

# 浅谈示波器探头

## Talk about Oscilloscope Probe

段渝坪

(重庆市计量技术研究所, 重庆 400020)

**摘要:**简述示波器探头的型式, 选择准则, 主要指标, 测量考虑和经验, 选择探头时需考虑的因素。

**关键词:**探头; 型式; 指标; 法则; 因素

### 1 探头类型

#### 1.1 通用无源探头

衰减无源电压探头是最常用的探头。它提供了一种方便的、并且非常坚固耐用且价格并不昂贵并从被测装置获取信号的方法。

#### 1.2 有源探头

有源的输入阻抗高, 但带宽达不到 1GHz。探头的带宽是固定的, 而有源探头的带宽可以扩展覆盖, 这是有源探头的优势。有源探头的不利条件是成本高、尺寸大, 输入电压和功率有一定的限制, 在其前端处有放大电路。现在有的新型示波器, 装设有独立的前端放大器。随着探头衰减比较不同, 输入电压有所变化。典型的是在 1:1 和 10:1 上输入电压为 10V 或更低。尽管如此, 最大的无破坏输入电压可达 150V ~ 200V。

#### 1.3 高压无源探头

从 Tektronix 可以得到几种高压探头, 提供 100X 或 1000X 有补偿的分压器。因为高压应用要求较大的衰减倍数, 在输入电容方面降低约 3pF 是可以达到的。

#### 1.4 电流探头

电流探头提供测量通过电路电流的方法。有两种型式的电流探头: 传统的只测 AC 电流的探头和“霍尔效应”型探头。只能测 AC 的电流探头使用互感器把电流磁场变换为 AC 信号并且频率响应从几百 Hz 至 GHz。霍尔效应电流探头用半导体提供从 DC 至 50MHz 的频率响应。由于它的“不接触(non-invasive)”性质, 电流探头比其它探头有较小的负载作用

#### 1.5 50Ω 分压器探头( $Z_0$ )

50Ω 分压器探头提供最低的输入电容(对高频信号一般  $< 1\text{pF}$ ), 并与高频 50Ω 输入的示波器一起用。50Ω 分压器探头提供始终如一的探头负载作用, 因为它们表现出的频响在整个设计频率范围内实质上是平坦的。

#### 1.6 差分探头

常规 10X 探头一般精度为  $\pm 1\%$  并给出 2% 的差分测量精度。用这个 10X 探头, 示波器和探头匹配的共模抑制比不会优于 50:1。Tektronix 示波器插件可以提供高

共模抑制比(10000:1, 1A33)。一个匹配的差分探头对(P6135A)允许用户调节探头的衰减以便与各种 Tektronix 插件兼容。这个衰减调节包括探头补偿以使探头在高频和低频一致。

### 2 探头的选择及使用

正确的探头选择会扩展和增强仪器的性能, 而错误的探头选择往往会降低你的系统性能。对探头特性的深思熟虑会帮助保证你的仪器性能满足你的应用要求。虽然对合适的探头主要考虑是它的负载影响和信号逼真度的传送。但物理参数例如: 探头尺寸大小、电缆长度和与被测装置互相连接的适配器对你测量的成功可能更重要。

在高频段正确使用探头也是很重要的。许多信号源都有一个接地参考点(0V), 用无源的或有源的单端探头都能很好地工作。如果信号源的参考点不是 0V, 就应使用差分测量法, 否则会发生短路现象, 损坏仪器。

不要把示波器与地隔离而浮置起来。用单端探头做差分测量是很危险的。通常示波器的输入端与地之间接有 10pF 或 15pF 电容, 也有少数大型示波器在输入端与地之间接有 100pF 的电容, 若用它做差分测量, 由于存在不平衡的容性负载, 使信号扭曲。

量无零点参考信号时, 用差分探头能解决这些问题, 用两个探头分别接在示波器的两个通道上, 设置示波器显示出两者相减的结果, 此两探头应选用匹配好的一对, 所谓匹配好实际上是指两探头的电缆要一样长, 即对信号的延迟要一样, 其输入电容、电阻和衰减也一样。用微调电容可以减小两者的差别。

多信号源都有一个接地参考点(0V), 用无源的或有源的单端探头都能很好地工作。如果信号源的参考点不是 0V, 就应使用差分测量法, 否则会发生短路现象, 损坏仪器。

### 3 探头的主要指标

- (1) 带宽/上升时间;
- (2) 探头的负载作用;
- (3) 畸变(Aberration);
- (4) 补偿范围;

- (5)衰减比;
- (6)最大电压;
- (7)电压额定值随频率的降低;
- (8)探头长度;
- (9)探头顶端附件;
- (10)探头编码;
- (11)最大电流(连续);
- (12)最大电流(脉冲);
- (13)安培秒乘积;
- (14)最大 DC 电流。

