



哈爾濱工業大學 远程教育学院

第14章 MCS-51应用系统的抗干扰设计





- 干扰的来源
- 供电系统的干扰及其抑制措施
- 过程通道干扰的抑制措施
- 空间干扰及抗干扰措施
- 印刷线路板的抗干扰设计
- 软件抗干扰措施
- 监督定时器的作用



- 干扰是无处不在的，尤其在工业现场更为严重。
- 系统的抗干扰性能的好坏是影响其工作可靠性的重要因素。
- 这部分以介绍为主，属于提高阶段的学习内容，可以为大家将来的系统设计提供借鉴。

14.1 干扰的来源

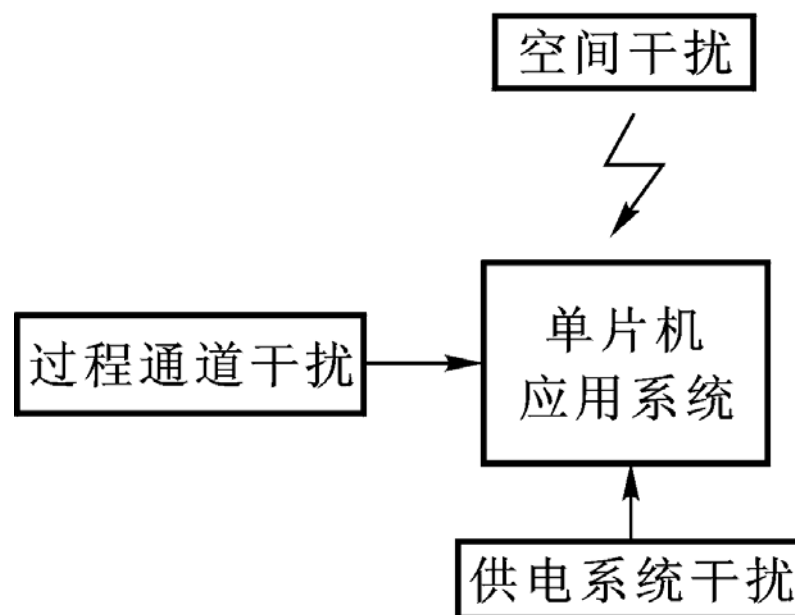


影响单片机测控系统正常工作的信号称为**噪声**，又称干扰。

干扰会影响指令的正常执行，**造成控制事故或控制失灵**。

在测量通道中产生了干扰，就会使**测量产生误差**，电压的冲击有可能使系统遭到致命的破坏。

干扰一般都是以脉冲的形式进入系统的，
进入单片机系统的渠道主要有三条：



(1) 空间干扰



周围的电气设备如**发射机、中频炉、可控硅逆变电源**等发出的电干扰和磁干扰；**广播电台或通讯发射台**发出的电磁波；**空中雷电**，甚至**地磁场**的变化也会引起干扰。会使单片机系统不能正常工作。

(2) 供电系统干扰

大功率设备，大感性负载设备的启停使电网电压大幅度涨落（浪涌），**欠压或过压**常常达到额定电压的15% 以上。长达几分钟、几小时、甚至几天。

大功率开关的通断，电机的启停，电焊等原因，**电网上常出现几百伏，甚至几千伏的尖脉冲干扰。**

(3) 过程通道干扰



开关量/模拟量输入输出在单片机系统中是必不可少的。

输入输出的信号线多，长度长，不可避免地将干扰引入单片机系统。

当大的电气设备漏电，接地系统不完善，或者测量部件绝缘不好，会使通道中直接串入干扰信号；

各通道的线路如果同出一根电缆中或绑扎在一起，各路间会通过电磁感应而产生瞬间的干扰，尤其是0~15V的信号与交流220V的电源线同套在一根长达几百米的管中其干扰更为严重。这种彼此感应产生的干扰其表现形式仍然是通道中形成干扰电压。



过程通道中的干扰轻者会使测量的信号发生误差，重者会使有用的信号完全淹没。有时这种通过感应产生的干扰电压会达到几十伏以上，使单片机系统无法工作。

****三种干扰中来自供电系统的干扰最为严重，其次为来自过程通道的干扰。对于来自空间的辐射干扰，需加适当的屏蔽及接地来解决。**

14.2 供电系统干扰及其抗干扰措施




单片机系统中最重要、危害最严重的干扰源是电源。在某些大功率耗电设备的电网中，经对电源检测发现，在50周正弦波上叠加有很多1000多伏的尖峰电压。

14.2.1 电源噪声来源、种类及危害

- (1) 过压、欠压、停电： $>1s$;
- (2) 浪涌、下陷： $1s > t > 10ms$;
- (3) 尖峰电压： t 为 μs 量级;
- (4) 射频干扰： t 为 ns 量级;

过压、欠压、停电的危害是显而易见的。

解决的办法是使用各种稳压器、电源调节器，对付暂短时间的停电则配置不间断电源（UPS）。



浪涌与下陷是电压的快变化，如幅度过大也会毁坏系统。即使变化不大（10%~15%），直接使用不一定会毁坏系统，但由于电源系统中接有反应迟缓的磁饱和或电子交流稳压器，往往会在这些变化点附近产生振荡，使得电压忽高忽低。如果有连续几个10%~15%的浪涌或下陷，由此造成的振荡能产生30%~40%的电源变化，而是系统无法工作。

解决的办法是使用快速响应的交流电源稳压器。

尖峰电压持续时间很短，一般不会毁坏系统，但对单片机系统正常运行危害很大，会造成逻辑功能紊乱，甚至冲坏源程序代码。

解决办法是使用具有噪声抑制能力的交流电源调节器或超隔离变压器。

射频干扰对单片机系统影响不大，一般加接2~3节低通滤波器既可解决。

14.2.2 供电系统的抗干扰设计



单单一台高质量的电源不足以解决干扰和电压波动的所有问题，必须完整地设计整个电源供电系统。

逻辑电路是在低电压、大电流下工作。

电源部分的设计就必须引起注意，譬如一条 $0.1\ \Omega$ 的电源线回路，对于5A的供电系统，就会把电源电压从5V降到4.5V，以至不能正常工作。

另一方面工作在极高频率下的数字电路，对电源线有高频要求。

一般电源线上的干扰是数字系统最常出现的问题之一。

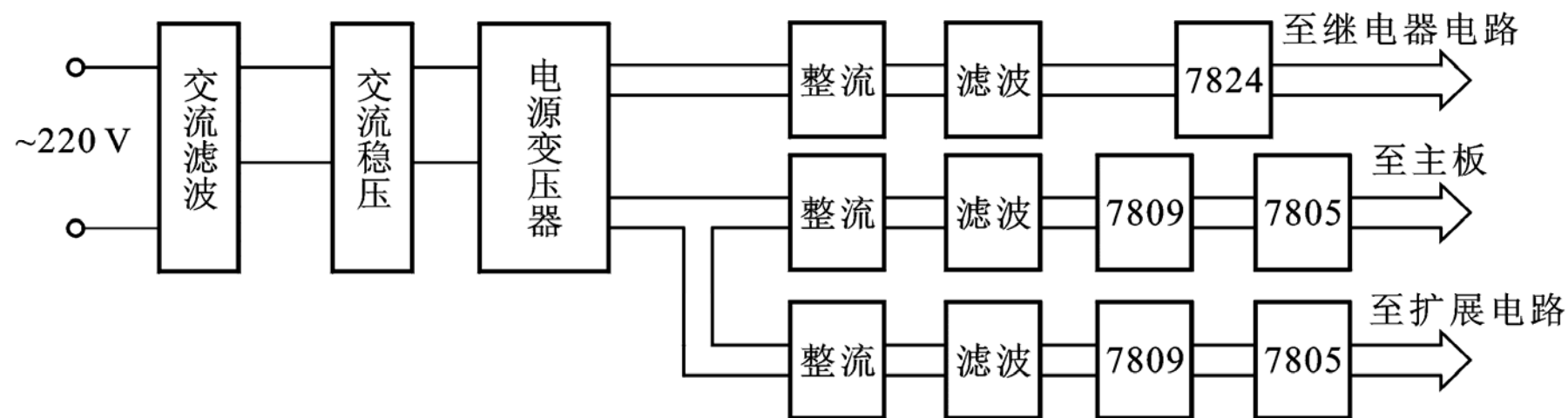


电源系统首要的就是良好的接地，系统的地线必须能够吸收来自所有电源系统内的全部电流。

应该采用粗导线作为电源连接线，地线应尽量短而直接走线；对于插件式线路板，应多给电源线、地线分配几个沿插头方向均匀分布的插针。

推荐：单片机电源系统设计的重要原则

在设计单片机应用系统时，为了提高供电系统的质量，防止窜入干扰，电源系统建议采用如下的形式。





- (1) 交流近线端加交流滤波器，可滤掉高频干扰，如电网上大功率设备启停造成的瞬间干扰。滤波器市场上的产品有一级、二级滤波器之分，安装时外壳要加屏蔽并良好接地，进出线要分开，防止感应和辐射耦合。低通滤波器仅允许50Hz交流电通过，对高频和中频干扰有良好的衰减作用。
- (2) 要求高的系统加交流稳压器。
- (3) 采用具有静电屏蔽和抗电磁干扰的隔离电源变压器。
- (4) 采用集成稳压块两级稳压。目前市场上集成稳压块有许多种，如提供正电源的7805、7812、7820、7824以及提供负电压的79系列稳压块，它们内部是多级稳压电路，采用两级稳压，效果好。例如主机电源先用7809稳到9V，再用7805稳到5V。



