

# 苍穹电子

## 本期精华

2004年1月  
总第3期

可离线阅读的电子技术网络刊物  
唯一没有新闻稿的电子技术刊物  
提供设计原文件的电子技术刊物  
附有元器件数据手册的技术刊物

实用的红外遥控电扇电路.....	6
实用的电话防盗报警电路两例 .....	11
输液监测中的光电传感器应用 .....	13
150W 高效率实验室电源.....	18
NCP1200 单片开关电源应用.....	19
单片机实现低成本 A/D 转换之三.....	23
单片机数字滤波算法介绍.....	26
ORCAD/PSIPICE9 软件介绍.....	35
MULTISIM 电路仿真分析方法之二.....	44
点焊操作的原理与工艺控制.....	53
诺基亚 3210 移动电话原理分析.....	58



本刊物由苍穹电子网 ( <http://www.51circuit.com/> ) 提供。

刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。

## 本期目录

刊首寄语.....	4
征稿启事.....	5
<b>实用电路</b>	
实用红外遥控电扇电路.....	6
简单可靠的实用测温电路.....	10
实用的电话防盗报警电路两例.....	11
输液监测中的光电传感器应用.....	13
自制 EPROM 紫外线擦除器.....	17
<b>电源</b>	
150W 高效率实验室电源.....	18
NCP1200 单片开关电源芯片应用.....	19
<b>单片机应用</b>	
对《单个 I/O 口实现多个按键》一文的补充.....	22
普通单片机实现低成本 A/D 转换之三.....	23
单片机数字滤波算法介绍.....	26
单片机监控与中断扩展电路三例.....	32
<b>EDA 软件</b>	
ORCAD/PSPICE9 软件介绍.....	35
MULTISIM2001 电路仿真方法介绍 (二).....	44
<b>电子知识</b>	
USB 总线简介.....	47

本刊物由苍穹电子网 ( <http://www.51circuit.com/> ) 提供。

刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。

---

**印制电路板设计**

PROTEL99 中与 PCB 有关的概念.....49

**电子工艺**

点焊操作的原理与工艺控制.....53

**通信世界**

NOKIA-3210 手机电路详解 (二).....58

**电子文摘**

电子设备中的抗 ESD 设计规则.....62

**本期附件**

单片机实现低成本 A/D 转换应用实例

## 刊首寄语

《苍穹电子》在试发行 2 期后，得到广大电子爱好者的热烈欢迎。为使刊物名称更加贴近刊物内容，从 2004 年起本刊物将正式更名为《苍穹电子技术》，而刊物的栏目与内容保持不变，继续以实用的电子技术内容为主。

本刊物的订阅方法为：

发一封邮件同时到 [azhu@pub3.fz.fj.cn](mailto:azhu@pub3.fz.fj.cn) 和 [circuit51@tom.com](mailto:circuit51@tom.com) 信箱，邮件主题写明“订阅苍穹电子”，发件人的邮箱即为订阅邮箱。

在《苍穹电子》第二期中刊出征集义工的启事后，得到了许多电子爱好者的热烈响应，有许多朋友来信要求担任《苍穹电子》刊物的义工，本编辑部在此对这些网友的公益心表示感谢。

在本期的刊物编辑与发行工作中，就有许多义工参与其中，还有一些朋友给刊物提供了不少宝贵的建设性意见，本编辑部在此向他们表示诚挚的感谢，他们是：

世琪

连秀琴

左敬志

韩彬伟

定晋军

白咸林

LITTLE

.....

还有其他一些义工，由于名单较长，在此不一一列出。

新的一年即将到来，在新的一年里希望本刊物能带给朋友们更多实用的电子技术内容，并恭祝朋友们圣诞快乐！新年如意！

《苍穹电子》编辑部

---

本刊物由苍穹电子网 ( <http://www.51circuit.com/> ) 提供。

刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。

## 征 稿 启 事

为使刊物内容更加丰富，并给网友们提供一个技术文章创作的空间，《苍穹电子》刊物决定进行对外征稿，我们热切希望广大网友给予关心和支持并寻暇撰稿。稿件一经录用，将付以优惠稿酬。

