

深圳市赛盛技术有限公司

EMC 技术期刊

(2009 年第一期)

期刊编辑：深圳市赛盛技术有限公司期刊编辑部

期刊主编：蒋万良

本期编辑：杨志奇

赛盛网站：www.ses-tech.com

技术支持：电磁兼容在线 网址：www.emc-online.cn

联系地址：广东省深圳市南山区科技园科发路 2 号朗峰大厦 606A 邮编：518057

联系电话：0755-26532650 传真：0755-26532652

如果需要订阅《EMC 技术期刊》，请填写真实的公司名称，姓名，联系电话，E-mail 等信息，发送邮件到：Catton.Yang@ses-tech.com

※期刊摘要

◇ [行业动态](#)

《电工技术的发展和电磁兼容性》

◇ [整改案例](#)

《音频端口导致主板辐射超标》

◇ [技术文章](#)

《单片机应用系统抗干扰技术》

◇ [问题解答](#)

● 行业动态

电工技术的发展和电磁兼容性

(本文转于中国工业电器网)

1 引言

21 世纪的电工技术与其他科技领域一样,将获得飞速的发展。伴随着这些发展,一方面会使得周围的电磁环境变得恶劣;另一方面,为适应这些发展,电工技术领域也需要“干净”的电磁环境。即:要求妥善地解决电磁兼容问题。

在电工技术领域,有些系统虽然也会产生电磁骚扰。但或者布点分散,或因数量不多,其影响范围较小(例如:发电厂)。现仅就其中影响面广的系统举例说明。

2 高压输电线路

如果不计由于事故产生的危险影响,其可能对周围事物造成干扰[*2]的因素主要包括:

(1)电晕:是由于导体表面的电位梯度过大,引起向空气中放电而产生的高频电磁噪声。其频谱的主要分量在几兆赫以下。以 dB 表示的强度,随电位梯度的升高而增加。而导体表面的电位梯度不仅取决于电压等级,而且还直接与导线的等效表面积有关。

(2)火花放电:由于线路上局部的绝缘被破坏、绝缘子污秽、元件接触不良等而产生的火花放电,其频谱范围可能高达百兆赫,其幅度变化范围很大,可能远大于电晕放电。

(3)工频电场:其表现形式主要存在于导线对大地之间。其强度主要取决于电压等级。对于直流输电线路,则为一个纯的静电场。

(4)工频磁场:由于工频频率很低,波长很长(50Hz 的波长为 6000km),因而距线路虽较远仍为近场,磁场与电场必须分别考虑。其强度主要取决于导线的载流量。但其随距离的衰减很快。

(5)无源干扰:输电线路及其杆塔,即使在未送电的条件下,也会对电磁波的传播形成影响(例如对雷达信号、短波通信等),称为无源干扰。

(6)地电流:对于交流三相系统不平衡时的中线或直流输电线路以地做为回路的情况,地电流有时颇为可观。当处理不当时,会造成地电位升高或对地下管线腐蚀。

以上数种骚扰源,可能会对不同的敏感设备造成干扰。不同的骚扰源的影响不同。值得注意的是:如处理不当,这些骚扰的强度将随线路的电压等级而提高。而提高电压是输电系统的必然趋势。因之对电磁兼容性提出了相应的高要求。必需探讨科学的计算分析方法并认真处理工程问题。

3 电牵引系统

一般说电牵引系统专指从地面获取电能，而不由车辆自身携带电池的在地面运载工具。例如：干线铁路、城市(有轨、无轨)电车、地下铁道或轻轨系统等。此类系统的电磁骚扰源主要来自受流系统(车顶的受电弓与接触网或者是接近地面的电刷与第三轨)。其表现形式包括：电平相对稳定的连续电磁噪声、一系列的脉冲噪声以及突发的孤立脉冲。

此外，由于当前的牵引电机绝大多数仍为直流电机，因而无论在牵引变电所或是在车上的整流设备都会成为供电网的低功率因数负荷与强谐波源。

磁悬浮列车在国际上已有了试验线路；在我国也对其科研给予了充分的注意并已在上海开始运营。无疑，磁悬浮系统是目前已知的可商业运行的最快地面运载工具。但随着使用超导或常导、吸力与斥力等机制的差别，对电磁环境的影响差别很大。

