括幅度与频率额定值下降关系曲线，这一曲线把磁芯饱和与提高的频率关联起来。频率增加对磁芯饱和的影响在于，当波形频率或幅度增加时，平均电流为零安培的波形幅度峰值会被削掉。

## 2.5、最大额定输入电流

最大额定输入电流：是指电流探头可以接受、同时仍能实现规定性能的总电流(DC 加峰值 AC)。在 AC 电流测量中，必须根据频率降低峰到峰额定值，以计算最大总输入电流。

## 2.6、额定最大峰值脉冲电流

额定最大峰值脉冲电流：被测电流不应超过这一额定值，它考虑了磁芯饱和及可能损坏设备的次级电压积累。最大额定峰值脉冲电流通常规定为安培秒乘积。

## 三、电流探头测量实例及说明

### 3.1 DC~低频和 DC~高频电流探头实测对比

上面讲了低频嵌和高频嵌的原理区别，现在来对比一下实测效果，低频嵌选择 CP8100L ( 100A/100KHZ )，高频嵌选择 CP8030B ( 30A/50MHZ )。

#### (1) 实测低频信号 ( 50HZ 电源线波形 ) 对比

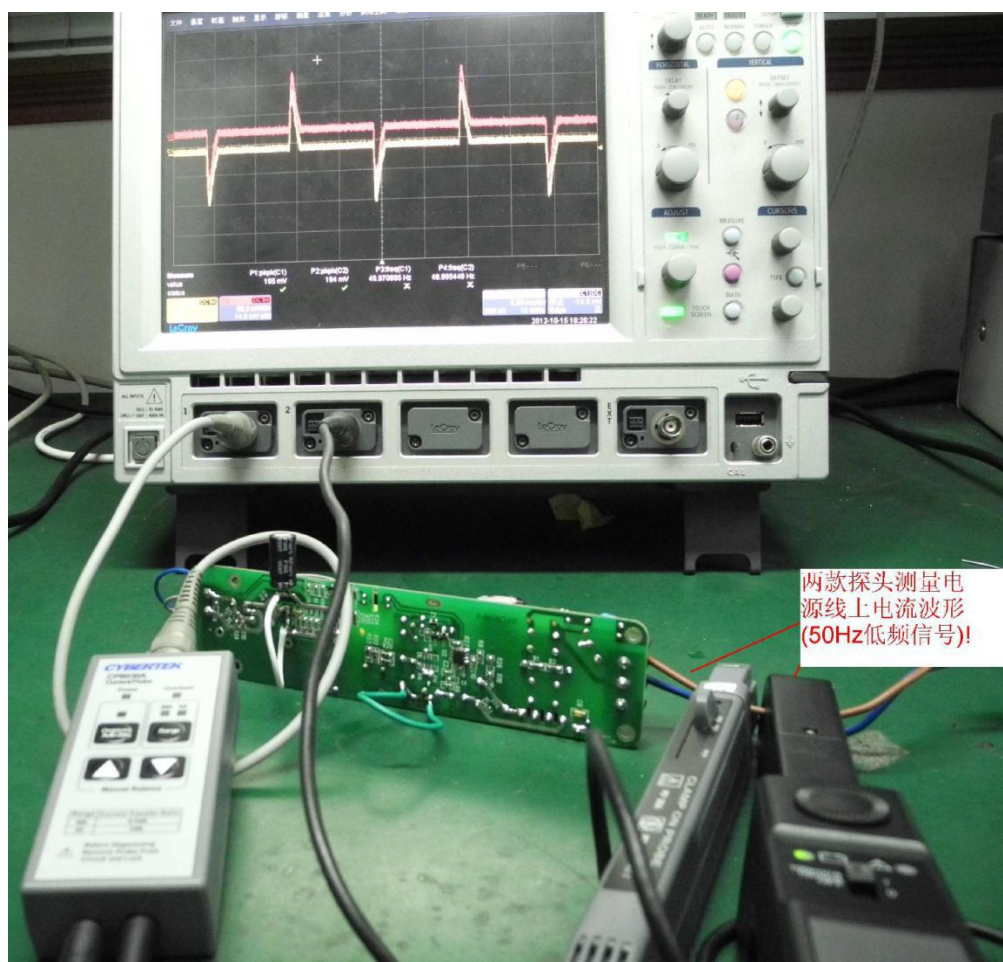


图 6 电流嵌测量电源线上电流波形系统 1 通道为 CP8030B，2 通道为 CP8100L



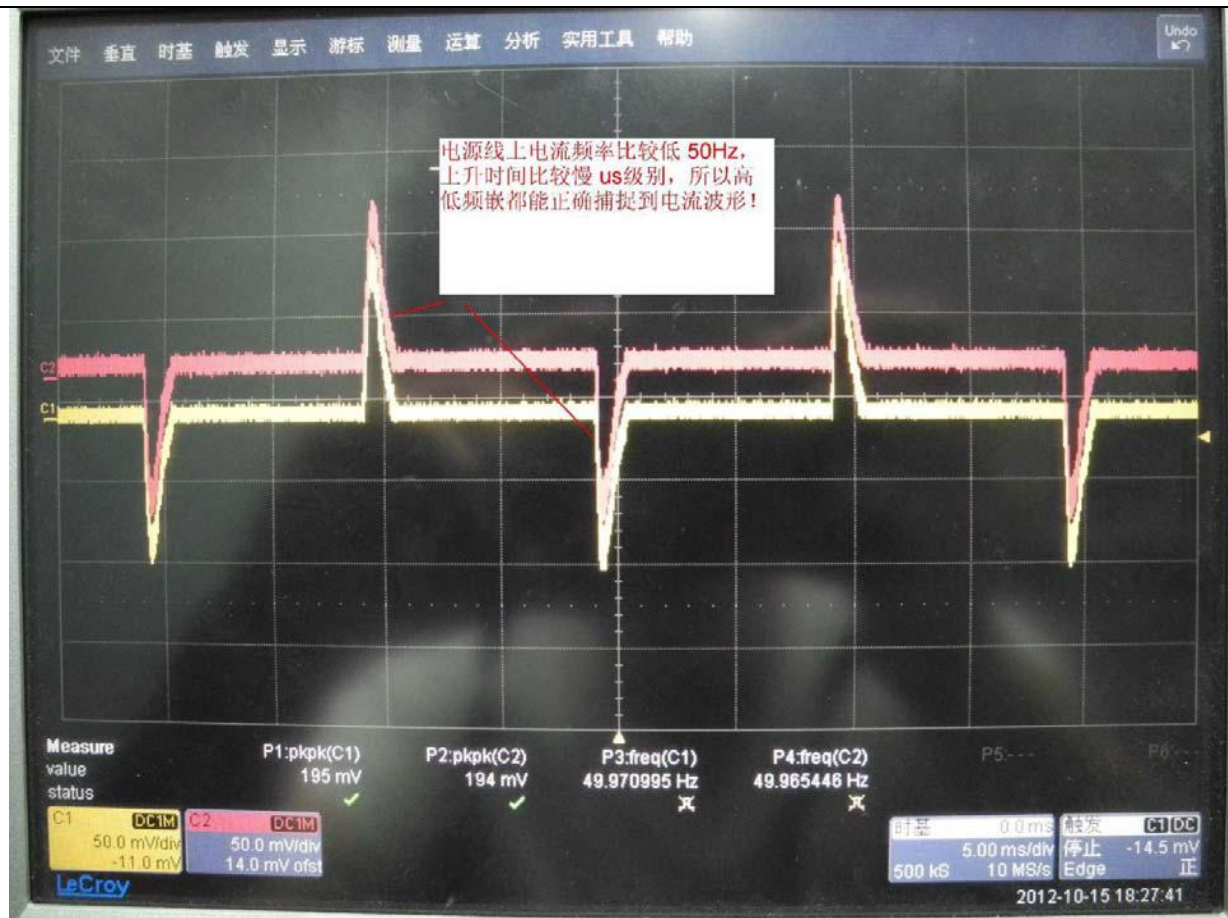


图 7高低频捕捉电源线上的电流波形从以上图片分析，电流大小为 1.95A 左右（因为探头所在量程电流传输比为 0.1V/A，由于实测值为 195MV，经计算为 1.95A），频率为 50HZ，两款探头实测非接近，也就是在测低频信号时，看不出差别，都能够准确的捕捉到电流波形。