为了突出《苍穹电子》刊物在电子设计方面的专业特色，本站优先刊登与电子设计及其相关领域的应用文章，具体包括实用电路、单片机应用、电源电路、印制板设计、新器件应用和 EDA 软件应用等等。

来稿要求与注意事项：

1. 请采用电子邮件方式投稿，便于作者与编辑的沟通，请将稿件和配图用 Winzip 压缩在一起发送，本刊的投稿邮箱为：azhu@pub3.fz.fj.cn

2. 稿件要求务必论点正确、条理清楚、层次分明、文字精炼、数据可靠。每篇文章一般不超过 6000 字。内容包括：题目，作者姓名，摘要，关键词（3~5 个），正文，参考文献，本稿要求采用纯文本（\*.txt）格式，并在文中需要配图的位置以“（图 X）”等形式作出标注。

3. 稿件配图的图像分辨率须在 300DPI 以上，请不要自行减低配图的清晰度或减小配图的尺寸，建议保存为 TIF 或 JPG 格式。

4. 请在稿件的末尾注明作者的真实姓名和笔名、详细通讯地址、邮政编码、联系电话、E-mail 地址等信息。

5. 本刊在收到稿件一周至一月内给予回复，若在一月内未收到本站回复，作者可自行处理。

6. 来稿一经刊用即寄稿酬并邮件通知，若在刊用两月后仍未收到稿酬，请与本刊编辑部联系。

7. 请认真贯彻《中华人民共和国著作权法》，文责自负。对有一稿多投、剽窃和抄袭行为者，我们将严肃处理，情节恶劣者，将追究其相关法律、经济责任。

---

本刊物由苍穹电子网（<http://www.51circuit.com/>）提供。

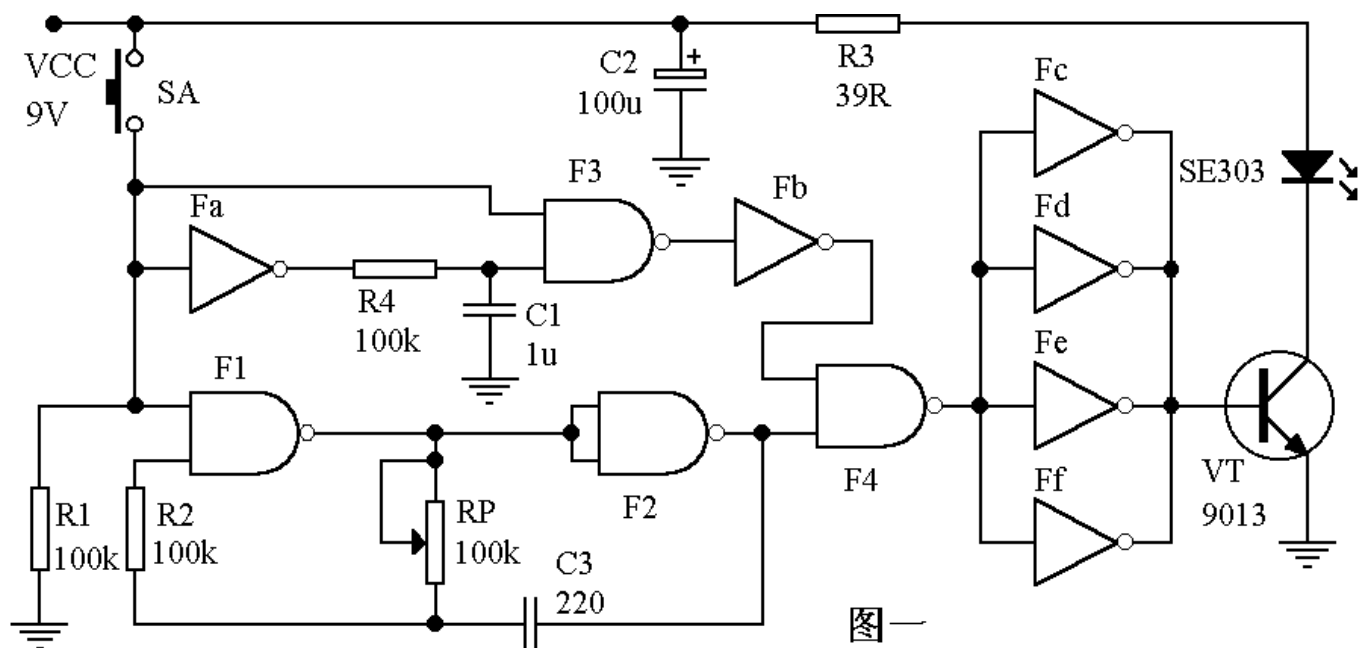
刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。

