

# 某控制器空气放电单片机IO口损坏整改实例

刘红涛

郑州众智科技股份有限公司 河南 郑州 450000

**摘要:** 针对某控制器的拨码开关进行空气放电导致的单片机IO口损坏问题,通过增加防护器件改变静电干扰电流的泄放路径,使静电干扰电流远离单片机IO口从而使其满足静电放电抗扰度A级的要求,本文提出了一种空气放电问题的整改措施,并对静电防护器件放置的位置进行了描述,同时对整个整改措施进行了详细的理论分析。

**关键词:** 控制器、空气放电、整改措施

## 1 引言

此控制器主要用在储能电池组的数据信息采集工作,通过RS485总线把电池组的电压、电流、温度等数据实时传送到控制中心,RS485接口的地址通过拨码开关进行设置,在对拨码开关进行空气放电试验后,会出现无法设置RS485地址的现象,本文主要通过此案例的分析详细介绍一种静电防护的解决方案。

## 2 空气放电试验现象

根据企业标准的要求对图1所示的拨码开关处进行 $\pm 18\text{KV}$ 的空气放电,进行正负各1次空气放电试验后立即对RS485地址设置功能进行检验,发现此时RS485地址设置功能失效了,从原理分析初步判断单片机进行地址设置的IO口出问题的概率很大,随即找1台功能完好的样机与出问题的样机进行单片机的交叉验证试验,经过交叉验证试验证明不能设置RS485地址确实是单片机的IO口损坏导致。



图1 拨码开关

**作者简介:** 刘红涛,单位名称:郑州众智科技股份有限公司,电话:18638138467,邮编:450000,邮箱:liuhongtao16888@163.com,收件地址:河南省郑州市高新区金梭路28号郑州众智科技股份有限公司,收件人:刘红涛,电话:18638138467。

## 3 问题分析

图2为拨码开关与单片机的接线原理图,从图中可以看出拨码开关与单片机IO口之间没有任何防护器件,初步判断对拨码开关进行 $\pm 18\text{KV}$ 的空气放电时,放电电流直接通过连接线进入单片机的IO口,从而损坏单片机的IO口,为了确定以上判断的准确性特进行以下试验,把拨码开关与单片机相连接的DSW1、DSW2、DSW3、DSW4印制线断开,再对拨码开关进行 $\pm 18\text{KV}$ 的空气放电各10次,试验完成后把断开的印制线焊接上再进行RS485地址设置功能的检查,结果RS485地址设置功能完全正常,通过此试验验证了以上判断的正确性。

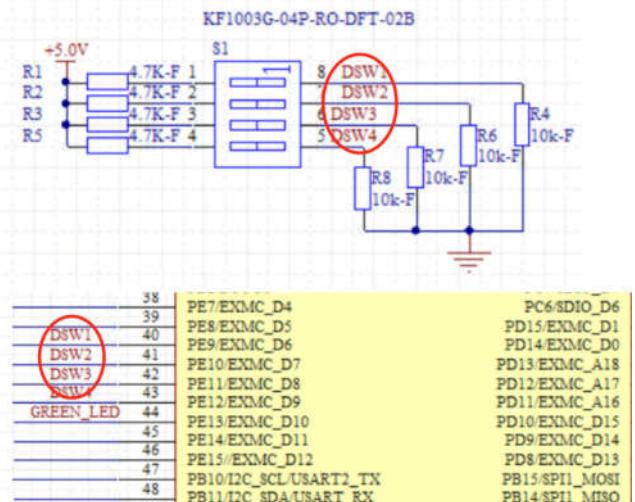


图2 接线原理图

## 4 整改措施

4.1 首先通过阻值为 $2\text{k}\Omega$ 、功率为 $1/4\text{W}$ 的电阻对流过单片机IO口的电流进行限流,在拨码开关与单片机相连接的DSW1、DSW2、DSW3、DSW4印制线上分别串联一个上述规格的电阻,如图3所示,然后再进行 $\pm 18\text{KV}$ 的空气放电试验,发现经过正各负3次左右的试验后才出现RS485地址设置功能失效的问题,看来限流电阻起了一

定的作用，但还是不能完全解决问题，分析后发现串联的4个电阻有个别呈断路状态。



图3 串联电阻图片

4.2 其次在靠近拨码开关的位置，DSW1、DSW2、DSW3、DSW4每根印制线上对地放置ESD防护器件，如图4所示，然后再进行±18KV的空气放电试验，经过正负各10次的空气放电试验后，RS485地址设置功能依然正常，然后又进行了各10次的空气放电试验，RS485地址设置功能依然正常；又更换1块板子按照上述方法改制后进行±18KV空气放电试验各20次，RS485地址设置功能依然正常，看来此问题得到了解决。



