文章编号:1006-544X(2003)04-0365-04

工艺控制卡的电磁兼容设计

黄俊凯，蒋存波，叶汉民

（1. 桂林工学院 电子与计算机系，广西 桂林 541004）

摘 要：针对外界电磁骚扰源引起的对系统的骚扰，或系统内部的PCB布线不合理而引起的电磁干扰问题，自动焊机工艺控制卡以电磁兼容的方法进行设计. 自动焊机工艺控制卡的各个部分（开关量的输入输出、模拟量的输入输出和系统的内部）受到的干扰不同：前两者的信号量受到外界干扰的影响较大，应在输入输出口之间加入光电耦合器；后者应着重考虑元件摆放及其PCB布线. 信号量的不同所选择的光电耦合器也有所不同. 给出了用于模拟量的线性光耦LOC110的测试数据，表明用线性光耦能有效减少电磁干扰，维持信号量的基本形状.

关键词：EDA；电磁兼容；电磁干扰；电磁骚扰

中图分类号：TP271.5 **文献标识码**：A①

随着电子技术、微电子技术和计算机技术的进步，电子设计自动化（Electronic Design Automation：EDA）在近10年来有了很大的发展，但电磁干扰问题却是EDA电路设计的一大难题. 如何消除或降低电磁干扰，使所设计的电路板能与外界环境实现电磁兼容是电路设计师必须考虑的问题之一，而且，电磁兼容性设计也是治理人类电磁环境、实现可持续发展的必要手段. 电磁兼容（EMC）是电气和电子设备在共同的电磁环境中能执行各功能的共存状态，要求在同一电磁环境中的上述各种设备都能正常工作而互不干扰. 然而，随着微机技术应用日益广泛，电气设备越来越多，电子元件的集成度越来越高，内外电磁骚扰源对系统工作的干扰也越来越恶劣，因此，设备的电磁兼容性已成为工业控制日益关注的问题之一.

电磁兼容性和电磁骚扰、电磁干扰有着密切的关系[1]. 电磁骚扰是任何可能引起装置、设备或系统性能降低，或者对有生命或无生命物质产生损害作用的电磁现象. 电磁干扰则是电磁骚扰引起的设备、传输通道或系统性能的下降. 因此，电磁骚扰仅仅是客观存在的一种物理现象，而电磁干扰是由电磁骚扰引起的后果[1]. 一般来讲，只要把多个元件置于同一环境中，工作时就可能产生电磁骚扰的后果. 电磁骚扰程度越大，电磁干扰就越严重，电磁兼容性就越差. 因此，在电路设计中，应设法减少内部和外界的电磁骚扰，达到电磁兼容的状态. 本文运用电磁兼容设计的方法进行了自动焊机工艺控制卡的设计.

1 设计的要求

（1）接收外界的开关量的输入，根据控制要求，给出相应的开关量输出. 其中，开关量输入为16路，输出为8路；

（2）模拟量输入为4路，模拟量输出为2路. 输入输出的信号能成比例放大；

（3）通用工艺控制卡状态受系统测控中心监控；

（4）接收系统测控中心的控制命令，实行实时的、智能的开关量和模拟量的输入、输出及做出相关处理.

① **收稿日期**：2003-03-12；**修订日期**：2003-07-10

基金项目：广西区科技攻关项目（桂科攻0235009-5）

作者简介：黄俊凯（1978-），男，广东茂名人，硕士研究生，主要研究方向：嵌入式系统，计算机控制.

2 工艺控制卡的电磁兼容设计

自动焊机工作环境恶劣，工作过程中所引起强烈噪音和夹带的弧光放电信号都能产生很大的干扰波，这些干扰会影响其它设备或系统的工作，形成电磁骚扰. 工艺控制卡作为自动焊机的有机组成部分，工作起来如果受电磁骚扰，其后果轻则令系统功能逻辑混乱，严重时可能令整个系统崩溃. 因此设计时对工艺控制卡不同的组成部分所受的骚扰源应分别予以考虑.