## 实用红外遥控电扇电路

作者：飞来峰

随着生活水平的不断提高，空调已日渐普及，但电扇由于价格低廉，仍然有较大的市场，某些有附加功能的电扇尤其倍受人们喜爱，象遥控电扇在今天夏天就成为了畅销品。本文向读者们推荐一个红外遥控电扇电路。

本电路是以一块十进计数电路 CD4017 为核心组成的步进式红外遥控装置。它除了能控制电风扇以高、中、低三速运行外，还可以模拟阵风，是一种性能较好的遥控电路。



### 电路工作原理如下：

发射机：如图一所示。它由一块集成六反相器 CD4069 和四与非门 CD4011 组成。其中 F1、F2 接成多谐振荡器，产生调制信号，振荡频率  $f=1/2.2RP*C3$ ，调节 RP 可改变振荡频率。Fa、F3 及 R4、C1 组成单稳定时器，控制着振荡器发送调制信号时间的长短。定时时间由公式  $t=0.85R4*C1$  确定。

平时发射机耗电极微，所以不设电源开关，只设发射开关 SA。其各点电位关系为：S 低，M 高，N=M 高，P 高，V 低，F4 关闭。

按下发射键 SA，振荡器起振。由于 S 变高将 F3 反相，P 变低，V 变高，F4 开通，发射机发出调制信号。

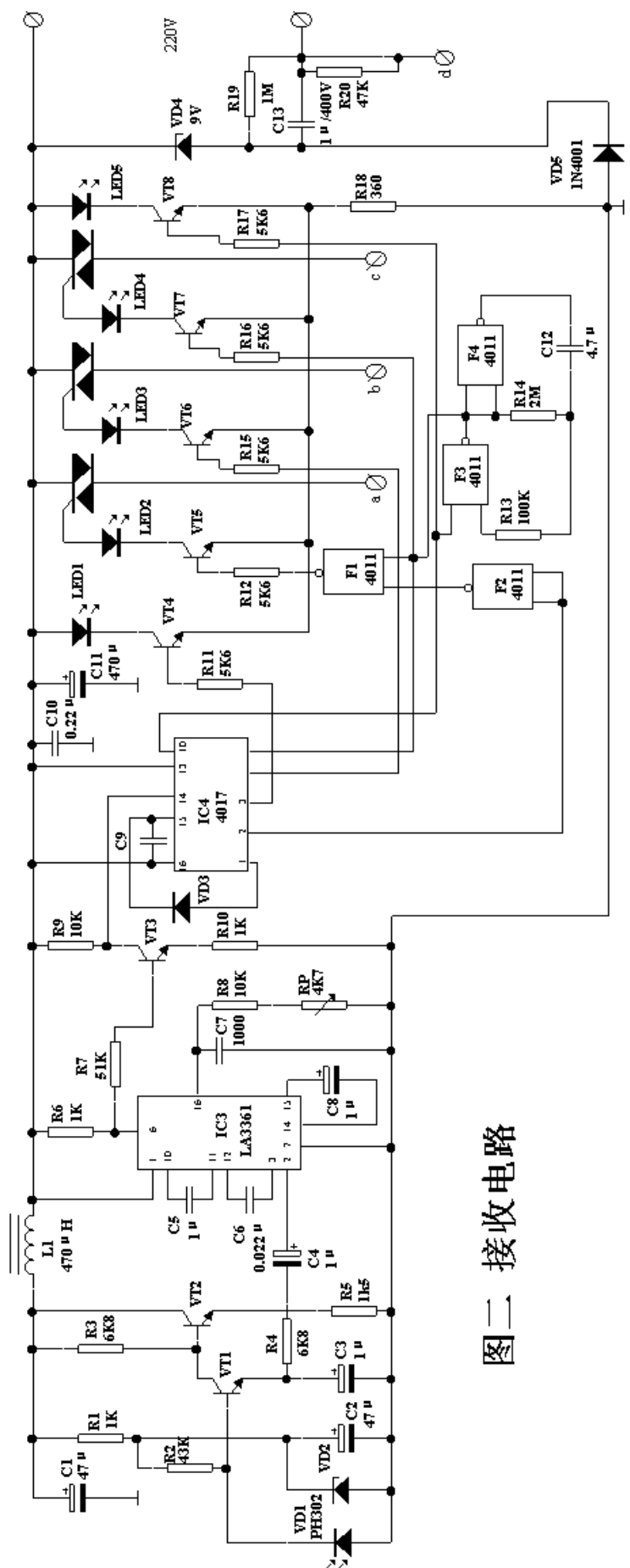


在SA接通时S变高，M变低，由于R4C1的作用，N点仍维持高电平。之后C1经R4放电，经 $t$ 后放电结束N点变低，F3反相，P变高，V变低将F4关闭。故不论SA闭合多长时间，只能有一个周期为 $t$ 的时间通过调制脉冲。这对使用干电池作电源的发射器节约电源很有实用意义。

接收机：如图二。它由前置放大器、锁相解调器、计数器和定时器四部分组成。

前置放大器：由VT1、VT2两晶体管构成了一个工作点稳定的直接耦合合式放大器，R4负反馈电阻，用以稳定直流工作点。C2为交流旁路电容，用以减小交流负反馈，提高增益。

