电路设计中归避干扰源的处理措施

罗辉
图木舒克职业技术学院，新疆 图木舒克 843900

摘要: 随着数字化、智能化、自动化的现代化工厂的迅速发展，工业自动化生产过程更加需要全过程全方位的立体化信息采集与交互。各种检测系统，各种各样额传感器使用越来越广泛，信号采集及信号处理等过程中电路的干扰源也是多种多样的，对于偶发性的干扰信号又非常难捕捉和处理。工业生产中的干扰信号有来自半导体电子元件传输信号时产生的；有来自电路板设计时共用接地线导致的，有来自多个信号源耦合产生的。文中重点解决电路设计中常见的干扰源的产生以及处理办法，并结合实际生产经验列举案例并进行分析，为电路中归避干扰提出可行性建议，具有实际的借鉴意义。

关键词：自动化生产线；干扰源；归避 ；分析

Handling Measures for Avoiding Interference Sources in Circuit Design

Luo,Hui

Tumshuk Vocational and technical college, Tumshuk, Xinjiang, 843900, China

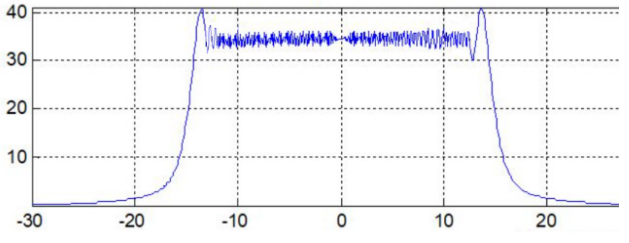
Abstract: With the fast development of modern factories characterized by digitization, intelligence, and automation, industrial automation production processes increasingly require comprehensive and three-dimensional information collection and interaction throughout the entire process. Miscellaneous detection systems and sensors are becoming more widely used, and interference sources in circuits during signal acquisition and signal processing are various, sporadic interference signals in which are particularly difficult to capture and handle. Interference signals in industrial production originate from various sources, including those generated during signal transmission by semiconductor electronic components, those caused by shared ground lines in circuit board design, and those produced by coupling among multiple signal sources. This paper focuses on addressing the generation of common interference sources in circuit design and their handling methods. It also cites and analyzes cases based on practical production experience, providing feasible suggestions for avoiding interference in circuits, which have practical reference significance.

Keywords: Automated production line; Interference source; Avoidance; Analysis

DOI: 10.62639/sspips40.20250201

一、金属导体内部信号干扰

目前主流的信号放大电路依然是晶体管类电子元件参与运算与放大，在设计电路时其放大电路的干扰依然不能忽视高低频噪声和散粒噪声。众所周知高频噪声的产生是由于金属导体内部存在许多载流子，在没有电场作用力时导体内的综合电流为零。但电场力的作用下其内部正负离子分离定向分离，在分离的过程会有细微的杂波信号。它被接入到放大、耦合电路中后杂波信号会放大；低频噪声的产生它与半导体的工作性质和内部所掺介质密度有关。含硅、锗这类基础型材料的电子元件由于自身电学特性处于导电零界状态，导电率发生了变化进而引起所通过的电流也发生了变化，此时导体内易产生链锁性闪爆现象，使之通过的电流发生瞬间脉冲跳动。当外界因子发生变化呈现高阻抗状态时这种类似 PN 结的结构体，P/N 沟道势垒区的导电系数存在差异，导电材料的不同使得电荷的运载能力也不同，在此势垒区呈现电容效应。半导体正向偏置时极像电容的充电过程，电子从 N 区向 P 区的空穴移动耗尽区变窄；如果加持的正向偏置电压减小时，电子和空穴又远离耗尽区，使得耗尽区变宽，类似于电容放电，从而产生电流噪声。由此可见传感器的初期与末期所检测到的信号被干扰的程度最大，如图所示：



二、信号的采集时抗干扰的处理方法

首先对于传感器模拟信号的处理尽量采用积分的算法单秒多次采集取均值的方式确定增减量，对于受干扰的信号设置偏离系数和延时多次扫描校正的方式降低信号的偏差。这就要求工程师在现场实时多次采集检测数据，优化算法，提升数据采集的准确性；其次采用视觉采集系统，将可视化的类型数据进行依次采集，建立完善的

（稿件编号：IPS-25-1-1014）

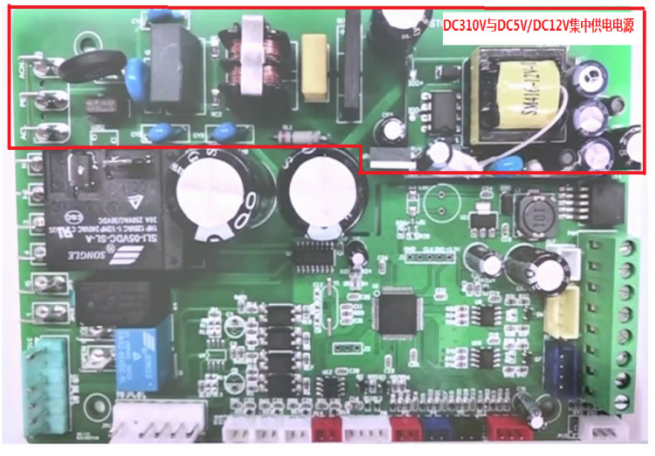
作者简介：罗辉（1986-），男，汉族，籍贯：四川内江，本科，讲师，研究方向：机械自动化控制、工业机器人。