## (2) 实测开关电源 MOS 管 DS 极间电流对比

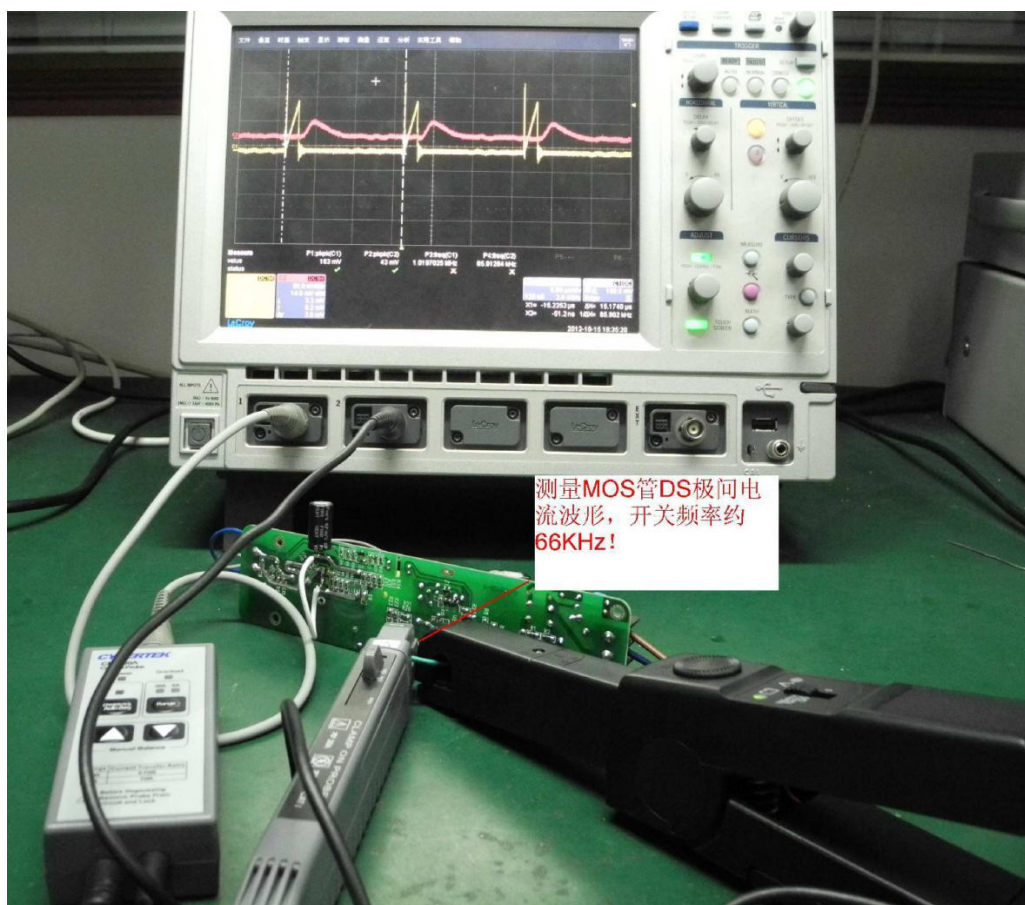


图 8 测量 MOS 管 DS 极间电流波形系统

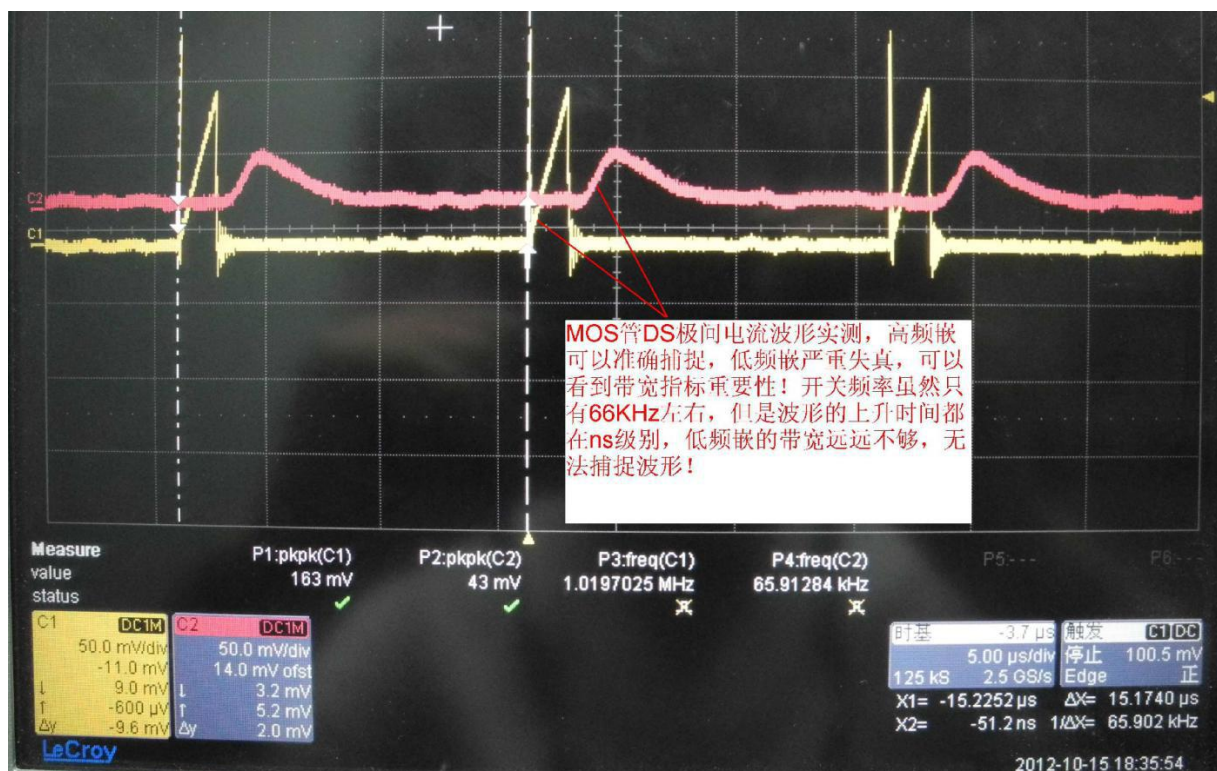


图 9 黄色为高频嵌 (CP8030B) 所测波形, 红色为低频嵌(CP8100L)实测波形



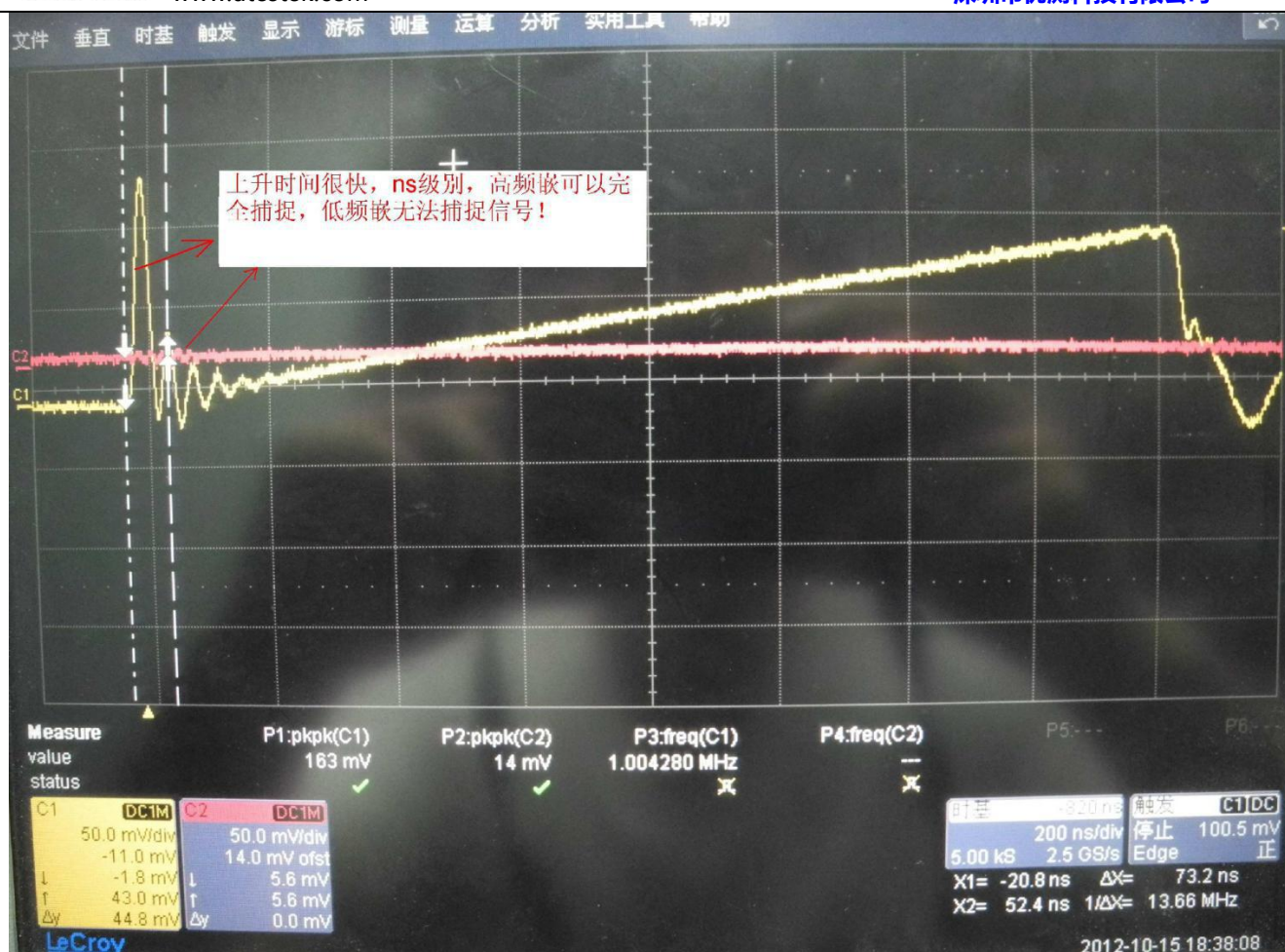


图 10 实测 DS 电流波形细节

通过以上波形分析：

在捕捉 60KHZ 左右的开关电流波形时，从图 10 看到，电流波形的上升时间达到 35NS 左右，普通的低频嵌 CP8100L，带宽 100KHZ，上升时间 3.5US，远远无法满足要求；高频电流嵌 CP8030B，带宽 40MHZ，上升时间 8.75NS，满足实际测量要求。

3.2高频电流探头在开关电源中的应用 ( CP8030B 和 TCP0030 实测对比 )



图 11 1 通道为 TEK TCP0030 电流探头 2 通道为本公司的 CP8030B

实测做对比，示波器为 TEK MDO4104-6 测试系统如上图：

开关电源的开关频率可以达到 100KHZ，当然还有更高的，瞬间的上升速度达到 NS 级别，如果使用低频电流嵌 ( US 级别,如本公司的 CP8100L，泰克的 A622 )，根本无法准确捕捉波形，必须使用高频直流电流探头。下面以本公司 250W 的 ATX 不间断正激电源模块为例，测试系统如图，本公司的 CP8030B ( 40MHZ/30A ) 和泰克的 TCP0030(120MHZ/30A)