用于遥控电路的前置放大器，不仅要有足够的电压增益，而且要有较大的动态范围。也就是说VD1的暗电流的变化，不致破坏VT1、VT2的工作点，由于本电路中的VD1和放大电路的VT1是直接耦合的，这一点尤为重要。本电路在VT1的输入端设置了由R1、VD2构成的稳压偏置电路，使VT1的基极电压始终低于4.7V，保证了即使在暗电流下，VT1也不致饱和、VT2不会截止。但该电路的缺点是当暗电流很大时，会使VT1截止，这可以在光敏管前加一块滤色玻



图二 接收电路

璃即可。

锁相环解调器：一般遥控接收电路所采用的 LC 选频网络选频法，结构复杂，调试繁琐，而且效果不尽满意，特别是抗干扰指标很难提高。为此不得不使用两次调制的方法，使发射机的电路更趋于复杂化。用锁相环电路实现解调与选频检波方式相比有以下特点：

(1) 一般锁相环 IC 的灵敏度较高，所以可以相对降低前置放大器的要求，且锁相环仅对某一频率发生响应（锁定）。即使信噪比较低，仍能实现解码。这样，就相对地提高了接收灵敏度。

(2) 抗干扰性较好。LC 选频回路的 Q 值总是有限的，且又要兼顾灵敏度和抗干扰性。而锁相环电路只对捕捉带内的有用信号发生响应；对于捕捉带外的信号即使强度再大也不会响应。正是这个特点使得这种解调方法具有极大的优越性。锁定范围可通过电路参数的调整来改变，对灵敏度没有影响。

常用的单片集成电路锁相环有 LM567 和 CD4046。LM567 的最高工作频率为 500kHz，所以称为音频锁相环电路，而 CD4046 为 CMOS 集成电路，最高工作频率为 1.2MHz。本电路使用一块 LA3361 立体声专用解码电路，实验证明效果相当理想。

专用解码电路 LA3361 的内部包括一个压控振荡器 VCO、两个正交鉴相器 PD1 和 PD2、分频器、立体声解码器和指示器等。VCO 的振荡频率在环路锁定后为导频信号频率的 4 倍。一旦频率锁定后，PD2 的输出使指示灯触发翻转，在 6 脚输出一个负跳变电压，故该脚可作为解调输出端。环路的捕捉范围通过 14 ~ 15 脚间的低通网络来调节。在本机中 C4 的取值可任意在 1 ~ 10 $\mu$ F 间选取。