2.1 开关量输入输出的电磁兼容设计

自动焊机工作过程中，带触点的开关设备断开时，在开关 2 触点之间的距离由零过渡到断开的瞬间，将产生火花放电而形成骚扰. 由于电流由一定值减少到零，di/dt 很大，在开关设备中会产生辐射很高的瞬时电压脉冲. 自动焊机是利用电弧放电进行工作的设备，由电源线传输到配电线的传导骚扰比辐射骚扰大的多. 如果开关设备的触点很小而电流很大，还会产生弧光放电. 弧光放电是最危险的骚扰源之一，它所产生的 0.15 ~150 MHz 的辐射可传播到很远的距离. 当开关闭合时，同样会产生电压或电流的剧变而造成骚扰. 所以，在开关量的输入输出的接口中用光电耦合器将开关量和外界的干扰隔离，考虑到众多隔离器性价比，采用性价比较好的 TLP521 -4 作为光电隔离器（图 1），输入输出的电路采用带屏蔽的双绞线作为传输通道，这种双绞线除了能抑制传导骚扰所引起的共模干扰之外，还能很好地抑制弧光放电所产生的干扰波信号和其它噪音的干扰，在输入输出端外接电容并接地，也能较好地稳定系统性能.

2.2 模拟量输入输出的电磁兼容设计

模拟量的输入输出所受的电磁骚扰主要是自动焊机工作时产生的连续干扰波所产生的共模干扰，这些骚扰源都会影响模拟量的传输特性，导致非线性失真. 因此，在设计时既要考虑隔离外界骚扰源的干扰，又要考虑模拟量的线性传输特性.

隔离放大器具有极好的抗共模干扰能力，能有效地阻断现场和数据采集系统之间电的联系但并不切断它们之间的信号传递. 在通信、工业、医疗器材、电源及测试装置等系统内，电路中的隔离是必要的. 隔离一般由变压器及光耦合器件完成，其中变压器是用于耦合交流信号，光耦合器件用于耦合直流信号. 现在采用的光耦合器件 LOC110，是在伺服模式设计下运作，以补偿发光二极管的非线性时间及温度特性，除此之外，LOC110 还能同时耦合交流及直流信号[2].

设计中选用线性光耦 LOC110 作为光电隔离器. LOC110 包含 1 个红外线发光二极管与 2 个光电三极管形成光耦合. 其中的 1 个光电三极管是用在伺服反馈机制上，对发光二极管的导通电流予以补偿；另 1 个光电三极管是用于提供输入及输出电路间的电流隔离，其内部结构及引脚如图 2 所示. LOC110 的 3 脚和 6 脚分别接电源 V_{CC2} 和 V_{CC1}，其中两者电源分别是内部电源和外部电源，取 $V_{CC1} = V_{CC2} = +12V$，必须指出，虽然 V_{CC1} 和 V_{CC2} 的电压相同，但为了使系统内部与外界的骚扰源能很好地隔离，两边的电源地线必须不同，否则就不能起到隔离的作用. 输出端接集成放大器 LM358，放大模拟信号.

2.2.1 输入输出信号与 RC 参数的理论关系

由于设计的需要，要求输入输出信号成比例放大，首先需要确定的是 V_{OUT} 和 V_{IN} 的比值与 RC 参数的关系[2].

因为光电流 I_1 及 R_1 的积会紧随 V_{IN} 变化而变化，所以，

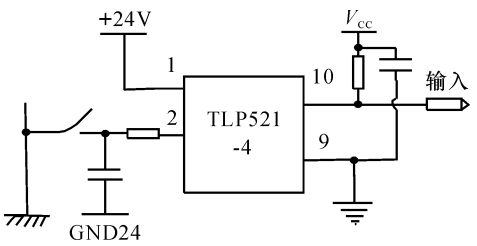


图 1 开关量的抗干扰设计

Fig. 1 Design of electromagnetic compatibility for switching

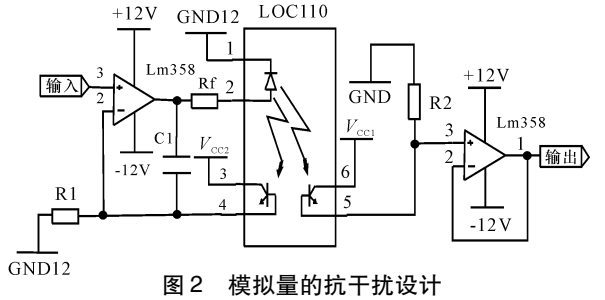


图 2 模拟量的抗干扰设计

Fig. 2 Design of electromagnetic compatibility for analog signal

$$V_{IN} = I_1 \cdot R_1 . \quad (1)$$

光电流 I_1 是由发光二极管（LED）所发出的光产生，而发光二极管的光又是由发光二极管的电流 I_F 流过 LED 时所激发，因此 I_1 与发光二极管的电流 I_F 及比例常数 K_1 成正比，而此常数被定义为伺服增益.