#### 4 探头测量考虑和经验

选择正确探头的主要考虑是示波器/探头组合对电路的负载作用。有最高输入阻抗(最低输入电容和最高输入电阻)的探头可以提供最小的电路负载。当电路频率增高和(或)上升时间减小时,容性加载变得最重要:在 DC 和低频下阻性加载是最重要的。

在测量高速上升时间脉冲时,电压探头的电容性负载是最重要的考虑。对探头输入电容从 10% ~ 90% 电平充电所要求的时间是:  $T_r = 2.2 \times R_{源} \times C_{探头}$  探头本身的上升时间是由终接 50Ω 的源驱动的探头上升时间,从这个公式对于不是终接于 50Ω 的无源探头可以计算出探头/示波器系统的上升时间。

$$T_{r2} 系统 = T_{r2} 探头 + T_{r2} 源$$

(上接第 25 页)细节可参看 IM180 用户使用说明书,以及 SIMATIC NET PC - Software 操作向导。至此,主/从通信网络建立完毕。用户可根据实际测试需要,制定测试用例,并在所建测试网络中进行测试。

#### 4 结论

在一个从站设计完以后,对其各项性能的测试是必不可少的。本文以 SIEMENS 的开发包 4 为例详细说明了一个简单的主/从站网络建设过程,特别是容易出现问题的地方给予了大量叙述。文中所述建网方式已经大量实验验证,可供从站测试者组网时参考。

参考文献

可以计算出探头/示波器系统的带宽(下降 3dB)

$$BW = 0.35 / T_r \text{ 上升}$$

这些公式全部与探头/示波器系统的输入电容有关。由于输入电容扮演如此重要的角色,在选择探头时要仔细考虑探头的输入电容值。

探头衰减比也是重要的考虑。示波器必须有足够的增益,允许在使用有较大衰减比的探头时可以观察经过衰减的信号。在衰减探头与示波器一起使用时,示波器的输入电阻和输入电容用  $R_2 C_2$  表示,而探头的电阻和电容用  $R_1 C_1$  表示。

$$R_2 C_2 = R_1 C_1 = \text{Optimum Signal Transfer}$$

在探头最初接到示波器上时,用低频方波(通常为 1 ~ 10)kHz 进行补偿来达到时间常数相等:不适当的补偿将引起过冲、滚降或不正确的信号幅度。

#### 5 选择探头时应考虑的因素

- (1)探头与示波器输入电阻和输入电容匹配;
- (2)与示波器带宽和上升时间匹配;
- (3)探头的加载作用;
- (4)时间延迟作用;
- (5)接地影响。

作者简介:段渝坪,男,工程师。工作单位:重庆市计量技术研究所。通讯地址:400020 重庆市江北区建北三村 17 号。

收稿时间:2005 - 10 - 14

[1]Manfred Popp. PROFIBUS - DP 快速入门. 中国机电一体化技术应用协会现场总线专业委员会[M]. 1996.

[2]SIMATIC NET LSPM2 Siemens PROFIBUS Multiplexer User Description [M]. Siemens, 1996.

[3]SIMATIC NET IM184 PROFIBUS Interface Module User Description [M]. Siemens, 1995.

[4]SIMATIC NET IM180 PROFIBUS Interface Module User Description [M]. Siemens, 1997.

[5]SIMATIC NET PC - Software Operating Instructions [M]. Siemens, 1997.

作者简介:郭彦青,男,硕士研究生。工作单位:中北大学自动控制系。通讯地址:030051 山西省太原市中北大学 533 # 信箱。

姚竹亭,中北大学(太原 030051)。

收稿时间:2005 - 07 - 26

## 小知识

### 计量认证过程具体分为几个阶段?

- (1)申请阶段,质检机构提出申请并提交有关材料;
- (2)初查阶段(必要时进行),按规范要求帮助质检机构建立健全质量体系,并使之正常运行;
- (3)预审阶段(必要时进行),按规范要求进行模拟评审,查找不符合项并要求整改;
- (4)正式评审,主管部门组成评审组对申请认证的机构进行评审;
- (5)上报、审核、发证阶段,对考核合格的产品质检机构由有关人民政府计量行政主管部门审查、批准、颁发计量认证合格证,并

同意其使用统一的计量认证标志。不合格的发给考核评审结果通知书;

(6)复查阶段,质检机构每五年要进行到期复查,各机构应提前半年向原发证部门提出申请,申请时须上报的材料项目与第一次申请认证时相同;

(7)监督检查阶段,计量行政主管部门对已取得计量认证合格证书的单位,在五年有效期内可安排监督检查,以促进质检机构的建设和质量体系的有效运行。