- (5) 直流输出采用大容量电解电容进行平滑滤波。
- (6) 交流电源线与其他线尽量分开，减少再度耦合干扰。
滤波器的输出线上干扰已减少，应使其与电源进线级滤波器外壳保持一定距离，交流电源线与直流电源线即信号线分开走线。
- (7) 电源线与信号线布线时，不可把两线靠得太近或互相平行，以减少电源信号线的影响。
- (8) 在每块印刷版的电源与地之间并接退耦电容。即 $5\sim 10\mu\text{F}$ 的电解电容和一个 $0.01\sim 1.0\mu\text{F}$ 的电容，以消除直流电源与地线中的脉冲电流所造成的干扰。
- (9) 提高功率接口部分电源电压。例如采用光电耦合器输出端驱动直流继电器，可选用直流24V比直流6V抗干扰能力更强。

14.3 过程通道干扰的抑制措施--隔离

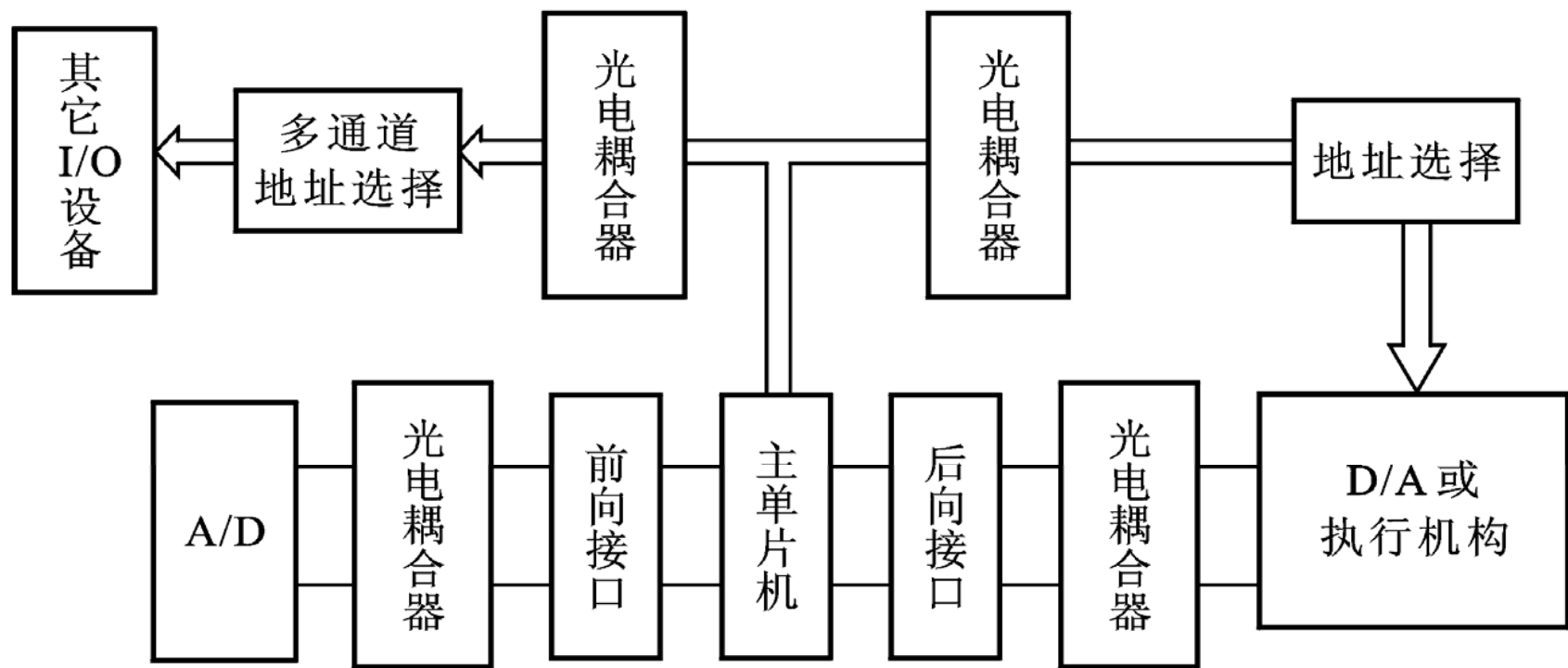


过程通道是系统输入、输出以及单片机之间进行信息传输的路径。

过程通道的干扰主要采用光电隔离技术、**双绞线传输**等方法抑制。

14.3.1 光电隔离的基本配置

采用光电耦合器可以将单片机与前向、后向以及其他部分切断电的联系（通过电-光、光-电的转换），能有效地防止干扰从过程通道进入单片机。



光电耦合的主要优点是能有效抑制尖峰脉冲以及各种噪声干扰，从而使过程通道上的信噪比大大提高。

14.3.2 光电隔离的实现

一、ADC、DAC与单片机之间的隔离

1. 对A/D、D/A进行模拟隔离

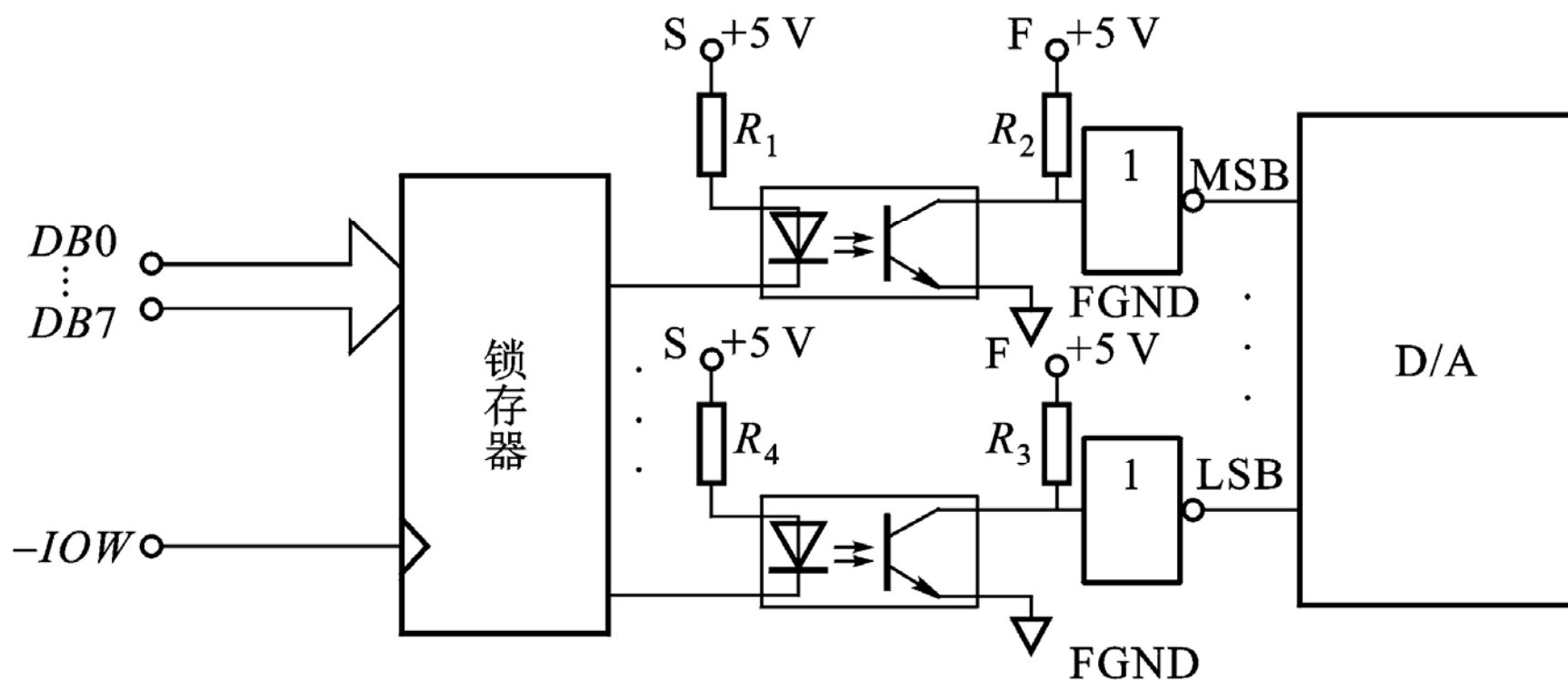
通常采用**隔离放大器**对模拟量进行隔离。但所用的隔离放大器必须满足A/D、D/A变换的精度和线性要求。例如，如果对12位A/D、D/A变换器进行隔离，其隔离放大器要达到13位，甚至14位精度，如此高精度的隔离放大器，价格昂贵。