4 电动车(Electric Vehicle)

电动车没有内燃机车辆的尾气排放，对于改善城市空气质量将是一大革命，是今后城市交通的主导工具。当前无论在全球还是我国都已有投入商业运行的型号。但当人们为它的净化大气环境呼吁的同时，却很少有人去研究其对电磁环境的影响。早在 20 年前，美国学者就对内燃机汽车对电磁环境的影响进行过大量的实地测量工作。结果表明：在横坐标为每小时流量(20~10000)的对数，纵坐标为平均噪声功率密度 $F_a(\text{dB})$ 的坐标系中，电磁噪声随着汽车流量线性增加。由此可见汽车对电磁环境的影响。电动车虽无汽油机的点火系统，但其低电压大电流的驱动系统与控制系统的电磁骚扰不容忽视。为此，在 1999 年北京举行的第十六届国际电动车大会(EVS16)期间，笔者曾与欧洲电动车协会主席、第十五届国际电动车大会主席 Dr.Gaston Maggetto 探讨过电动车对电磁环境的影响问题。他认为，应该给予充分关注，但现在尚未引起人们的注意。

5 电力电子系统

有人认为，电力电子技术是否被广泛地应用，反映了一个国家的科技水平。据统计，1995 年发达国家电能中有 75%左右是经过电力电子技术变换或控制后才使用的。预计 21 世纪初期，这一比例将可达 95%以上。在电力电子器件中，为了减小损耗提高效率，则必须提高转换速度。因而伴随着电力电子器件的高电压、大功率化的同时，高频化是必然的趋势。上世纪末可达到的开关速度约为 $400\sim 1000\text{A}/\mu\text{s}$ ；而电压的变率已超过 $2\sim 3\text{kV}/\mu\text{s}$ ；结型 SiC 整流管的反向恢复时间已达 $0.01\mu\text{s}$ 。在功率方面，光控 SCR 已有 $4000\text{A}/8000\text{V}$ 的商品。IGBT 也已超过 $2400\text{A}/3300\text{V}$ (EUPEC)、 $2500\text{A}/3300\text{V}$ (三菱)。人们清楚地知道，大的必然伴随着高的电磁骚扰发射。显然电力电子器件的发展趋势与改变电磁环境是存在着矛盾的。

以上仅仅列举了几个方面说明电工技术的发展可能带来的环境问题。为此，一方面要求提高

自动控制系统的抗电磁干扰能力;另一方面也要求优良的电磁环境。我们应注意到,在电工技术领域的控制对象往往是一个大的分系统或系统。一旦失误,其后果往往是恶性的。例如,东京市从新桥站至东京湾的有明站,共 12 个站运行着无人驾驶无列车员的公共交通系统。又如,从葛洲坝至上海 1400km 的 500kV 直流输电系统的运行控制可任意从上海或葛洲坝进行等。这些系统不过是上世纪 90 年代的水平。进入本世纪后自动化水平必然进一步提高,控制对象必然进一步扩展。

