

电子计价秤扁平连接线串扰问题分析

江苏省计量科学研究院 赵波, 李博

【摘要】 针对电子计价秤产品电磁兼容性检验过程中发现的由于外接显示装置带来的串扰问题,本文分析了由于扁平带状线共阻抗耦合带来的串扰问题,进行了实例应用,并提出增加附加返回线路降低串扰的解决方法。

【关键词】 电子计价秤;电磁兼容;串扰

一、问题的提出

在进行电子计价秤产品电磁兼容性监督检验的工作中,我们发现与外接(LED或LCD)显示装置的电子计价秤相比内置显示装置的同类产品具有较差的电磁兼容性能,表现在抗干扰性(EMS)较弱、电磁干扰(EMI)较强等。在验证两类产品具有类似的电源结构、电路板设计及结构设计后,可以明确,这类电磁干扰问题是由于显示装置连接方式的不同所造成。

传统的电子计价秤将显示装置设置于键盘区的附近。为方便购销双方明确称重及计费情况,现在很多的电子计价秤有了外置读数的功能,即将显示设备抬高于秤体或用线缆连接至便于读数的地方,如图1所示。



图1 外接显示装置示意图

通常连接线缆采用扁平带状线，在使用连接线缆且初期缺乏设计的时候，电子计价秤外联显示装置会带来串扰问题。

二、串扰分析

串扰是由扁平带状线的共阻抗耦合引起的。考虑图 2 中的 2 个简单电路。每个电路都有自己的电压源、信号线和负载，它们有共同的信号返回电流电缆。如果该电缆的阻抗是 0，那么每个电路负载电阻上的电压只和电源电压有关。可是，共享的电缆上有微小阻抗，这就就会造成在回路 2 中的负载电阻 R_{L2} 上会有由于回路 1 中信号带来的电压，反之亦然。

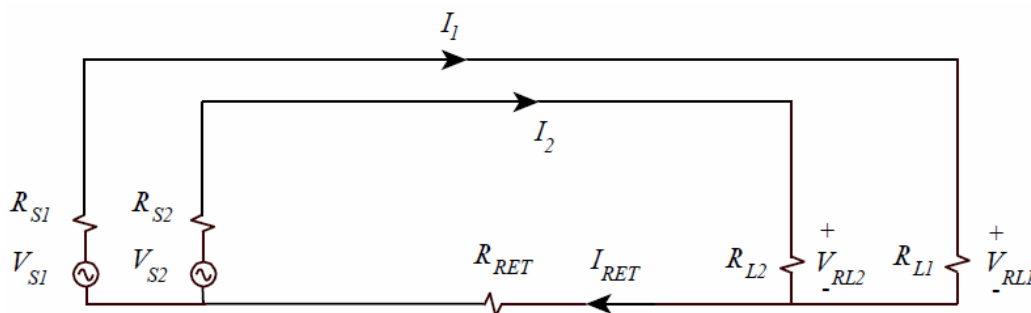


图 2 公共信号回路的 2 个电路

该现象称为串扰，一般定义为，以 dB 表示的串扰 = $20 \log_{10}$ (接收电路 2 中的耦合电压/电路 1 中的信号电压)，在图 2 中即

$$Xtalk_{21} = 20 \log_{10} \left| \frac{V_{RL2}}{V_{RL1}} \right|_{V_{S2}=0}$$

为了计算电路 1 中信号造成电路 2 中的串扰，我们设 $V_{S2} = 0$ ，并算出比率 V_{RL2} / V_{RL1} 。在回路 2 中应用基尔霍夫电压定理 (KVL)，得出

$$V_{S2} + I_2 R_{S2} + I_2 R_{L2} + (I_1 + I_2) R_{RET} = 0$$

设 $V_{S2} = 0$ ，可根据 I_1 得到 I_2 ，

$$I_2 = \frac{R_{RET}}{R_{S2} + R_{L2} + R_{RET}} I_1$$

其中的 $I_1 = V_{RL1} / R_{L1}$ 及 $I_2 = V_{RL2} / R_{L2}$ ，上式可根据通过负载电阻的电压来表示

$$\frac{V_{RL2}}{R_{L2}} = \frac{-R_{RET}}{R_{S2} + R_{L2} + R_{RET}} \frac{V_{RL1}}{R_{L1}}$$

串扰即可表示为

$$20 \log_{10} \left| \frac{V_{RL2}}{V_{RL1}} \right| = 20 \log_{10} \left| \frac{R_{RET}}{R_{S2} + R_{L2} + R_{RET}} \frac{R_{L2}}{R_{L1}} \right|$$

图 2 电路中如果 $R_{S1} = R_{L1} = R_{S2} = R_{L2} = 50\Omega$ ，信号返回线电阻为 $100m\Omega$ ，那么串扰为

$$X_{talk_{21}} = 20 \log_{10} \left| \frac{0.1}{50 + 50 + 0.1} \frac{50}{50} \right| = -60dB$$