2. 在I/O与A/D、D/A之间进行数字隔离

这种方案最经济，也称数字隔离。A/D变换时，先将模拟量变为数字量，对数字量进行隔离，然后再送入单片机。D/A变换时，先将数字量进行隔离，然后进行D/A变换。这种方法的优点是方便、可靠、廉价，不影响A/D、D/A的精度和线性度。

◆ 缺点是速度不高。如果用廉价的光电隔离器件，最大转换速度约为每秒**3000~5000**点，可以满足一般工业测控对象（如温度、湿度、压力等）的要求。

实现数字隔离的一个例子。





- 将输出的数字量经锁存器锁存后，驱动光电隔离器，经光电隔离之后的数字量被送到D/A变换器。
- 但要注意的是，现场电源F+5V，现场地FGND和系统电源S+5V及系统地SGND，必须分别由两个隔离电源供电。
- 还应指出的是，光电隔离器件的数量不能太多，由于光电隔离器件的发光二极管与受光三极管之间存在分布电容。
- 当数量较多时，必须考虑将并联输出改为串联输出的方式，这样可使光电器件大大减少，且保持很高的抗干扰能力，但传送速度下降。

二、开关量隔离

常用的开关量隔离器件有继电器、光电隔离器、光电隔离固态继电器（SSR）。

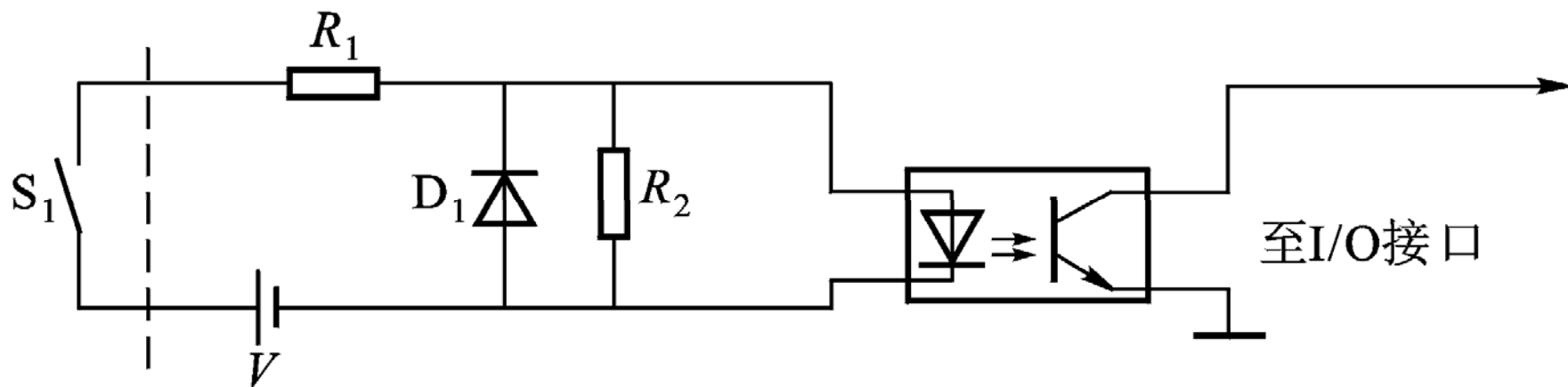
开关量输出（功率驱动）：

用继电器对开关量进行隔离时，要考虑到继电器线圈反电动势的影响，驱动电路的器件必须能耐高压。为了吸收继电器线圈的反电动势通常在线圈两端并联一个续流二极管。其触点并联一个消火花电容器，容量可在 $0.1\sim 0.047\mu\text{F}$ 之间选择，耐压视负荷电压而定。

固态继电器代替机械触点的继电器是比较好的方案。固态继电器是将发光二极管与可控硅封装在一起的一种新型器件。当发光二极管导通时，可控硅被触发而接通电路。固态继电器视触发方式不同，可分为过零触发与非过零触发两大类。过零触发的固态继电器，本身几乎不产生干扰，这对单片机控制是十分有利的，但造价是一般继电器的5~10倍。

开关量的输入：

一般用电流传输（光电隔离）的方法。此方法抗干扰能力强。



R_1 为限流电阻， **D_1** 、 **R_2** 为保护二极管和保护电阻。当外部开关闭合时，有电源E产生电流，使光电二极管导通，该电路具有良好的抗干扰能力。

14.4 空间干扰及抗干扰措施

空间干扰主要指电磁场在线路、导线、壳体上的辐射、吸收和解调。干扰来自应用系统的内部和外部，市电电源线是无线电波的媒介，而在电网中有脉冲源工作时，它又是辐射天线，因而任一线路、导线、壳体等在空间均同时存在辐射、接收、调制。

解决空间干扰时，首先要正确判断是否是空间干扰，可在系统供电电源入口处接入WRY型微机干扰抑制器，观察干扰现象是否继续存在，如干扰现象继续存在则可认为空间干扰。空间干扰不一定是来自系统外部。

空间干扰的抗干扰设计主要是地线系统设计、系统的屏蔽与布局设计。



一、接地种类

有**两大类接地**。一类是为人身或设备安全目的，而把设备的外壳接地，这称之为**外壳接地或安全接地**；另外一类接地是提供一个公共的电位参考点，这种地称为**工作接地**。

1. 外壳接地

外壳接地是真正的与大地连接，以使漏到机壳的电荷能及时泄放到地球上去，这样才能确保人身和设备的安全。外壳接地的接地电阻应当尽可能低，因此在材料及施工方面均有一定的要求。外壳接地是十分重要的，但实际上往往又为人们所忽视。



2. 工作接地

工作接地是电路工作需要而进行的。在许多情况下，工作地不与设备外壳相连，因此工作地的零电位参考点（即工作地）相对地球的大地是浮空的。所以也把这种工作地的处理方法称为“浮地”。

二、单片机应用系统的接地处理

正确、合理的接地，是单片机应用系统抑制干扰的主要方法。

在单片机应用系统中，前述两大类地按单元电路的性质又可分为以下几种接地：



- (1) 数字地（又称逻辑地），为逻辑电路的零电位。
- (2) 模拟地，为A/D转换、前置放大器或比较器的零电位。
- (3) 功率地，为大的电流器件（大功率负载）的零电位。
- (4) 信号地，通常为传感器的地。
- (5) 小信号前置放大器的地。
- (6) 交流地，交流50Hz地线，这种地线是噪声地。
- (7) 屏蔽地，为防止静电感应和磁场感应而设置的地。

以上这些地线如何处理，是浮地还是接地？是一点地接还是多点接地？

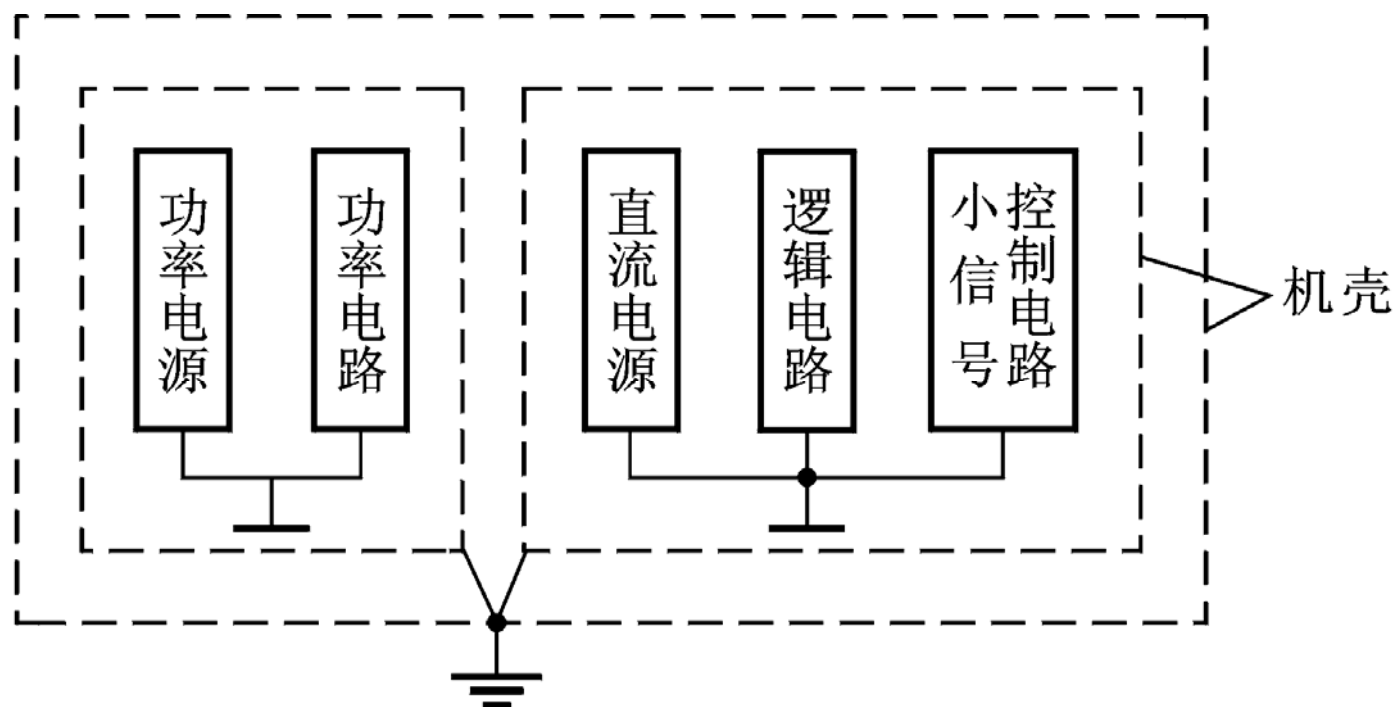


1. 机壳的接地与浮地

全机浮空，即机器各个部分全部与大地浮置起来。这种方法有一定的抗干扰能力，但要求机器与大地的绝缘电阻不能小于 $50\text{M}\Omega$ ，且一旦绝缘下降便会带来干扰；