图4 放置ESD器件图片

4.3 那么只放置ESD防护器件去掉串联的电阻是否可以满足要求呢？按照以上思路把串联的电阻去掉只留下ESD防护器件，再进行±18KV的空气放电试验，经过正负各7次左右的空气放电试验后，RS485地址设置功能出现异常，经分析后发现还是单片机的IO口出现问题导致，看来单独的ESD防护器件还是不能完全满足要求。

4.4 那么把ESD防护器件靠近单片机的IO口放置，把电阻串联在靠近拨码开关的位置是否可以解决问题呢？按照以上的步骤改制后进行空放电试验，发现经过正各负3次左右的试验后出现RS485地址设置功能失效的问题，经过分析发现串联的4个电阻个别出现断路的现象，而ESD防护器件没有出现损坏的现象。

### 5 整改措施的原理分析

整改措施4.1的等效原理图如图5所示，在空气放电的过程中，静电放电的电流I完全流过电阻R，此电流超过了电阻所能承受的最大电流，导致电阻断路损坏，但是保护了单片机的IO口。

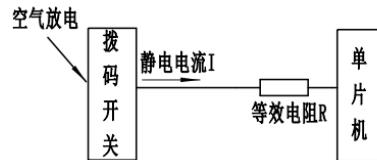


图5 整改措施4.1的等效原理图

整改措施4.2的等效原理图如图6所示，在空气放电的过程中，静电放电电流被分为两部分，一部分经过ESD器件泄放到地的电流I<sub>b</sub>，一部分经过电阻的电流I<sub>a</sub>，由于ESD防护器件起作用时对地呈现低阻抗状态，所以大部分电流I<sub>b</sub>经ESD器件泄放到地，小部分电流I<sub>a</sub>（此电流非常小不足以造成电阻的损坏）经过电阻的吸收，所以没有造成单片机IO口的损坏。

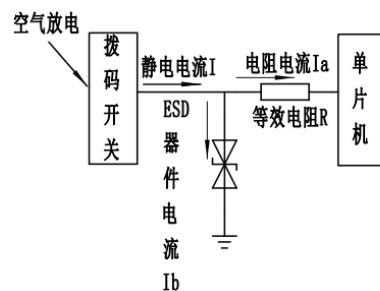


图6 整改措施4.2的等效原理图

整改措施4.3的等效原理图如图7所示，在空气放电的过程中，静电放电电流被分为两部分，一部分经过ESD器件泄放到地的电流I<sub>b</sub>，一部分直接流到单片机IO口的电流I<sub>a</sub>，此电流I<sub>a</sub>通路上没有吸收器件，会造成单片机IO口的损坏。

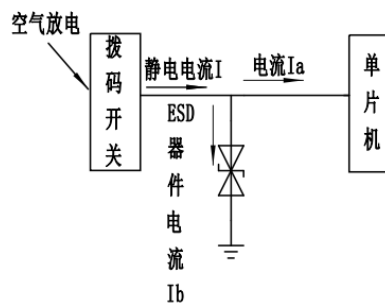


图7 整改措施4.3的等效原理图

整改措施4.4的等效原理图如图8所示，在空气放电的过程中，经过电阻的电流I<sub>a</sub>为经过ESD器件的电流I<sub>b</sub>和经

过单片机的电流 $I_c$ 之和,此电流超过电阻所能承受的最大电流,最终导致电阻断路损坏。

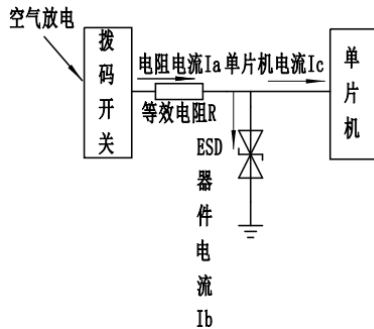


图8 整改措施4.4的等效原理图

## 6 结语

静电放电抗扰度问题整改的关键是要找到静电干扰电流信号的传递路径,找到此路径后我们就可以采取措施给静电干扰电流搭建一条合理的泄放路径,使静电干

扰电流远离被保护电路。本案例主要通过ESD防护器件直接把大部分静电干扰电流泄放到大地,剩余小部分通过电阻进行吸收,从而达到保护单片机IO口的目的,电磁兼容整改一定要先进行防护再进行吸收或滤波。

## 参考文献

- [1] EMC设计分析方法与风险评估技术/郑军奇编著.-北京.电子工业出版社,2020.5
- [2] EMC电磁兼容设计与测试案例分析/郑军奇编著.-北京.电子工业出版社,2018.7
- [3] 物联产品电磁兼容分析与设计/杜佐兵,王海彦编著.-北京.机械工业出版社,2021.6
- [4] 电磁兼容设计与整改对策及案例分析/朱立文编著.-北京.电子工业出版社,2012
- [5] 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度试验 GB/T 17626.2-2018/IEC 61000-4-2:2008.-北京.中国标准出版社,2018.6.