数据库类型，对采集的数据做数据相似度对比分析，减少使用抗干扰能力较差，信号分析处理较复杂的电路，提升电路的抗干扰能力；最后对于数字信号的的处理尽量采用加密与校验的方式对传输来的数字信号进行对比，如果对信号精度要求不高的情况下，在采集时中尽量将信号突变的始末端进行屏蔽即“防抖”处理，避免晶体管内由于外部电信号突变造成的闪爆现象及散粒噪声对信号带来的干扰。

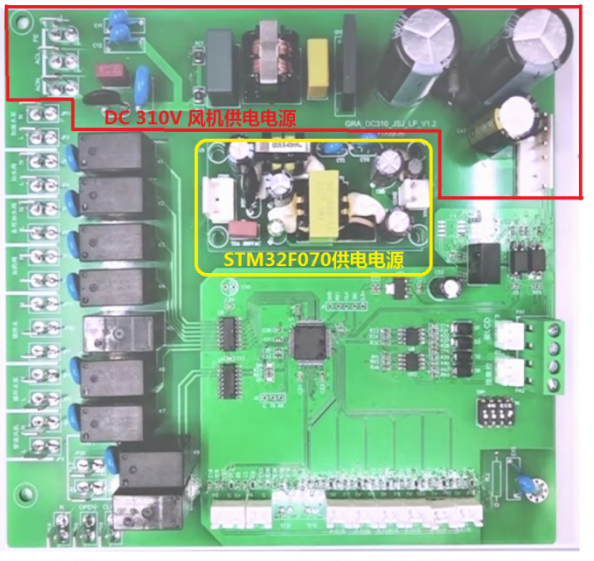
三、抑制外部电路抗干扰的处理方法

电路的外部干扰主要有电源的干扰、地线干扰、信号通道的干扰，首先是电源的干扰，传感器或者控制器的供电电源接在大型负载或频繁启停的电网上时，由负载产生的浪涌电压、雷电感应的尖峰脉冲、变压器等感抗元件所产生的交变磁场都会干扰传感器的正常工作及信号的准确输送。其次是电源提供的必须是稳态电源，在实际生产过程中由于总线负载较大，有时会拉低电源线路的供电电压从而产生电源噪声。因此传感器、控制器、二次回路的供电电源尽量与主回路分离；在电源输入端添加 100μF 以上的去耦电解电容能抑制电源噪声，抗干扰效果较好。

实例 1：以某公司排烟除尘的离心风机调速控制板为例，故障现象：单个离心风机启动或全速时工作正常，但双机工作时就出现控制板掉电的现象。通过分析原因有两点：一是控制板的风机电源与 STM32F0707 控制器电路共用一路电源，当风机启动瞬间或全速运行时会出现堵转现象，主电路由于风机全负荷工作会拉低整体电路的电压，使 STM32F0707 控制器电路电压不稳定，出现掉电现象；二是电源模块带负载能力不强，当两台电机同时工作时电源超负荷工作，启动了电路保护机制。因此将该控制板进行重新设计，将风机供电电源与 STM32F0707 控制器电路电源分开供电，避免风机启动瞬间或全速运行时对控制器单元的干扰，同时提升电源带负载的能力。2 号图是改进后的电路板，风机现在运行良好，这就是一个典型的电源供电不稳造成的故障案例。



改造前: 1号 风机调速控制板



改造后：2号 风机调速控制板

其次是地线干扰，在自动化控制系统中往往接入地线的回路有阻、容、感抗性的负载较多。而接地线具有一定的阻抗，当模拟信号频率较高时高频阻抗就大，导致接地线不同位置电压降不同，该电压降便成为相互影响的干扰信号。地线干扰具有动态不确定性、随机的偶然性的特点。最后就是信号通道的干扰，传感器安装在生产设备上用于时时采集数据，而中央控制器、显示、记录等信号处理装置与现场有一定距离，这样信号传输距离就比较长，受到外界因子的干扰就更多，信号容易发生失真、衰减。