虽然锁相环电路能对捕捉带内的各种频率作出响应，但在实际上，为了尽可能提高电路的动作灵敏度、VCO 的中心频率应尽量对准发射频率，从其频率特性中可以看出，捕捉特性并非理想的矩形，输入信号愈接近 VCO 的振荡频率（19kHz），捕捉灵敏度就愈高。LA3361 的锁定灵敏度约 7mV。

计数器：由 CD4017 组成，它是一个十进计数集成电路。每输入一个脉冲信号，Q0 ~ Q5 依次输出高电位并通过一级反相放大后触发可控硅导通。本电路仅用 Q0 ~ Q5 五个输出端。

定时器：定时器是由 F1、F2、C11、R12 等组成的多谐振荡器，它的振荡周期为 10 ~ 0.5 秒，是一个超低频振荡器。其功用是用作模拟自然风控制的，通过振荡输出信号的高电平和低电平，控制 VT5 的交替导通与截止，从而使风扇（电机）获



得时开时停的阵风功能。为了简化电路，本机仅在强风挡设置阵风模拟功能。

电扇的控制电路作用如下：当红外发射器发出一个个控制信号时，计数器的 Q0 ~ Q5 分别依次输出高电平。当 Q0 输出高电平时，VT4 导通电路处于关闭等待工作状态。Q2 输出高电平时，VT6 导通触发可控硅导通，风扇于中速挡运转。Q3 输出高电平时，VT7 导通使可控硅导通，风扇于低速挡运转。Q4 输出高电平时，因 F1 的输入端口获得高电平而被触发，振荡器开始振荡。当振荡器输出的高电平到达 F4 的输入端 6 时，由于 Q1 输出为低电平，F3 的输入端 1、2 为低电平，输出端 5 为高电平，因而 F4 输出低电平，F5 截止，可控硅不导通。振荡器输出低电平时，F4 输出高电平，VT5 导通，触发可控硅导通，使风扇转动。

电路中的 VT4 与 VT8 的作用：当电路在空挡和高速阵风挡时，由于 VT4 和 VT8 的导通在共用发射极电阻 R18 上的电压降，使电路易于起动和停止。当 Q5 输出高电平时，经 VD3 使电路复零。

#### 元件选用：

集成电路 CD4069、CD4011 及 CD4017 均为 CMOS 型，可用国产 CC4069、CD4011 及 CC4017。VT1 可用 9013，VT2 用 9012 或 3CG14，VT4 ~ VT8 可用 9013 或 3DG12。可控硅应选用 3A/600V。C14 应选用 1 $\mu$ /400V 金属纸介电容。稳压管 VD2 挑选 4.7V 的，VD4 为 9V。其余元件按图选用。