另外，浮空容易产生静电，导致干扰。

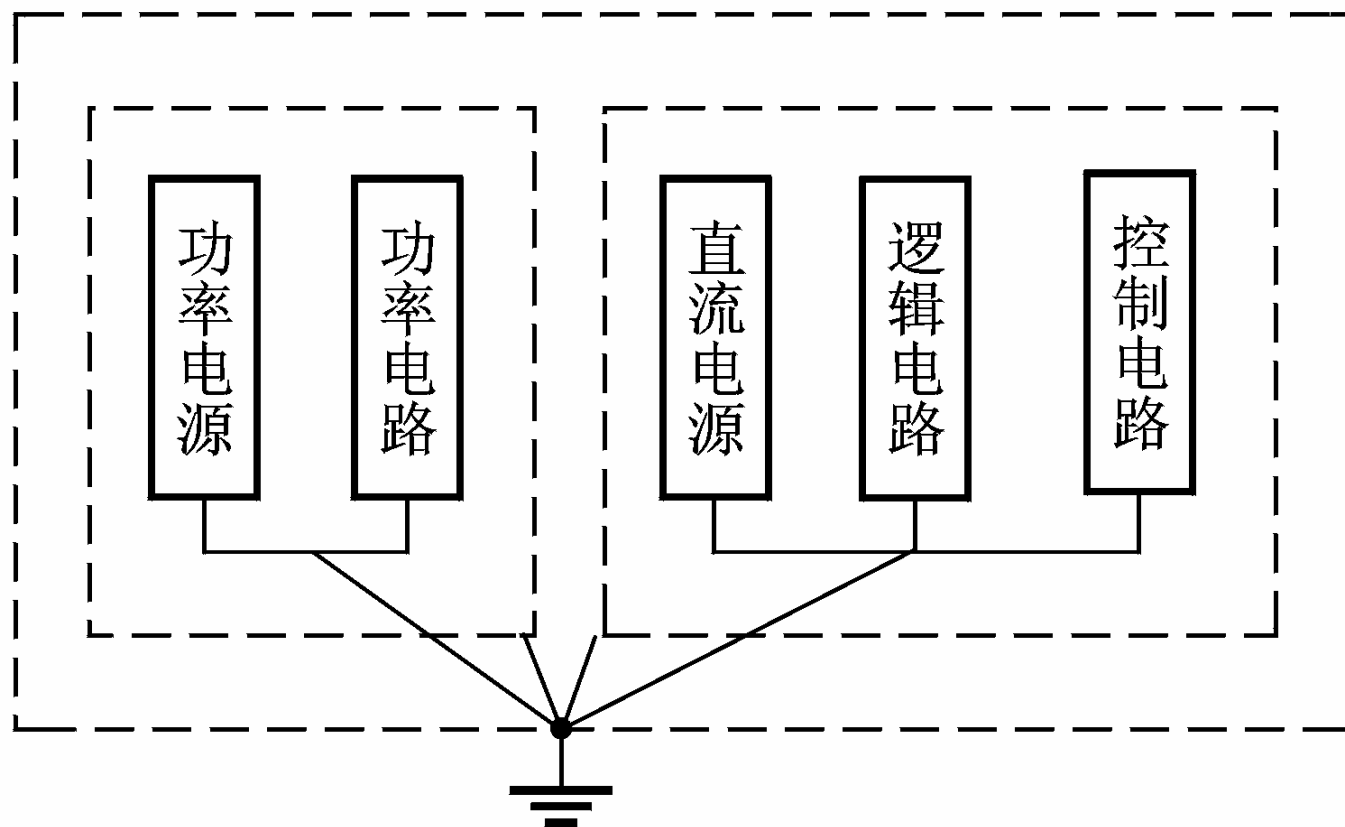
测控系统的机壳接地，其余部分浮空。



浮空部分应设置必要的屏蔽，例如双层屏蔽浮地或多层屏蔽。这种方法抗干扰能力强，而且安全可靠，为越来越多的人所采用，但工艺较复杂。

2.一点接地与多点接地的应用原则

一般，低频（1MHz以下）电路应一点接地。



图中功率电源为直流



高频（10MHz以上）电路应多点就近接地。

因为，在低频电路中，布线和元件间的电感影响较小，而接地电路形成的环路，对干扰的影响却很大，因此应一点接地；

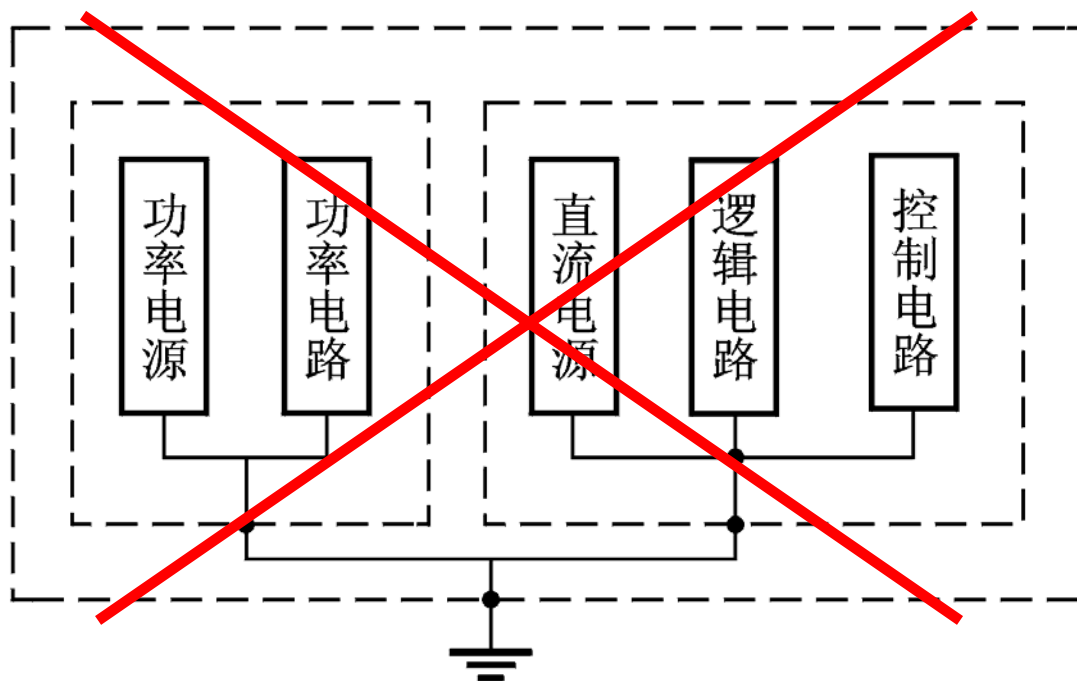
对于高频电路，地线上具有电感，因为增加了地线阻抗，同时各地线之间产生了电感耦合。当频率甚高时，特别是当地线长度等于 $1/4$ 波长的奇数倍时，地线阻抗就会变得很高，这时地线变成了天线，可以向外辐射噪声信号。