四、抑制脉冲共振干扰的处理方法

首先根据电路的基本作用进行，采用模块化的方式对电路元件进行综合布局，数子量电路与模拟量电路分开，电源电路单元于控制电路单元分开，高 / 低频电路单元分开；在高 / 低频电路的接地方式上，也要注意区分单 / 多点接地。单点接地适用于信号接地、模拟接地、电源接地，电源接地又分为热地和冷地不得混用；多点接地具有接地线短，阻抗小的特点，适用于高频电路的接地；在放大信号环节中对于中低频信号的前级放大电路建议首选场效应管，利用栅极输入阻抗较高的特点，能有效的抑制信号噪音。如果选用三极管放大电路时应优先选用共发射极连接方式，因为该电路有较高的放大倍数，同时它的噪声对后级的影响较小；基于差分放大电路能放大差模信号抑制共模信号的工作特点，差分放大电路也是一个不

错的降噪选择。如果有条件选择积分放大电路降噪效果将更好，但要注意工作频率范围。

其次信号传输线路要避开产生交变磁场的用电器，比如：高频变压器、继电器、扬声器、电磁铁、永磁式仪表等元件。这些电器元件对传感器信号干扰较强，模拟信号影响尤甚，因此在电路板设计走线时应考虑这些交变磁场的用电器所产生的磁感线对信号传输线路切割，由此产生感生电动势。遇到这类元件时，尽量使它们与磁场方向相互垂直，减少磁场的耦合作用。将磁场源安装屏蔽罩，选用屏蔽线传输传感器信号，当然屏蔽罩、屏蔽线均要进行良好接地，在长距离传输信号时尽量采用合适工业互联网通信模式例如：工业通信领域主要通讯方式包括以太网、CAN 总线、Profibus 及 Modbus 等。其中以太网作为广泛应用的局域网技术，以其高速数据通信能力著称，常用于工业自动化控制网络；CAN 总线则因其良好的抗干扰性、高可靠性和灵活性，在工业领域尤其是汽车制造、航空航天等方面得到广泛应用；Profibus 作为工业现场总线标准，通过 DP 和 PA 两种类型，满足了不同应用场景的高速数据传输和实时控制需求；而 Modbus 凭借其简单、灵活、可靠的特性，成为工业自动化、过程控制等领域的常见通讯方式。选择时需根据实际需求和应用场景进行考量。

实例 2：某机械设备有限公司生产的 HX 型地毯编织机，在编织地毯时偶然出现断丝断线的现象，同时锭子张力自动控制调节器偶发性出现 ERRR-04D 故障代码（含义：绒线张力异常）。在排除羊毛线的质量以及人为因素后，仔细检查了机械故障也没有发现问题，对设备停机复位后此故障消失了。但工作一段时间后同一现象又出现了。最后怀疑是张力检测信号收到干扰造成的，因此反复测试该设备锭子张力信号，对传感器的输入信号采样分析，发现检测丝线的张力传感器信号果然受到偶发性受不明信号的干扰。通过排查干扰信号来源，与伺服电动机转速脉冲的某一方波信号步调一致，反复验证后只要出现该相同的占空比转速的脉冲信号时。锭子张力传感器信号接收端就出现异常的尖峰脉冲信号，通过实验尝试着将张力控制传感器的线束采用屏蔽线重新走线，复开机运行，利用双通道示波器对该信号与伺服电动机脉冲信号进行跟踪监控，很长一段时间那个干扰的尖峰脉冲都没有出现过，初步可以判定该故障被排除了。由上述现象可以看出张力控制传感器的线束与伺服电机控制线路在布局时距离太近，当伺服电机控制线路开始工作时他的某个频段的脉冲信号与张力传感器的检测的模拟信号产生了耦合现象，使张力传感器检测到的信号发生了畸变。锭子张力自动控制调节器误认为羊毛经线太松需要调节，因此导致地毯经线断线，问题找到了故障也就迎刃而解了。

五、结论

抗干扰处理是一个实践性很强学科分类，由于内 / 外界干扰因子较多，因此在电路设计以及信号处理系统的设计中要进行综合考虑。在信号采集过程中要严格核算带负载能力与之相匹配的恒压恒流电源；根据信号频段严格选用合适的电子元件，设计抗噪能力强的放大电路，避免信号放大后由于放大器自身缺陷以造成信号的二次污染。其次在信号传输过程中合理布线及屏蔽处理，有效规避交变磁场的干扰；尽量采用数字信号通讯的方式可以提高信号传输的可靠性和稳定性。最后优化算法，采用可视化的视觉系统，对可视化的数据进行采集多次比对校验，提升信号的准确性。

参考文献：

[1] 宁慧英，郭宏岩 . 电工电子技术 [M]. 机械工业出版社 2023.
[2] 荆轲，段波 . 电路基础与实践 [M].4 版 . 大连理工大学出版社 2022.
[3] 郭洪龙 . 电子设备和干扰信号对消方法 [M]. 山东 : 工业大学出版社 .2022.
[4] 王永成 . 模拟电子技术 [M].3 版大连理工大学出版社 2021.
[5] 方文藻 . 瞬变电磁测深法原理 [M]. 西安 : 西北工业大学出版社 .2015.
[6] 牛之琏 . 时间域电磁法原理 [M]. 中南工业大学出版社 .2014.