#### 电路调试：

发射机：调整 R3 使发射频率为 19kHz，整机电流在静态时小于 10 $\mu$ A，工作时约 30 ~ 40mA。

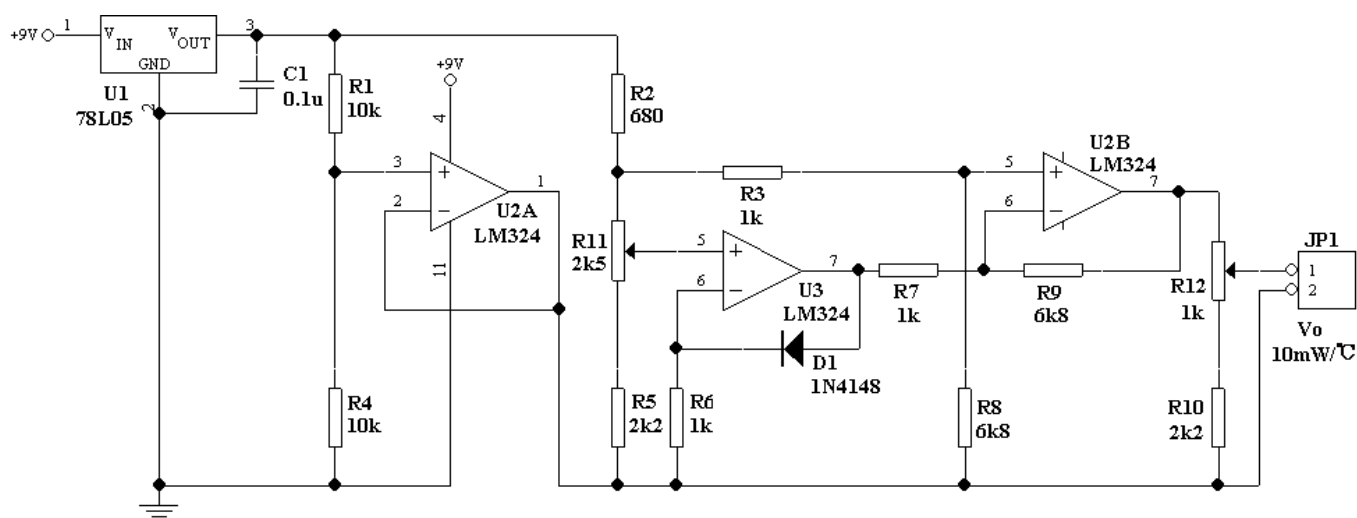
接收机：稳压管 VD2 的稳压值应在 4.7V 左右，不合格时应更换。VT2 集电极电压约 2V。锁相环部分，调节 RP 使 12 脚能输出 19kHz 的信号。在 12 脚输入 19kHz、10mV 的正弦信号，在 6 脚应输出 > 0.3V 的电压。

将接收机接通电源，按动发射机按钮 SA 两次时 LED3 应发光，按第三次时 LED4 应发光，按第四次时 LED5 及 LED2 应发光，按第五次时计数器复零，无显示，再按一次 LED1 发光。若按动 SA 时无反应，应微调发射机的 RP 使发射机和接收机的锁相频率一致。

## 简单可靠的实用测温电路

作者：云飞扬

任何一个普通的二极管（例如 IN4148），从原理上讲，都可以作为一个优良的、具有一定精度的电子温度计的传感元件，因为二极管在温度每升高 1 度时，其正向压降将降低 2mV。



如上图所示，一个恒定的参考电压加在运放 A2 的同相输入端，运放的反相输入端则接入一个二极管和一个电阻。流过二极管的电流同时也流过电阻，因此在电阻上保持了恒定的压降。这样当运放输出端电压发生变化时，它只可能是因温度变化而造成二极管正向压降变化所致，即运放输出电压的变化正比于二极管的温度变化。图中的参考电压由集成稳压器 IC 提供。IC1 的输出电压经过 R3、W1、R4 组成的分压器分压后加到 A2 上。A2 的输出电压再经过 A3 放大。A3 的同相输入端也保持恒定的电平，其电压也是由 R3 和 W1、R4 分压后提供的。R5 和 R8 阻值的选择应使 0V 对应于环境温度 0 度。

为了使电子温度计能测量 0 度以上和以下的温度，本电路并未采用对称供电电源，而是采取了不同寻常的解决办法。首先用了一个集成稳压器 IC1，它给 A2 和 A3 提供了相当稳定的参考电压。附加放大器 A1 和 R1、R2 一起产生一个相对于负电源线为 +2.5V 的电压。这个 +2.5V 的电源线就作为温度计的“地线”。因此，IC2 的 11 脚电压为相对这个“地线”的 -2.5V，4 脚为相对于这个“地线”的 +6.5V。

本电路的电源消耗约 5mA，因而对偶尔使用的温度测量来说，用 9V 层叠电池供电已足够了。假如需连续测量，则可采用一个简单的电源变压装置供电。因电路中采用了集成稳压器 IC1，所以电源变压装置无须稳压。

大多数电压表都适于作本电路的指示器。本温度计的测量范围为  $-9.99 \sim +99.9$  度。电路的调整方法如下：先调整 W 1 使 0 度时的输出电压为 0V。然后调整 W 2，使 99.9 度时，输出电压为 0.999V。