单片机测控系统的工作频率大多较低，对它起作用的干扰频率也大都在1MHz以下，故宜采用一点接地。

在1MHz~100MHz之间，如用一点接地，其地线长度不得超过波长的 $1/20$ 。否则应该多点接地。

3. 交流地与信号地不能共用

因为在一段电源地线的两点间会有数毫伏，甚至几伏电压，对低电平信号电路来说，这是一个非常严重的干扰。因此，交流地和信号地不能共用。



图中功率电源为~220V

4. 数字地和模拟地

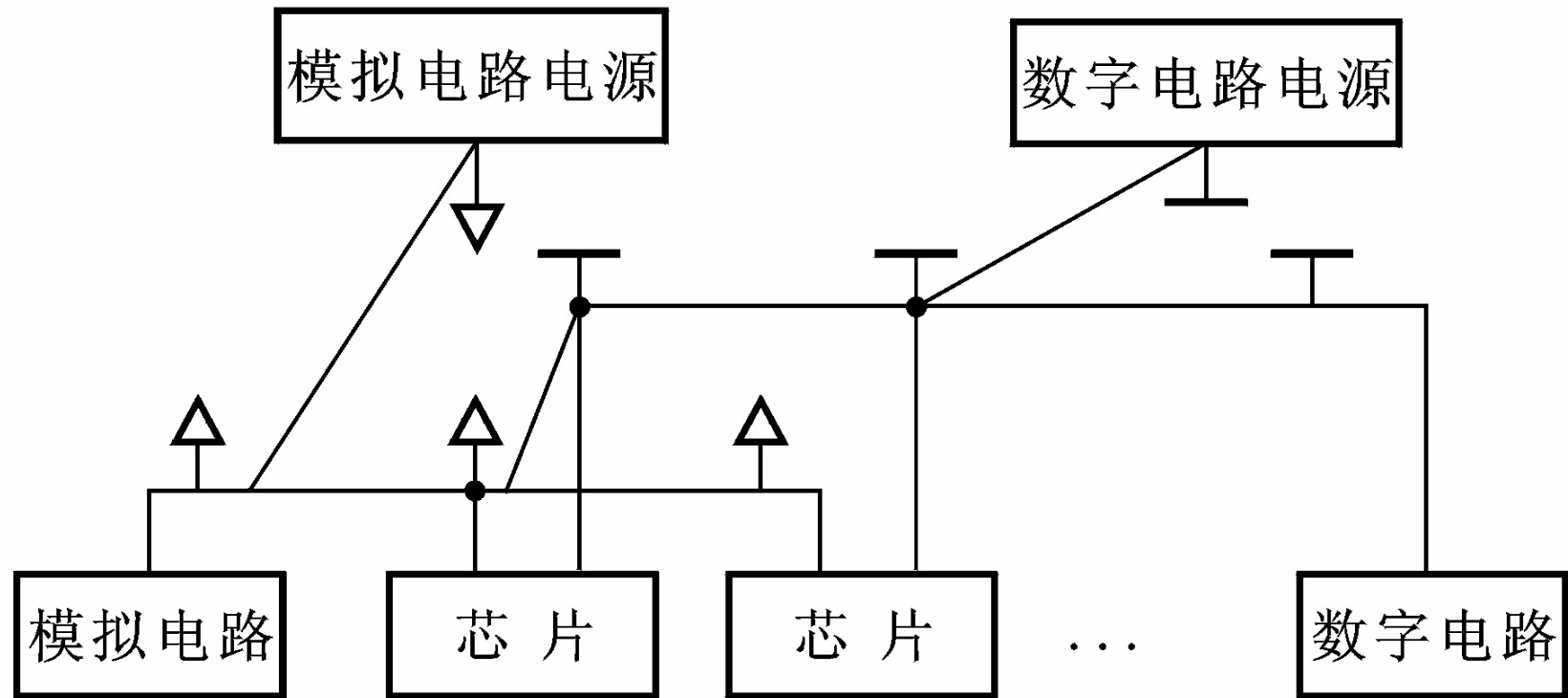


数字地通常有很大的噪声且电平的跳跃会造成很大的电流尖峰。

所有的模拟公共导线（地）应该与数字公共导线（地）分开走线，然后只是一点汇在一起。

特别是在ADC和DAC电路中，尤其要注意地线的正确连接，否则转换将不准确。因此ADC、DAC和采样保持芯片都提供了独立的模拟地和数字地，他们分别有相应的引脚，必须将所有的模拟地和数字地分别相连，然后模拟（公共）地与数字（公共）地仅在一点上相连接，在此连接点外，在芯片和其他电路中且不可再有公共点。

模拟地和数字地的正确处理：一点连接





5. 微弱信号模拟地的接法

A/D转换器在采集0~50mV微小信号时，模拟地的接法极为重要。为提高抗共模干扰的能力，可用三线采样双层屏蔽浮地技术。

6. 功率地

这种地线电流大，地线应粗些，且应与小信号分开走线。

14.4.2 屏蔽技术

高频电源、交流电源、强电设备产生的电火花甚至雷电，都能产生电磁波，从而成为电磁干扰的噪声源。当距离较近时，电磁波会通过分布电容和电感耦合到信号回路而形成电磁干扰。

单片机使用的振荡器，本身就是一个电磁干扰源，同时也由于它又极易受其他电磁干扰的影响，破坏单片机的正常工作。

屏蔽可分为以下三类：

- (1) 电磁屏蔽，防止电磁场的干扰；
- (2) 磁屏蔽，防止磁场的干扰；
- (3) 电场屏蔽，防止电场的耦合干扰。



电磁屏蔽主要是防止高频电磁波辐射的干扰，以金属板、金属网或金属盒构成的屏蔽体能有效地对付电磁波的干扰。屏蔽体以反射方式和吸收方式来削弱电磁波，从而形成对电磁波的屏蔽作用。

磁场屏蔽是防止电极、变压器、磁铁、线圈等的磁感应和磁耦合，使用高导磁材料做成屏蔽层，使磁路闭合，一般接大地。当屏蔽低频磁场时，选择磁钢、坡莫合金、铁等导磁率高的材料；而屏蔽高频磁场则应选择铜、铝等导电率高的材料。