6 结论

伴随着电工领域高新技术的发展,无论从电磁骚扰抑制方面还是从抗干扰方面都要求有相应的提高与长足的进步。否则,电磁兼容问题可能会成为电工科技发展的障碍。

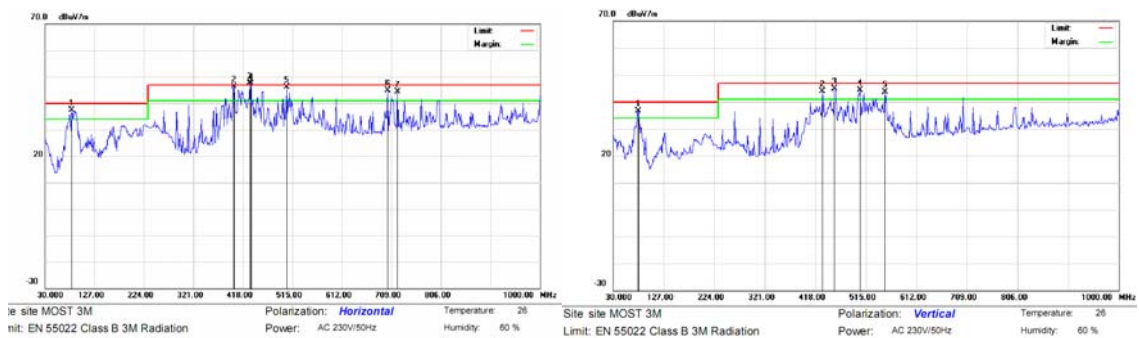
● 整改案例

音频端口导致主板辐射超标

某公司设计的一款计算机主板，在进行认证测试时发现有部分频段出现超标；



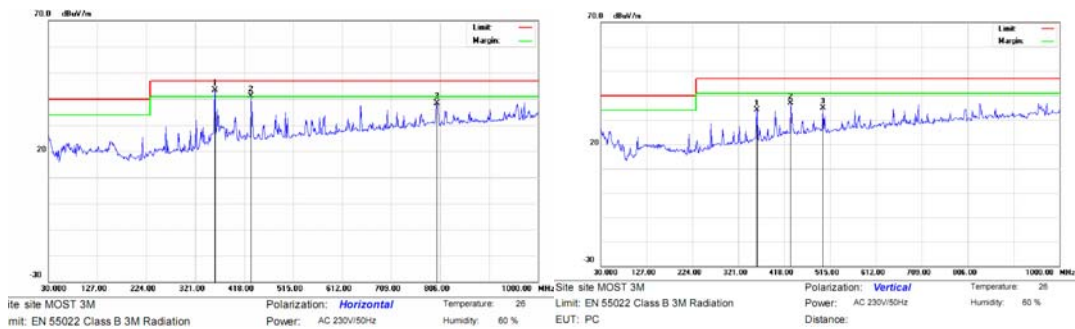
测试数据（主板插所有电缆）



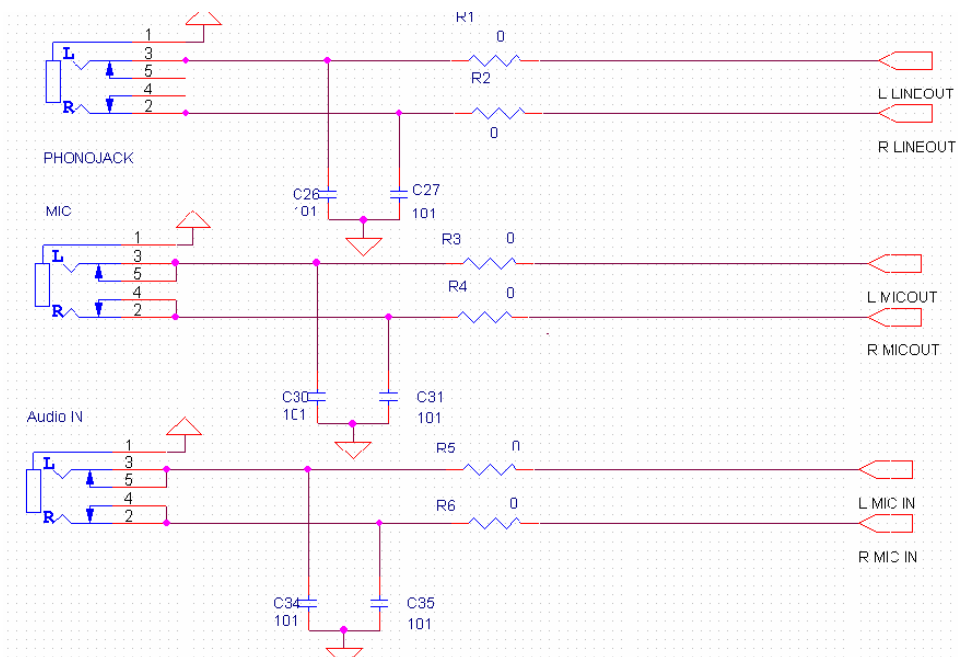
测试分析：

由于该主板接口很多（VGA、HDMI、USB、PS2、以太网、串口、并口、音频口）在机箱屏蔽良好的情况下，不插任何电缆进行测试有很大的余量，所以导致超标的原因肯定是计算机主板接口的电缆对外的辐射；由于篇幅有限，我们只列举关键的接口（具体的定位方法可以采用逐一排除法进行）