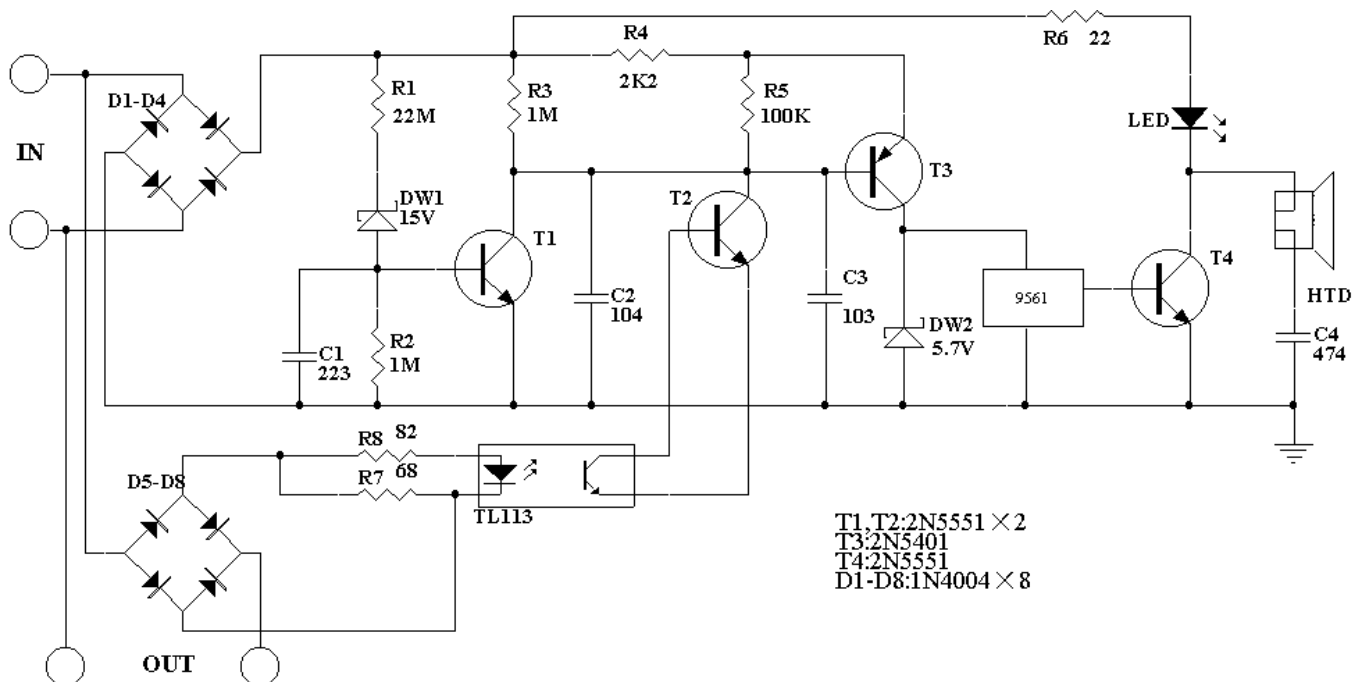
若在输出端接入控制电路，就可以用于自动温度控制电路。可用于控制家禽孵化、恒温培养、高温试验室等场合。