换言之，回路 1 中的 5V 信号电压将造成回路 2 中 5mV 的噪声电压。

一般在公共阻抗耦合情况下，公共返回路径阻抗比任一回路的负载阻抗小得多。否则返回路径将极大地衰减信号。上述公式可简化为

$$X_{talk_{21}} \approx 20 \log_{10} \left| \frac{R_{RET}}{R_{S2} + R_{L2}} \frac{R_{L2}}{R_{L1}} \right|$$

该公式提供很好的串扰估值，在可能的多信号返回路径的复杂结构中应用极为简单。

三、应用举例与应用

以实际应用中的例子来说明，图 3 所示电子计价器所用的 20cm 长，9 线带状电缆承载 8 位数据总线（8 条数据线，1 条回流线）。在 2.0MHz 时，电缆中的每条线单位长度电阻是 $1.1\Omega/m$ 。如果每条数据线都由 10Ω 的信号源驱动，并端接 50Ω 电阻至公共返回线，我们可得出每 2 条线之间由于 2.0MHz 公共阻抗引起的串扰大小。

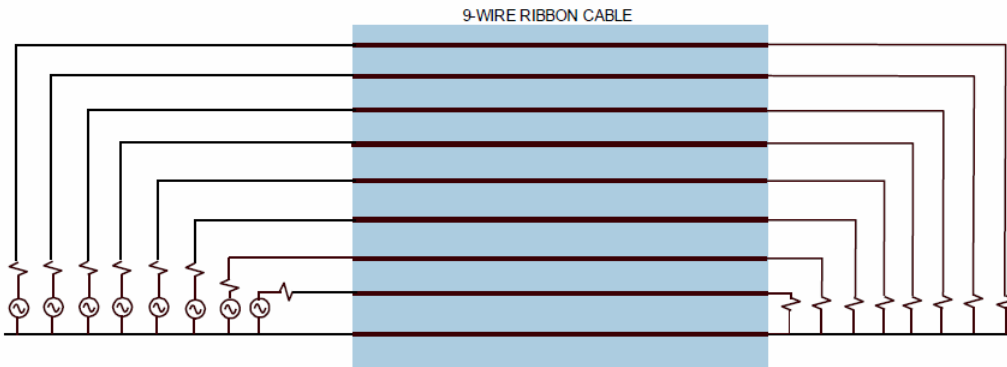


图 3 9 线带状电缆上的 8 位数据总线

由于各条线类似，我们可以开始设置任一条线的信号源打开，其余的关闭，源回路中的电流是

$$I_1 = \frac{V_{RL1}}{R_{L1}}$$

流经负载电阻 R_{L1} 之后，电流通过带状电缆电阻或通过其余 7 条负载和源电阻流回到信号源中。

返回线电阻是 $R_{wire} = 0.2 \times 1.1 = 0.22(\Omega)$

其余 7 条负载和源电阻并联电阻值是

$$R_{2-7} = \frac{R_S + R_L + R_{wire}}{7} = \frac{10 + 50 + 0.22}{7} = 8.6(\Omega)$$

因此几乎所有 (98%) 的源电流通过带状电缆的返回线上流回。在返回线上的电压降是

$$V_{RET} = I_1 R_{wire}$$

由于电压分配, 在其它数据线上的串扰电压是

$$V_{RL2-7} \approx \frac{50}{10 + 50} V_{RET} = \frac{50}{10 + 50} I_1 R_{wire} = 0.18 I_1$$

因此串扰可表示为

$$Xtalk = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{RL2-7}}{V_{R1}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{0.18 I_1}{50 I_1} \right) = -49dB$$

如果带状电缆由 10 线取代 9 线, 多出的一条线作为附加的信号返回线, 那么公共返回路径的电阻减半。这会导致串扰除以系数 2 (即减小 6dB)。该情况下, 总的串扰为 $-49-6=-55dB$ 。提供更多的附加返回线路将会更多降低串扰。注意在计算中从未出现信号频率。除了共享返回线阻抗与频率相关外, 公共阻抗耦合是与频率无关的。在低频 (kHz 级或更低) 时, 线阻抗与频率无关, 串扰亦然。在高频 (MHz 或更高) 时, 线阻抗由于集肤效应与频率的平方根成正比。此时, 串扰也与频率的平方根成正比。

四、结论

在日常检测电子计价秤电磁兼容性能的时候, 发现由于电子计价器的外置显示装置造成了诸多电磁兼容性问题。显示装置用非屏蔽电缆连接, 不连接时不超标, 一旦连接, 即造成晶谐振频率上的超标。在电缆线上套上磁环, 或用锡纸屏蔽且接地, 均没有明显效果。这种干扰是由于线缆间串扰造成的, 由于外接线缆采用扁平带状线, 本文分析了扁平带状线由于共阻抗耦合带来的串扰问题, 进行了实例应用, 并提出增加附加返回线路降低串扰的解决方法。

参考文献

1. [美] Clayton R. Paul 著, 闻映红译, 电磁兼容导论 (第 2 版), 人民邮电出版社, 2007 年 9 月。

作者简介

赵波, 1979.12 出生, 男, 汉, 江苏省张家港市人, 工程师, 博士研究生, 从事计量产品型式评价和电磁兼容检测与研究工。