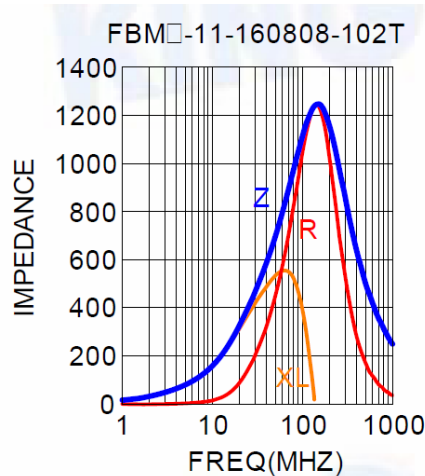
在所有的电缆都插上状态下，拔掉耳机接口的电缆测试：



通过测试发现，拔掉耳机接口的电缆，测试能通过。为了进一步寻找设计缺陷，我们对单板的原理图进行分析定位：

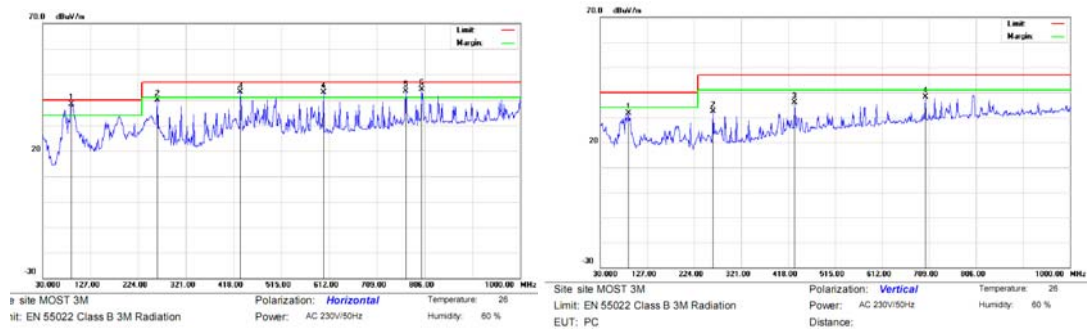


观察原理图发现，音频接口只有对地的滤波电容，并有一个 0 欧姆的匹配电阻，主板超标的频率为 400MHz 附近，鉴于以上原因，考虑将该电阻替换为磁珠进行试验，磁珠选 400MHz 阻抗相对高的；



该磁珠在 400MHz 附近的阻抗有 600 欧姆；

将所有的 0 欧姆电阻更换为磁珠后进行测试：



400MHz 附近的包络干扰，完全消除，测试通过；

案例结论：

- 1、一般对于金属外壳产品，我们不但要考虑机箱的屏蔽，同时也要考虑设备对外的接口电缆所产生的辐射，这种通过电缆的干扰一般通过接口滤波能解决；
- 2、解决沿电缆对外的高频干扰，一般用磁珠搭配电容的滤波方式能有效滤除；（需考虑信号速率）

● 技术文章

单片机应用系统抗干扰技术

随着单片机的发展，单片机在工业自动化、生产过程控制、智能仪器仪表等领域的应用越来越广泛，单片机为我们大大提高了产品的质量，有效地提高了生产效率。众所周知电力行业、自动工业控制行业必然伴随着大功率设备不停的关断、开启，这种恶劣的环境对我们的控制设备存在很大的威胁，比如电缆的互相耦合、公共电网的污染，这对我们单片机系统的可靠性与安全性构成了极大的威胁。单片机测控系统必须长期稳定、可靠运行，否则将导致控制误差加大，严重时会使系统失灵，甚至造成巨大损失。