$$I_1 = K_1 \cdot I_F. \quad (2)$$

因此 R_1 值可以表示为

$$R_1 = V_{IN} /(K_1 \cdot I_F). \quad (3)$$

输出电压 V_{OUT}与 R_2 相关

$$V_{OUT} = I_2 \cdot R_2. \quad (4)$$

光电流 I_2 与发光二极管所产生的光成正比，而发光二极管的电流 I_F 及比例常数 K_2 合起来可以表示 I_2 的值.

$$I_2 = I_F \cdot K_2. \quad (5)$$

将式（5）的 I_2 代入式（4），可解出 R_2

$$R_2 = V_{OUT}/(I_F \cdot K_2) . \quad (6)$$

由（3）式解 V_{IN}

$$V_{IN} = I_F \cdot K_1 \cdot R_1. \quad (7)$$

将（4）式及（5）式合并解 V_{OUT}

$$V_{OUT} = I_F \cdot K_2 \cdot R_2. \quad (8)$$

将（8）式除（7）式得到 V_{OUT}的最后式

$$V_{OUT} = V_{IN}(K_2 \cdot R_2)/(K_1 \cdot R_1). \quad (9)$$

由于 $K_3 = K_2/K_1$，因而可简化为

$$V_{OUT} = V_{IN} \cdot K_3(R_2/R_1). \quad (10)$$

其中 I_F 在（9）式中相互抵消，这是由于伺服光电三极管和输出光电三极管使用同一个发光二极管产生的光源，因为 $K_3 = K_2/K_1$，而 $K_1 = K_2 = 0.004$，进而得到 $K_3 = 1$.

因此 V_{OUT}值与 R_2 及 R_1 的比值成正比.

2.2.2　*输入输出信号与 RC 参数的实验数据*　为了检验上述的理论推论，对 LOC110（图 2）进行实验测试，图 3 给出了图 2 中带干扰和没有带干扰的输入输出信号的电压测试数据. 其中 R_f 和 C_1 固定取 110 Ω 和 100 pF，R_1 和 R_2 为变量. 图 3a 是在没有干扰信号的情况下得出的输入输出曲线，V_{OUT}与 R_2 及 R_1 的比值成正比. 图 3b 是在夹带高频干扰信号的情况下得出的输入输出曲线，V_{OUT}与 R_2 及 R_1 的比值大约也成正比，很明显，使用线性光耦能抑制共模干扰. 从 2 图比较来看，图 3b 在受到干扰的情况下所保持的线性度和图 3a 差别不大.

因此，V_{OUT}与 R_2 及 R_1 的比值成正比，使用线性光耦能抑制共模干扰.

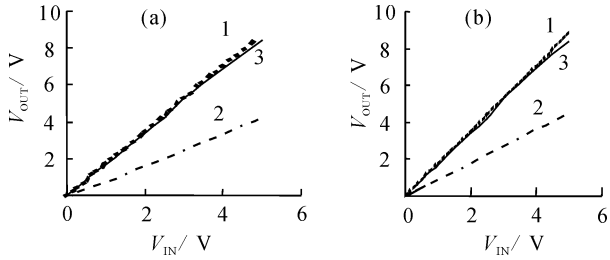


图 3　无干扰信号(a)与夹带干扰信号(b)的输入输出曲线

Fig. 3　Input and output curve without disturbance (a) and with disturbance(b)

1—R_f = 100 Ω; C_1 = 100 pF; R_1 = 10 kΩ; R_2 = 100 kΩ

2—R_f = 100 Ω; C_1 = 100 pF; R_1 = 100 kΩ; R_2 = 100 kΩ

3—R_f = 100 Ω; C_1 = 100 pF; R_1 = 100 kΩ; R_2 = 200 kΩ

2.3　系统内部的电磁兼容设计

除了开关量和模拟量的输入输出受到外界的干扰之外，系统内部芯片的布置及其 PCB 布线的合理性都会影响系统的性能.

从工艺控制卡的内部干扰机理来分析，干扰信号（电磁干扰）作用于工艺控制卡后，使开关控制系统的地线电位发生变化，即所谓的地线“浮置”. 也就是说，地线上的电位因干扰电流的窜入或电势的叠加，使得地线的各点电位不等，地线电位抬高后造成逻辑混乱. 设计时把外界的地线和系统内部地线分离，可降低外界干扰.