电场屏蔽是为了解决分布电容问题一般是接大地，这主要是指单层屏蔽。对于双层屏蔽，例如双变压器，原边屏蔽接机壳（即接大地），副边屏蔽接到浮地的屏蔽盒。

当一个接地的放大器与一个不接地的信号源相连时，连接电缆的屏蔽层应接到放大器公共端。反之，应接信号源的公共端。高增益放大器的屏蔽层应接到放大器的公共端。

为了有效发挥屏蔽体的屏蔽作用，还应注意屏蔽体的接地问题。为了消除屏蔽体与内部电路的寄生电容，屏蔽体应按“一点接地”的原则接地。

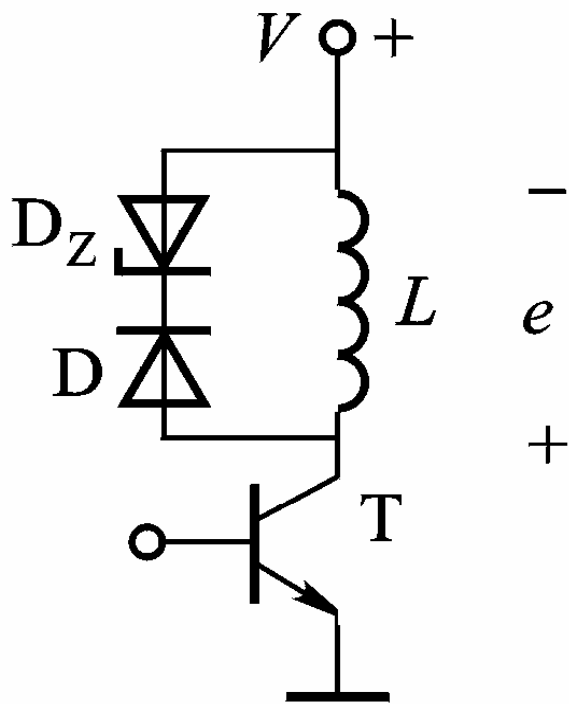
14.5 反电势干扰的抑制

在单片机的应用系统中，常使用具有较大电感量的元件或设备，诸如继电器、电动机、电磁阀等。

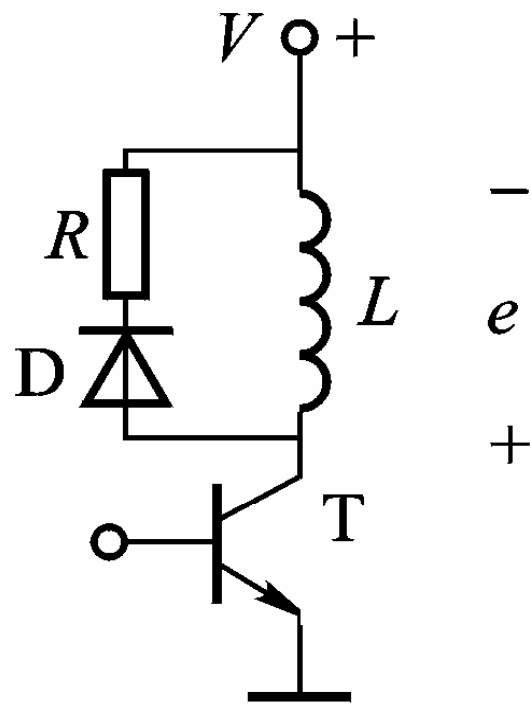
当电感回路的电流被切断时，会产生很大的反电势而形成噪声干扰。

这种反电势甚至可能击穿电路中晶体管之类的器件，反电势形成的噪声干扰能产生电磁场，对单片机应用系统中的其它电路产生干扰。对于反电势干扰，可采用如下措施：

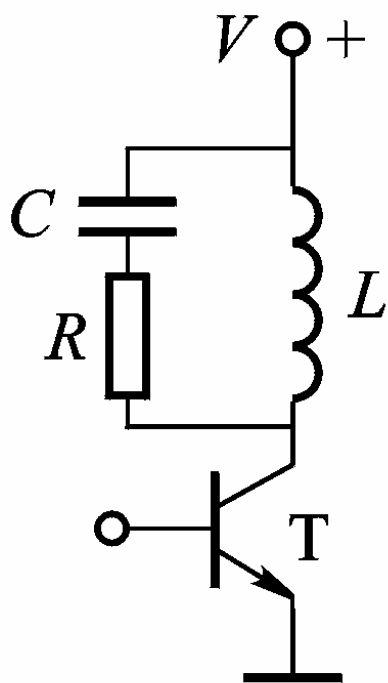
(1) 如果通过电感线圈的是直流电流，可在线圈两端并联二极管和稳压管



(a) 由二极管和稳压二极管构成的反电动势抑制电路

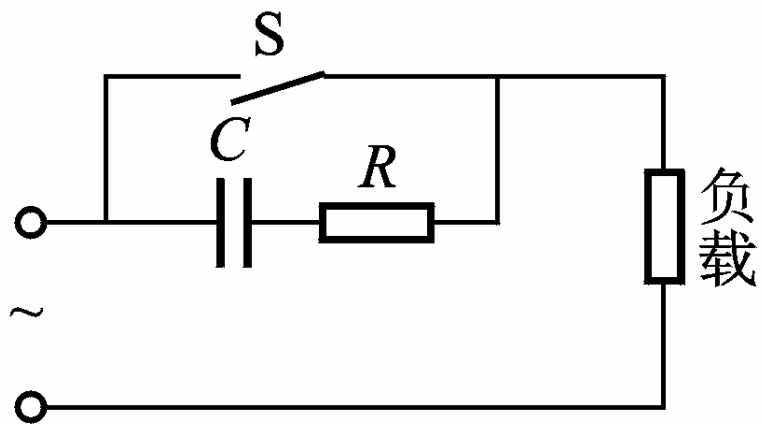


(b) 由电阻和二极管组成的反电动势抑制电路

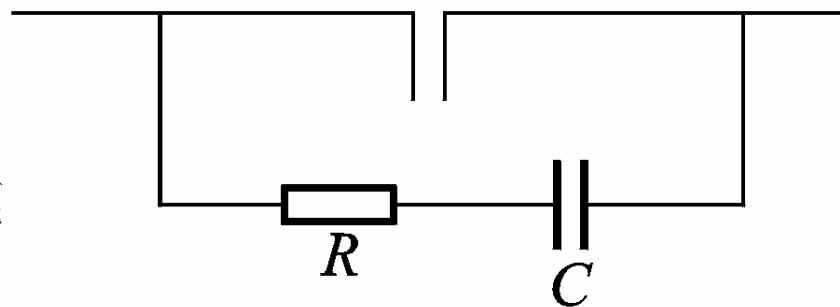


适当选择 R 、 C 参数，也能获得较好的耗能效果。这种电路不仅适用于交流驱动的线圈，也适用于直流驱动的线圈。

(3) 反电势抑制电路不但可以接在线圈的两端，也可以接在开关的两端，例如继电器，接触器等部件在操作时，开关会产生较大的火花，必须利用RC电路加以吸收。对于图（b），一般R取1~2K Ω ，C取2.2~4.7 μ F。



(a)



(b)

14.6 印刷电路板的抗干扰设计

印刷电路板（也称PCB板）是单片机系统中器件、信号线、电源线的高密度集合体，印刷电路板设计的好坏对抗干扰能力影响很大，故印刷电路板设计决不单是器件、线路的简单布局安排，还必须符合抗干扰的设计原则。

14.6.1 地线及电源线设计

一、地线宽度

加粗地线能降低导线电阻，如有可能，地线宽度应在2~3mm以上。

二、接地线构成闭环路

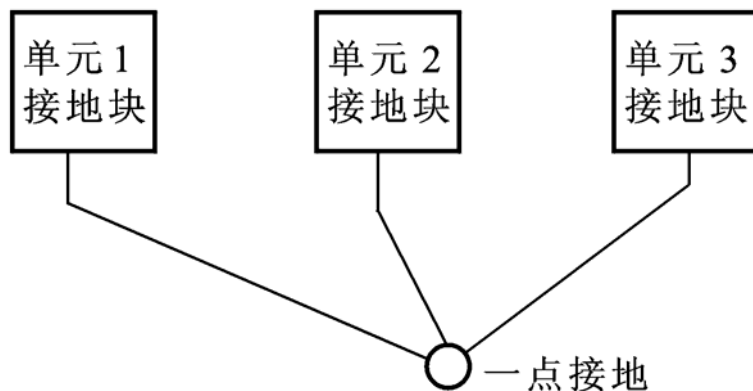
接地线构成闭环路能明显地提高抗噪声能力，降低线路阻抗，从而减少干扰。但要注意环路所包围的面积越小越好。





三、印刷电路板分区集中并联一点接地

当同一印制板上有多个不同功能的电路时，可将同一功能单元的元器件集中于一点接地，自成独立回路。这就可使地线电流不会流到其它功能单元的回路中去，避免了对其它单元的干扰。与此同时，还应将各功能单元的接地块与主机的电源地一点相连，如图所示。



这种接法称为“分区集中并联一点接地”。为了减小线路阻抗，地线和电源线要采用大面积汇流排。

数字地和模拟地分开设计，在电源处两种地线相连，且地线应尽量加粗。

14.6.2 去耦电容的配置

印制板上装有多多个集成电路，而当其中有些元件耗电很多时，地线上会出现很大的电位差。抑制电位差的方法是在各个集成器件的电源线和地线间分别接入去耦电容，以缩短开关电流的流通途径，降低电阻降压。这是印制板设计的一项常规做法。

一、电源去耦

电源去耦就是在每个印制板入口外的电源线与地线之间并接退耦电容。并接的电容应为一个大容量的电解电容（ $10\sim 100\mu\text{F}$ ）和一个 $0.01\sim 0.1\mu\text{F}$ 的非电解电容。

可以把干扰分解成高频干扰和低频干扰两部分，并接大电容为了去掉低频干扰成分，并接小电容为了去掉高频干扰部分。低频去耦电容用铝或钽电解电容，高频去耦电容采用自身电感小的云母或陶瓷电容。



二、集成芯片去耦

每个集成芯片都应安置一个 $0.1\mu\text{F}$ 的陶瓷电容器，安装每个芯片的去耦电容时，必须将去耦电容安装在本集成芯片的 V_{CC} 和GND线之间，否则便失去了抗干扰作用。

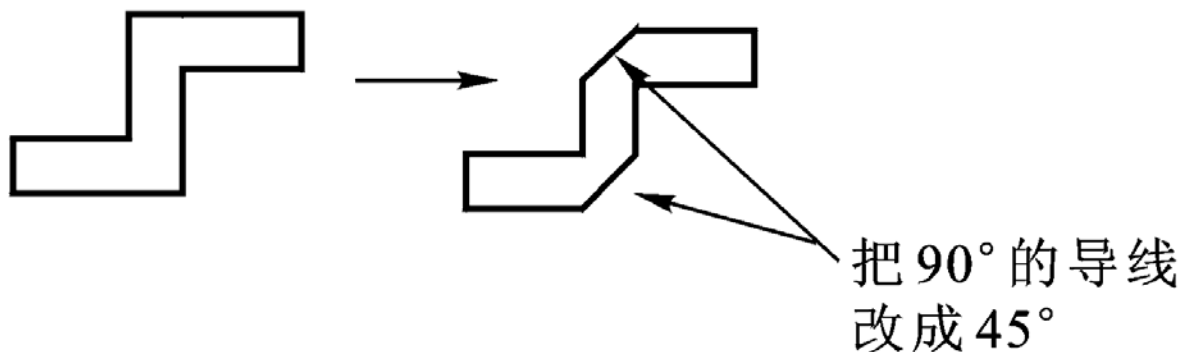
如遇到印刷电路板空隙小装不下时，可每4~10个芯片安置一个 $1\sim 10\mu\text{F}$ 的限噪声用的钽电容器。这种电容器的高频特性好于其他电解电容器。

对于抗噪声能力弱，关断电流大的器件和ROM、RAM存储器，应在芯片的电源线 V_{CC} 和地线（GND）间直接接入去耦电容。

14.6.3 印制板的布线的抗干扰设计

印制板的布线对抗干扰性能有直接影响。下面再补充一些布线原则。

- (1) 如果印制板上逻辑电路的工作速度低于TTL的速度，导线条的形状无什么特别要求；若工作速度较高使用高速逻辑器件，用作导线的铜箔在90°转弯处的导线阻抗不连续，可能导致反射干扰的发生，所以宜采用把弯成90°的导线改成45°，这将有助于减少反射干扰的发生。