2. 干扰对电力控制、监测的影响

(1) 测量数据误差加大

干扰侵入单片机系统测量单元模拟信号的输入通道，叠加在测量信号上，会使数据采集误差加大，甚至干扰信号淹没测量信号，特别是检测一些微弱信号，如微弱的控制信号。

(2) 影响单片机 RAM 存储器和 E2PROM 等

在单片机系统中，程序及表格、数据存在程序存储器 EPROM 或 FLASH 中，避免了这些数据受干扰破坏。但是，对于片内 RAM、外扩 RAM、E2PROM 中的数据都有可能受到外界干扰而变化。

(3) 控制系统失灵

单片机输出的控制信号通常依赖于某些条件的状态输入信号和对这些信号的逻辑处理结果。若这些输入的状态信号受到干扰，引入虚假状态信息，将导致输出控制误差加大，甚至控制失灵。

(4) 程序运行失常

外界的干扰有时导致机器频繁复位而影响程序的正常运行。若外界干扰导致单片机程序计数器 PC 值的改变，则破坏了程序的正常运行。由于受干扰后的 PC 值是随机的，程序将执行一系列毫无意义的指令，最后进入“死循环”，这将使输出严重混乱或死机。

3. 如何提高我们设备的抗干扰能力？

3.1 解决来自电源端的干扰；

单片机系统中的各个单元都需要使用直流电源，而直流电源一般是市电电网的交流电经过变压、整流、滤波、稳压后产生的，因此电网上的各种干扰便会引入系统。除此之外，由于交流电源共用，各电子设备之间通过电源也会产生相互干扰，因此抑制电源干扰尤其重要。电源干扰主要有以下几类：

① 电源线中的高频干扰（传导骚扰）

供电电力线相当于一个接受天线，能把雷电、电弧、广播电台等辐射的高频干扰信号通过电源变压器初级耦合到次级，形成对单片机系统的干扰；

解决这种干扰，一般通过接口防护；在接口增加滤波器、或者使用隔离电源模块解决；

② 感性负载产生的瞬变噪音（EFT）

切断大容量感性负载时，能产生很大的电流和电压变化率，从而形成瞬变噪音干扰，成为电磁干扰的主要形式；

解决这种干扰，一般通过屏蔽线与双绞线，或在电源接口、信号接口进行滤波处理；

以上 2 中方法，都需要在系统接地良好的情况下进行，我们的滤波器、接口滤波电路都必须良好的接地，这样才能有效的将干扰泄放，避免干扰我们的控制或监控设备；

④ 模拟信号采样抗干扰技术

单片机应用系统中通常要对一个或多个模拟信号进行采样，并将其通过 A/D 转换成数字信号进行处理。为了提高测量精度和稳定性，不仅要保证传感器本身的转换精度、传感器供电电源的稳定、测量放大器的稳定、A/D 转换基准电压的稳定，而且要防止外部电磁感应噪声的影响，如果处理不当，微弱的有用信号可能完全被无用的噪音信号淹没。在实际工作中，可以采用具有差动输入的测量放大器，采用屏蔽双绞线传输测量信号，或将电压信号改变为电流信号，以及采用阻容滤波等技术。

在许多信号变化比较慢的采样系统中，如人体生物电（心电图、脑电图）采样、地震波记录等，影响最大的是 50Hz 的工频干扰。因此对工频干扰信号的抑制是保证测量精度的重要措施之一。抑制和消除工频干扰，常用的方法是在 A/D 转换电路之前加

RC 滤波器，或者采用采样时间是 50Hz 的工频周期整数倍的双积分式 A/D 转换器。

3.2 数字信号传输通道的抗干扰技术

数字输出信号可作为系统被控设备的驱动信号（如继电器等），数字输入信号可作为设备的响应回答和指令信号（如行程开关、启动按钮等）。数字信号接口部分是外界干扰进入单片机系统的主要通道之一。在工程设计中，对数字信号的输入/输出过程采取的抗干扰措施有：传输线的屏蔽技术，如采用屏蔽线、双胶线等；采用信号隔离措施；合理接地，由于数字信号在电平转换过程中形成公共阻抗干扰，选择合适的接地点可以有效抑制地线噪声。