图 12 黄线为泰克 TCP312 蓝线为 CP8030B 实测数据对比

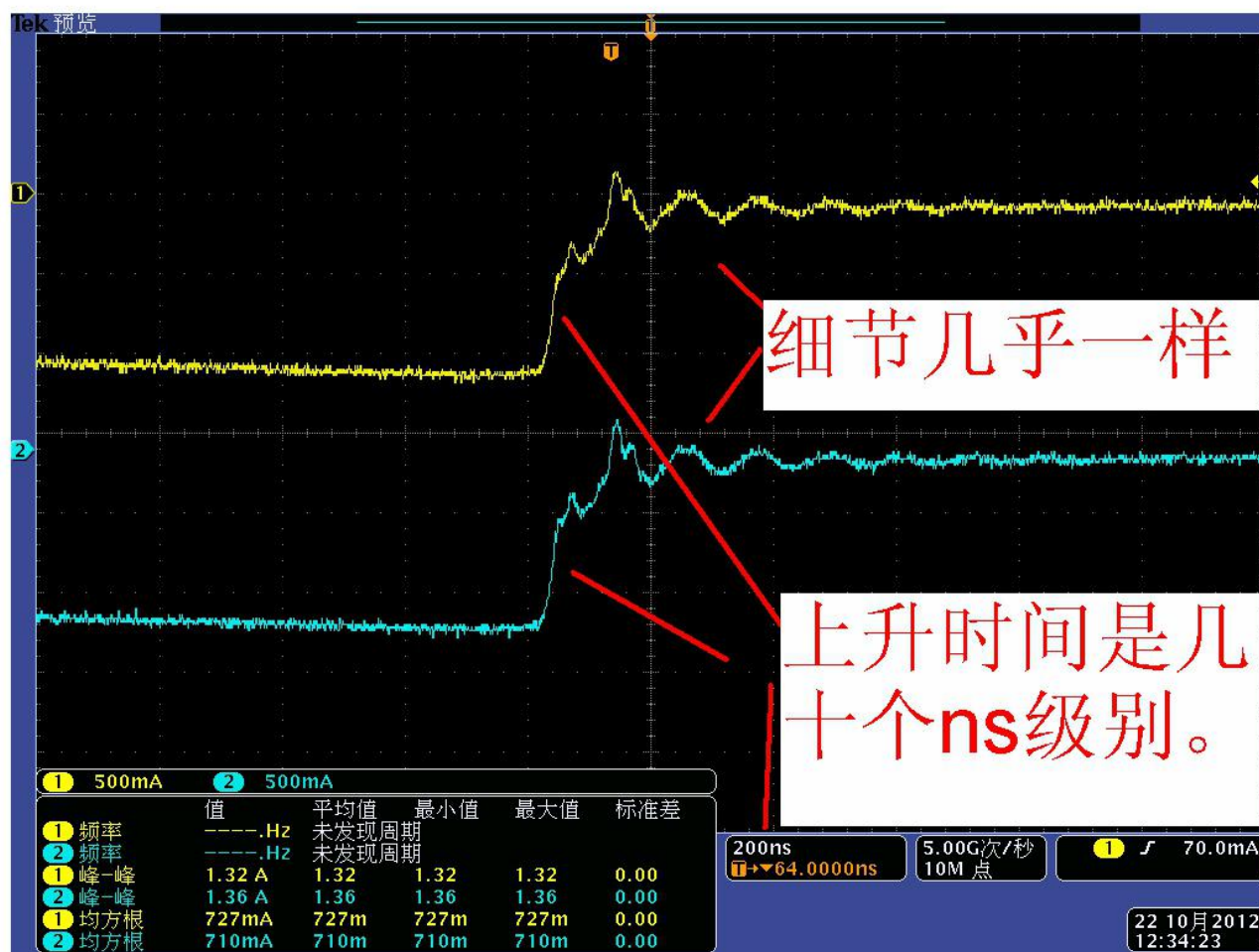


图 13 细节对比 黄色为 TCP0030 蓝色为 CP8030B 实测波形

通过以上分析可知：

高频直流电流探头广泛应用于开关电源领域里，从实测波形分析，虽然驱动频率只有 100KHZ左右，但是瞬间的上升时间通常可以达到几十个 NS级别。普通低频探头带宽显然远远不够。本公司的 CP3000,4000,8000A 系列都属于 DC/AC 高频电流探头系列,通过与泰克的对比实测结果分析，误差非常小，完全满足客户应用要求。本公司的 CPA3000,4000 放大器可以完全兼容泰克对应的探头系列，方便客户的选择。

通过以上实例分析，CP8000A 系列配备标准的 BNC 接口，可接任何厂家示波器，满足高精度，高带宽测量。CP3000,4000 系列可以完全兼容泰克系列探头，更加方便客户选择。