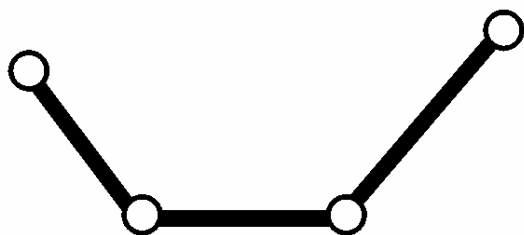




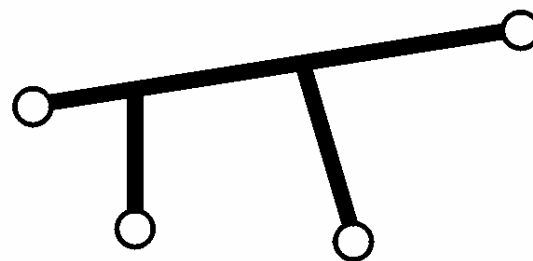
- (2) 不要在印制板中留下无用的空白铜箔层，因为它们可以充当发射天线或接收天线，可把就近它们接地。
- (3) 双面布线的印制板，应使双面的线条垂直交叉，已减少磁场耦合，有利于抑制干扰。
- (4) 导线间距离要尽量加大。对于信号回路，印制铜箔条的相互距离要有足够的尺寸，而且这个距离要随信号频率的升高而加大，尤其是频率极高或脉冲前沿十分陡峭的情况更要注意，只有这样才降低导线之间分布电容的影响。
- (5) 高电压或大电流线路对其它线路更容易形成干扰，低电平或小电流信号线路容易受到感应干扰，布线时使两者尽量相互远离，避免平行铺设，采用屏蔽等措施。

(6) 直流地与交流分开铺设。

(7) 走线不要有分支，这可避免在传输高频信号导致反射干扰或发生谐波干扰。



(a) 正确



(b) 不正确

14.7 软件抗干扰措施

单片机系统在噪声环境下运行，除了前面介绍的各种抗干扰的措施外，还可采用软件来增强系统的抗干扰能力。本节介绍几种常用软件抗干扰的方法。

14.7.1 软件抗干扰的一般方法

软件抗干扰技术是当系统受干扰后使系统恢复正常运行或输入信号受干扰后去伪求真的一种辅助方法。因此软件抗干扰是被动措施，而硬件抗干扰是主动措施。但由于软件设计灵活，节省硬件资源，所以软件抗干扰技术已得到较为广泛的应用。软件抗干扰技术所研究的主要内容如下：



- (1) 软件滤波。采用软件的方法抑制叠加在输入信号上噪声的影响, 可以通过软件滤波剔除虚假信号, 求取真值。
- (2) 开关量的输入 / 输出抗干扰设计。可采用对开关量输入信号重复检测, 对开关量输出口数据刷新的方法。
- (3) 由于CPU受到干扰, 程序计数器PC的状态被破坏, 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”, 或者进入死循环。因此必须尽可能早的发现并采取措施, 使程序纳入正轨。为使“乱飞”的程序被拦截或程序摆脱“死循环”可采用指令冗余、软件陷阱或“看门狗”等技术。

14.7.2 软件滤波

采用软件也可以实现滤波，完成模拟滤波器类似的功能，就是数字滤波。

一、算术平均滤波法

对一点数据连续取 n 个值进行采样，然后算术平均。

这种方法适用于对一般具有随机干扰的信号进行滤波。这样信号的特点是有有一个平均值，信号在某一数值范围附近上下波动。这种滤波法当 n 值较大时，信号的平滑度高，但是灵敏度低；当 n 值较小时，平滑度低，但灵敏度高。应视具体情况选取 n ，以使既节约时间，又滤波效果好。对于一般流量测量，通常取 $n=12$ ；若为压力，则取 $n=4$ 。一般情况下 n 取3~5次平均即可。



二、滑动平均滤波法

上面介绍的算术平均滤波法，每计算一次数据需要测量 N 次。在要求数据计算速度较快的实时控制系统，无法使用。下面介绍一种只需测量一次，就能得到当前算术平均值的方法——滑动平均滤波法。

滑动平均滤波法是把 n 个采样值看成一个队列，队列的长度为 n ，每进行一次采样，就把采样值放入队尾，而扔掉原来队首的一个采样值，这样在队列中始终有 n 个“最新”采样值。对队列中的 n 个采样值进行平均，就可以得到新的滤波值。

滑动平均滤波法对周期性干扰有良好的抑制作用，平滑度高，灵敏度低；但对偶然出现的脉冲性干扰的抑制作用差，不易消除由于脉冲干扰引起的采样值的偏差。因此它不适用于脉冲干扰比较严重的场合，而适用于高频振荡系统。通常通过观察不同 N 值下滑动平均的输出响应来选取 N 值，以便既少占有时间，又能达到最好滤波效果，其工程经验值为：

参数	温度	压力	流量	液面
n 值	1~4	4	12	4~12



三、中位值滤波法

中位值滤波法就是对某一被测参数接连采样 n 次（一般 n 取奇数），然后把 n 次采样值按大小排列，取中间值为本次采样值。中位值滤波能有效地克服因偶然因素引起的波动干扰。对温度、液位等变化缓慢的被测参数采用此法能收到良好的滤波效果。但对于流量、速度等快速变化的参数一般不宜采用中位值滤波法。

中位值滤波程序设计的实质是，首先把 n 个采样值从小到大或从大到小进行排序，然后再取中间值。 n 个数据按大小顺序排队的具体做法是采用“冒泡法”（排序程序设计见第4章）。



四、去极值平均值滤波法

前面介绍的算术平均与滑动平均滤波法，在脉冲干扰比较严重的场合，则干扰将会“平均”到结果中去，故上述两种平均值法不易消除由于脉冲干扰而引起的误差。这时可采用去极值平均值滤波法。

去极值平均值滤波法的思想是：连续采样 n 次后累加求和，同时找出其中的最大值与最小值，再从累加和中减去最大值和最小值，按 $n-2$ 个采样值求平均，即可得到有效采样值。这类似于体育比赛中的去掉最高、最低分，再求平均分的评分办法。

14.7.3 开关量输入 / 输出软件抗干扰设计

如果干扰只作用在系统的I/O通道上，则可用如下方法减小或消除其干扰。

一、开关量输入软件抗干扰措施

干扰信号多呈毛刺状，作用时间短。利用这一特点，在采集某一状态信号时，可多次重复采集，直到连续两次或多次采集结果完全一致时才可视作有效。若相邻的检测内容不一致，或多次检测结果不一致，则是伪输入信号。可停止采集，给出报警信号。由于状态信号主要来自各类开关型状态传感器，对这些信号采集不能用多次平均方法，必须绝对一致才行。

在满足实时性要求的前提下，如果在各次采集状态信号之间增加一段延时，效果就会更好，就能对抗较宽时间范围的干扰。延时时间在 $10\sim 100\mu\text{S}$ 左右。对于每次采集的最高次数限制和连续相同次数均可按实际情况适当调整。

二、开关量输出软件抗干扰措施

在单片机系统的输出信号中，有很多是驱动各种警报装置，各种电磁装置等的状态驱动信号。对这类信号的抗干扰有效输出方法是重复输出同一个数据，只要有可能，重复周期应尽量短。外部设备接收到一个被干扰的错误信息后，还来不及作出有效的反映，一个正确的输出信息又到来，就可以及时地防止错误动作的产生。

在执行输出功能时，应该将有关输出芯片的状态也一并重复设置。例如8155芯片和8255芯片常用来扩展输入输出功能，很多外设通过它们来获得单片机的控制信息。这类芯片均应进行初始化编程，已明确各端口的功能。由于干扰的作用，有可能在无意中将芯片的编程方式改变。为了确保输出功能正确实现，输出功能模块在执行具体的数据输出之前，应该先执行对芯片的初始化编程指令，再输出有关数据。

14.7.4 指令冗余及软件陷阱

单片机系统由于干扰而使运行程序发生混乱、导致程序乱飞或陷入死循环时，采取使程序纳入正规的措施，如指令冗余、软件陷阱等。

一、指令冗余

CPU取指令是先取操作码，再取操作码数。当单片机系统受干扰出现错误时，程序便脱离正常轨道“乱飞”。当乱飞到某双字节指令，若取指令时刻落在操作数上，误将操作数当作操作码，程序有可能出错。若乱飞到三字节指令，出错机率更大。在关键的地方人为地插入一些单字节指令或将有效单字节指令重写称为指令冗余。



指令冗余无疑会降低系统的效率，通常是在双字节指令和三字节指令后插入两个字节以上“NOP”指令，可保护其后的指令不被拆散。因此，常在一些对程序流向起决定作用的指令之前插入两条NOP指令，此类指令有：RET、RETI、ACALL、LCALL、SJMP、AJMP、LJMP、JZ、JNZ、JC、JNC、JB、JNB、JBC、CJNE、DJNZ等，以保证乱飞的程序迅速纳入正轨。。在某些对系统工作状态至关重要的指令（如SETB EA之类）前也可插入两条NOP指令。

指令冗余措施可以减少程序乱飞的次数，使其很快纳入程序轨道，但这并不能保证在失控期间不发生误动作，更不能保证程序纳入正常轨道后就太平无事了。程序的运行事实上已经偏离了正常顺序，有可能做着它现在不该做的事情。解决这个问题还必须采用软件容错技术使系统的误动作减少，并消灭重大误动作，在这一部分部介绍软件容错技术。