3.4 硬件监控电路

在单片机系统中，为了保证系统可靠、稳定地运行，增强抗干扰能力，需要配置硬件监控电路，硬件监控电路从功能上包括以下几个方面：

- ① 上电复位：保证系统加电时能正确地启动；
- ② 掉电复位：当电源失效或电压降到某一电压值以下时，产生复位信号对系统进行复位；
- ③ 数据保护：当电源或系统工作异常时，对数据进行必要的保护，如写保护、后备电池切换等；
- ④ 电源监测：供电电压出现异常时，给出报警指示信号或中断请求信号；
- ⑤ 硬件看门狗：当处理器遇到干扰或程序运行混乱产生“死锁”时，对系统进行复位。

有些著名的半导体厂商已将上述这些功能集成到一起，如 MAXIM 公司的 MAX690、MAX706 等。

3.5 PCB 电路合理布线

印制电路板（PCB）是电子产品中电路元件和器件的支撑件，它提供电路元件和器件之间的电气连接。随着电子技术的飞速发展，PCB 的密度越来越高，PCB 设计的好坏对抗干扰能力影响很大。因此，在进行 PCB 设计时，必须遵守 PCB 设计的一般原则，并应符合抗干扰设计的要求。下面着重说明两点：

- ① 关键器件放置：在器件布置方面与其它逻辑电路一样，应把相互有关的器件尽量放得靠近些，这样可以获得较好的抗噪声效果。时钟发生器、晶振和 CPU 的时钟输入端都易产生噪声，要相互靠近些；CPU 复位电路、硬件看门狗电路要尽量靠近 CPU 相应引脚；易产生噪声的器件、大电流电路等应尽量远离逻辑电路，如有可能，应另

外做电路板。

② D/A、A/D 转换电路要特别注意地线的正确连接，否则干扰影响将很严重。D/A、A/D 芯片及采样芯片均提供了数字地和模拟地，分别有相应的管脚。在线路设计中，必须将所有器件的数字地和模拟地分别相连，但数字地与模拟地仅在一点上相连。

另外，也可以采用屏蔽保护，屏蔽可用来隔离空间辐射。对噪声特别大的部件（如变频电源、开关电源）可以用金属盒罩起来以减少噪声源对单片机的干扰，对容易受干扰的部分，可以增加屏蔽罩并接地，使干扰信号被短路接地。

4. 软件抗干扰原理及方法

尽管我们采取了硬件抗干扰措施，但由于干扰信号产生的原因错综复杂，且具有很大的随机性，很难保证系统完全不受干扰。因此，往往在硬件抗干扰措施的基础上，采取软件抗干扰技术加以补充，作为硬件措施的辅助手段。软件抗干扰方法具有简单、灵活方便、耗费低等特点，在系统中被广泛应用。

4.1 数字滤波方法

数字滤波是在对模拟信号多次采样的基础上，通过软件算法提取最逼近真值数据的过程。数字滤波的的算法灵活，可选择权限参数，其效果往往是硬件滤波电路无法达到的。

4.2 输入信号重复检测方法

输入信号的干扰是叠加在有效电平信号上的一系列离散尖脉冲，作用时间很短。当控制系统存在输入干扰，又不能用硬件加以有效抑制时，可用软件重复检测的方法，达到“去伪存真”的目的，直到连续两次或连续两次以上的采集结果完全一致时方为有效。若信号总是变化不定，在达到最高次数限额时，则可给出报警信号。对于来自各类开关型传感器的信号，如限位开关、行程开关、操作按钮等，都可采用这种输入方式。如果在连续采集数据之间插入延时，则能够对付较宽的干扰。

4.3 输出端口数据刷新方法

开关量输出软件抗干扰设计，主要是采取重复输出的方法，这是一种提高输出接口抗干扰性能的有效措施。对于那些用锁存器输出的控制信号，这些措施很有必要。在尽可能短的周期内，将数据重复输出，受干扰影响的设备在还没有来得及响应时，正确的信息又到来，这样就可以及时防止误动作的产生。在程序结构的安排上，可为输出数据建立一个数据缓冲区，在程序的周期性循环体内将数据输出。对于增量控制型设备不能这样重复送数，只有通过检测通道，从设备的反馈信息中判断数据传输的