电源线走线时，如果电源线的走线过于集中，其与地线的走线过于分散（图 4A）电源线就会变成相应的电磁骚扰源，对旁边的信号线造成一定的干扰，使这些信号线“浮置”，严重时，会令整个系统崩溃. 当电源线的走线和地线的走线靠近并平行时，电源线对旁边的信号线的干扰就大大地减少. 因而在进行 PCB 布线时，应使电源线尽可能与其地线靠近[1]（图4B）. 如果时钟线和信

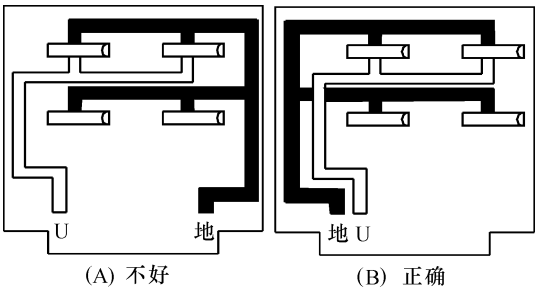


图 4　电源布线

Fig. 4　Distributed line of the power

号线的走线比较稠密，则这些信号线就会互相成为相应的“电磁骚扰源”，干扰对方逻辑电平或其它信号量，造成系统的性能不稳定. 因而在进行电磁兼容设计时，时钟线和信号线的走线应尽可能穿插地线（图5）.

当需要在电路板上布置高速、中速和低速逻辑电路时，应按照图6布置，高速的器件（快逻辑、时钟振荡器等）应安放在紧靠边缘连接器范围内，而低速逻辑和存储器，应安放在远离连接器范围内. 这样对共阻抗耦合、辐射和干扰的减少都是十分有利的.

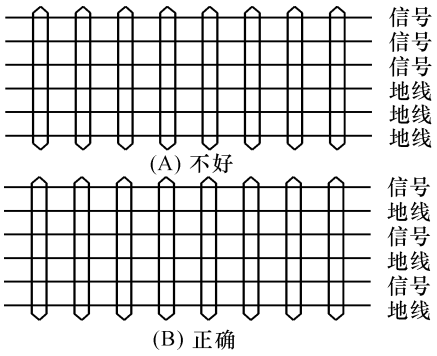


图5 时钟线、信号线和地线的布线

Fig. 5 Distributed line of the time, signal and earth

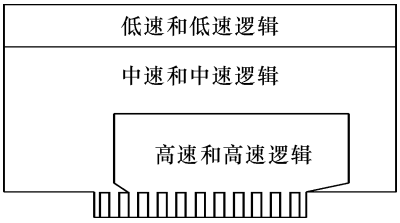


图6 功能分布图

Fig. 6 Chart of the distributed function

3 结 论

本文所描述的应用于自动焊机的工艺控制卡，已成功地嵌入到设备中使用，在工厂恶劣环境下使用的实践表明，用考虑电磁兼容的设计方法设计出来的电路板，其抗干扰的效果较好. 基于篇幅，工艺控制卡的原理图和PCB从略.

参考文献

[1] 白同云. 电磁兼容设计 [M]. 北京：北京邮电大学出版社，2001. 68－71.

[2] 李树靖，林 凌，李 刚. 线性光耦合器LOC110的原理与应用 [EB/OL]. http://www. gecmag. com/bdt/12bdt14. asp. 2003－05－10.

Electromagnetic compatibility designing for switching control card on automatic welding machine

HUANG Jun-kai, JIANG Cun-bo, YE Han-min

(*Department of Electronics and Computer Science*, *Guilin Institute of Technology*, *Guilin* 541004, *China*)

Abstract: Switching control card of automatic machine is usually designed in electromagnetic compatibility method . However, different disturbance source interferes the working of the switching_ control card. There are 3 different disturbance sources in the design. Consist in the switch part between input and output, the analog part between input and output, and the internal system of the control card . It is recommended that the two formers should add the opto_ coupler between input and output while the final should give emphasis to the displacement of electromagnetic elements and its PCB. Different opt_ ocoupler should be used if signals were different. The reducing disturbance is explained with the test data of linear opto_ coupler LOC110. Finally the causes of EM1 are found and settled.

Key words: EDA; EMC; EMI; EMD