二、软件陷阱

所谓软件陷阱，就是一条引导指令，强行将乱飞的程序引向一个指定的地址，在那里有一段专门对程序出错进行处理的程序。如果我们把这段程序的入口标号称为ERR的话，软件陷阱即为一条LJMP ERR指令。为加强其捕捉效果，一般还在它前面加两条NOP指令。

NOP

NOP

LJMP ERR



软件陷阱一般安排在下列几种地方：

(1) 未使用的中断向量区：0003H-002FH

当干扰使未使用的中断开放，并激活这些中断时，就会进一步引起混乱。如果我们在这些地方布上陷阱，就能及时捕捉到错误中断。例如：系统共使用三个中断：INT0、T0、T1，它们的中断子程序分别为PGINT0、PGT0、PGT1，建议按如下方式来设置中断向量区：

ORG 0000H

0000	START:	LJMP	MAIN	; 引向主程序入口
0003		LJMP	PGINT0	; 中断正常入口
0006		NOP		; 冗余和陷阱
0007		NOP		
0008		LJMP	ERR	
000B		LJMP	PGT0	; T0中断正常入口
0016		NOP		; 冗余和陷阱
0017		NOP		
0018		LJMP	ERR	
001B		LJMP	PGT1	; T1中断正常入口
001E		NOP		; 冗余和陷阱
001F		NOP		
0020		LJMP	ERR	
0023		LJMP	ERR	; 未使用串行口中断, 设陷阱冗余和陷阱
0026		NOP		
0027		NOP		
0028		LJMP	ERR	
⋮				
0030		MAIN:	⋮	; 主程序
⋮				

从0030H开始再编写正式程序

(2) 未使用的EPROM空间

所编写的程序，很少有将EPROM其全部用完的情况。

对于剩余EPROM空间，一般均维持原状态（FFH），对于MCS-51指令系统来讲，FFH是一条单字指令（MOV R7, A）程序弹飞到这一区域后将顺流而下，不再跳跃（除非受到新的干扰）。这时只要每隔一段设置一个陷阱，就一定能捕捉到乱飞的程序。

一般将出错处理子程序ERR安排在0030H开始的地方，这样我们就可以用00 00 02 00 30五个字节作为陷阱来填充EPROM中的未使用空间，或者每隔一段设置一个陷阱（02 00 30），其它单元保持FFH不变

(3) 程序区

程序区是由一串串执行指令构成的，我们不能在这些指令传中间任意安排陷阱，否则影响正常执行程序。但是，在这些指令串之间常有一些断裂点，正常执行的程序到此便不会继续往下执行了，这类指令有LJMP、SJMP、AJMP、RET、RETI。这时PC的值应发生正常跳变。如果还要顺次往下执行，必然就出错了。我们在这种地方安排陷阱之后，就能有效地捕捉住它，而又不影响正常执行的程序流程。例如，在一个根据累加器的正、负、零情况进行三分支的程序中，软件陷阱的安置方式如下：

由于软件陷阱都安排在正常程序执行不到的地方，故不影响程序执行效率。在当前EPROM容量不成问题的条件，还是多多设置陷阱有益。



```

      JNZ  L1          ; A中内容非零，跳L1程序段
      -----
      AJMP L3          ; 断裂点
      NOP             ; 冗余指令
      NOP
      LJMP ERR        ; 软件陷阱
L1:   JB  ACC. 7, L2
      -----
      LJMP L3          ; 断裂点
      NOP             ; 冗余指令
      NOP
      LJMP ERR        ; 软件陷阱
L2:   -----
L3:   MOV  A, R2       ; 取结果
      RET
      NOP; 冗余指令
      NOP
      LJMP ERR        ; 软件陷阱
```

14.8 “看门狗”技术和掉电保护

本节讨论如何解决程序陷入“死循环”问题和单片机系统电源掉电数据的保护问题。

“看门狗”和掉电保护的实现

MCS-51的PC受到干扰而失控，引起程序乱飞，可能会使程序陷入“死循环”。有时指令冗余和软件陷阱技术不能使失控的程序摆脱“死循环”的困境，这时系统将完全瘫痪。如果操作人员在场，可按下人工复位按钮，强制系统复位。但操作人员不可能一直监视着系统，即使监视着系统，也往往是在引起不良后果之后才进行人工复位。能不能不要人来监视，使系统摆脱“死循环”，重新执行正常的程序呢？这可采用“看门狗”（Watchdog）技术来解决这一问题。



“看门狗”技术就是监视程序循环运行的时间。若发现时间超过已知的循环设定时间，则认为系统陷入了“死循环”，强迫系统复位，在复位入口0000H处安排一段出错处理程序，使系统运行纳入正轨。

另外，在单片机系统运行时，有可能会发生电源掉电的意外情况，一些重要的数据可能丢失。这时要系统应首先检测到电源的变化，然后通过切换电路把备用电池接入系统，以保护RAM中的数据不丢失。



目前“看门狗”电路和掉电保护电路，都已经集成在一片微处理器监控器芯片中。因此，MCS-51只需扩展一片微处理器监控器芯片即可。

这类芯片集成化程度高，功能齐全，具有广阔的应用前景。在单片机应用系统中使用微处理器监视器芯片，可以大大提高单片机应用系统的抗干扰能力和可靠性。

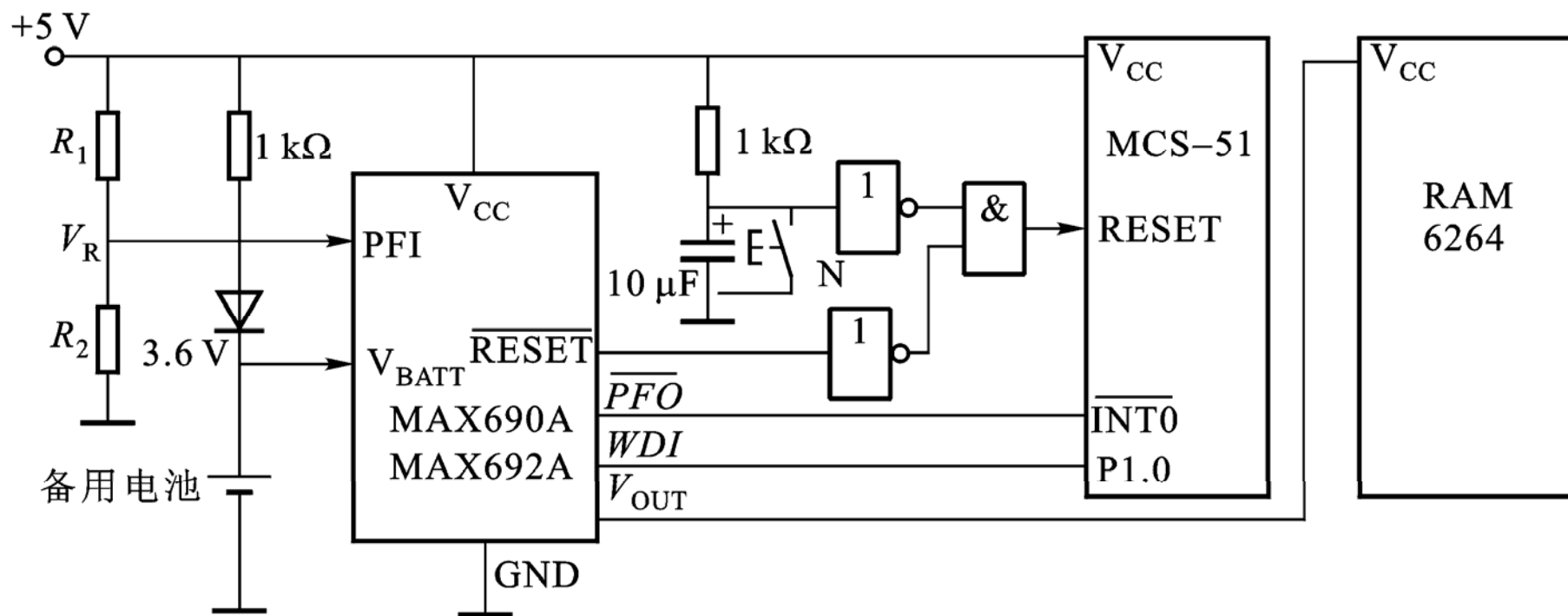
下面简单介绍美国MAXIM公司的微处理器监控器芯片MAX690A/MAX692A以及其与MCS-51的接口设计。与MAX690A/MAX692A功能相类似的芯片，还有MAX703-709、MAX813L、MAX791等。

MAX690A/MAX692A简介

MAX690A/MAX692A是美国MAXIM公司的产品，具有以下性能：

- (1) 具有Watchdog电路，进入死循环的时间间隔超过1.6s时，将产生一个复位输出。
- (2) 具有备用电池切换电路。
- (3) 在微处理器上电、掉电及低压供电时，产生一个复位输出信号。
- (4) 可用于低电平检测。

MAX690与8031的接口



END