正确与否。

在执行重复输出功能时，对于可编程接口芯片，工作方式控制字与输出状态字一并重复设置，使输出模块可靠地工作。

4.4 软件拦截技术

当窜入单片机系统的干扰作用在 CPU 部位时，后果更加严重，将使系统失灵。最典型的故障是破坏程序计数器 PC 的状态，导致程序从一个区域跳转到另一个区域，或者程序在地址空间内“乱飞”，或者陷入“死循环”。使用软件拦截技术可以拦截“乱飞”的程序或者使程序摆脱“死循环”，并将运行程序纳入正轨，转到指定的程序入口。

4.5 “软件看门狗”技术

PC 受到干扰而失控，引起程序“乱飞”，也可能使程序陷入“死循环”。当软件拦截技术不能使失控的程序摆脱“死循环”的困境时，通常采用程序监视技术 WDT TIMER (WDT)，又称“看门狗”技术，使程序脱离“死循环”。WDT 是一种软、硬件结合的抗程序跑飞措施，其硬件主体是一个用于产生定时 T 的计数器或单稳，该计数器或单稳基本独立运行，其定时输出端接至 CPU 的复位线，而其定时清零则由 CPU 控制。在正常情况下，程序启动 WDT 后，CPU 周期性的将 WDT 清零，这样 WDT 的定时溢出就不会发生，如同睡眠一般不起任何作用。在受到干扰的异常情况下，CPU 时序逻辑被破坏，程序执行混乱，不可能周期性的将 WDT 清零，这样当 WDT 的定时溢出时，其输出使系统复位，CPU 摆脱因一时干扰而陷入瘫痪的状态。

● 问题解答

问：1、关于脉冲群的抑制，有哪些主要的方法？

答：对于产品脉冲群问题，主要以下几个方面：

- 1)、电源端口主要是增加共模滤波措施，主要是共模电感以及 Y 电容；
- 2)、信号端口的主要是信号口的共模抑制，主要措施是增加共模电感，以及对地电容。
- 3)、电缆端口增加磁环也可以提高抗干扰水平；
- 4)、另外系统的原理图电源，PCB 信号环路设计也是比较重要

问 2、在运行过程中，变频器旁的大容量断路器（1600A 的高压断路器，它的负载是一个 5500KW 的电水泵）动作会导致变频器保护，这是怎么回事？是什么干扰？原理是什么？

答：需要分析断路器与变频器的连接关系，首先分析是否是传导干扰（通过共电缆，连接电缆导致），如果不是，的话，可能是空间辐射干扰，比较容易耦合到数字电路，采取局部屏蔽尝试，你最好给我一个连接关系图以及各模块的定义

问：3、一个 AC220V 的防雷电路，要求能通过 4KV 测试；能否提供一个详细方案，包括器件具体型号、参数等

答：防雷设计电路可以参考如下方式：

对于器件的选型这块压敏电阻可以选择 470V 启动的，气体放电管启动电压为 470V 启动的，具体型号可以根据防雷标准的量级要求来确定，一般选择为 2000A 以上，那么一般就能够满足一般标准的防雷要求，正常来讲对于满足标准这块做一级防护设计就可以，第二级防雷电路可以不做设计要求。

我们在广大读者的提问中选取具有代表性的问题，作为后期（问题解答）栏目中的问题。欢迎各位读者踊跃提出自己的问题，我们将有专家为您解答。

欢迎各位读者对我们的期刊提出改进意见和建议，对想了解的知识问题提出来，以便我们后续改进。

如有什么技术问题也欢迎给我们回复邮件或者在我们的技术支持网站——赛盛技术（www.emc-online.cn）提出，我们会有技术工程师专门在线解答，对于问题的比较多的，我们将在下一期中罗列出来统一解答！

欢迎你的来电和邮件垂询，希望“我们的努力，值得你期待！”