## 实用的电话防盗报警电路两例

作者：汽车

电话在国内已经成为生活必需品之一，但电话被窃用有时会给使用者带来烦恼，本文向读者们推荐两款实用的电话防盗报警电路。

第 1 种电路如下图所示。



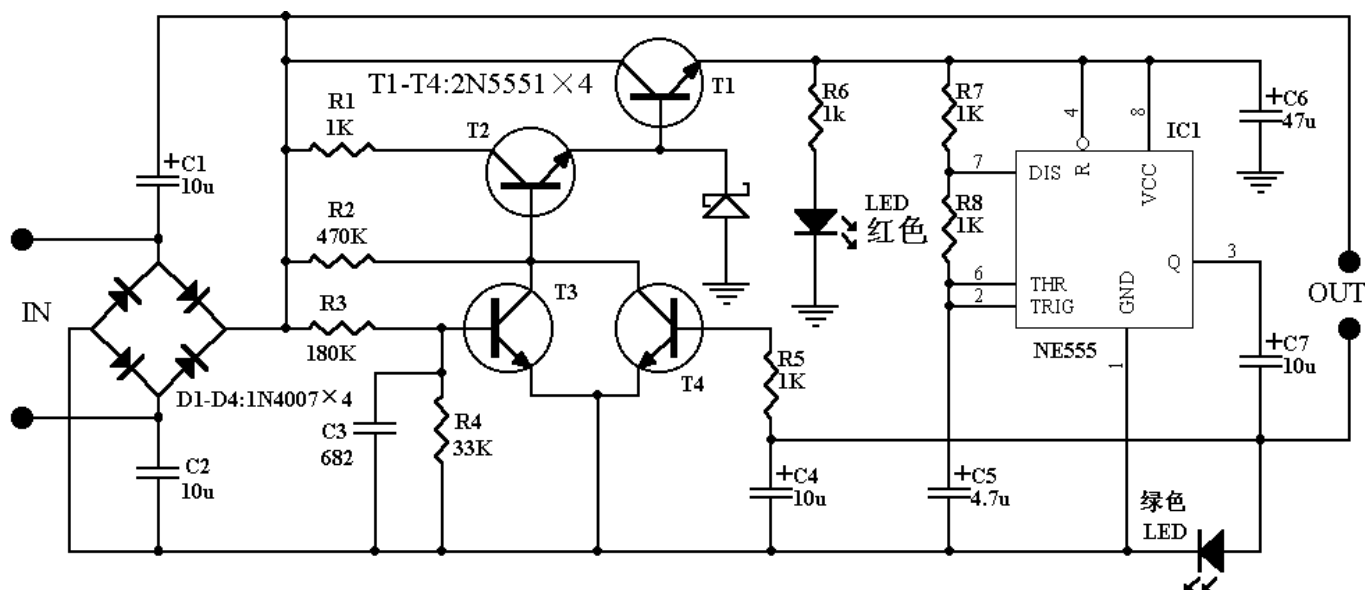
当电话线路被窃用时，线路的正常电压由 48V 下降到 10V 左右。此电压不足以使 15V 的 DW1 击穿导通。于是 T1 由原来的导通转为截止，T2、T3 导通，报警片 KD-9561 得电，其输出信

本刊物由苍穹电子网 ( <http://www.51circuit.com/> ) 提供。

刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。

号经 T4 放大后，又经 R6、LED 反馈至线路，电路发出的报警声使窃机无法使用；同时 LED 发光、HTD 发声提醒用户。当用户自己使用时，流过话机的电流（约 30mA）流经 R7 产生约 2V 的压降，此电压使光电耦合器（TIL113）内的发光二极管导通，这相当于给 T2 加了一个下偏置电阻，其上较低的分压（约 0.3V）使 T2 瞬间由导通变为截止，T4 截止，确保报警电路不干扰通话。

2、第 2 种电话防窃报警器如下图所示。



正常挂机时，外线（48-60V）的线路电压经 D1 - D4 整流，由 R3、R4 分压后大于 0.6V，使 T3 导通，T2、T1、T4 截止，IC 与 D6 无电源不工作，D6、D7 红绿指示灯均不亮。当有外线窃机时，外线电压降至 10V 左右，此时由 R3、R4 分压后小于 0.6V，使 T3、T4 截止，T1、T2 导通，IC、D6 得电，D6 闪烁红灯报警。同时，IC（NE555）第 3 脚输出多谐振荡脉冲，经 C7、C4、C2、C1 送到外线，干扰窃机。当用户搞机时，外线电压降至 10V 左右，虽然这时 T3 截止，但因用户话机的直流电源经 D1 - D4 和 D7 构成通路，并在导通（D7）的同时，产生 1.2V 的直流压降，经 R5 限流后使 T4 导通，T2、T1 均截止，D6 及 IC 无电源，皆不工作。这时，用户话机的音频信号经 C4、C1 和 C2 送到外线，保证正常通话。

## 输液监测中的光电传感器应用

作者：久久

医疗器械电子产品是很有发展前景的电子产品,本文向读者们推荐一种用于进行输出液监测的光电传感器应用电路,用于对输液量进行监测,其原理可以扩展到其它的许多应用方面。

光电传感器作为检测系统中的信息采集元件,至少具有以下优点:

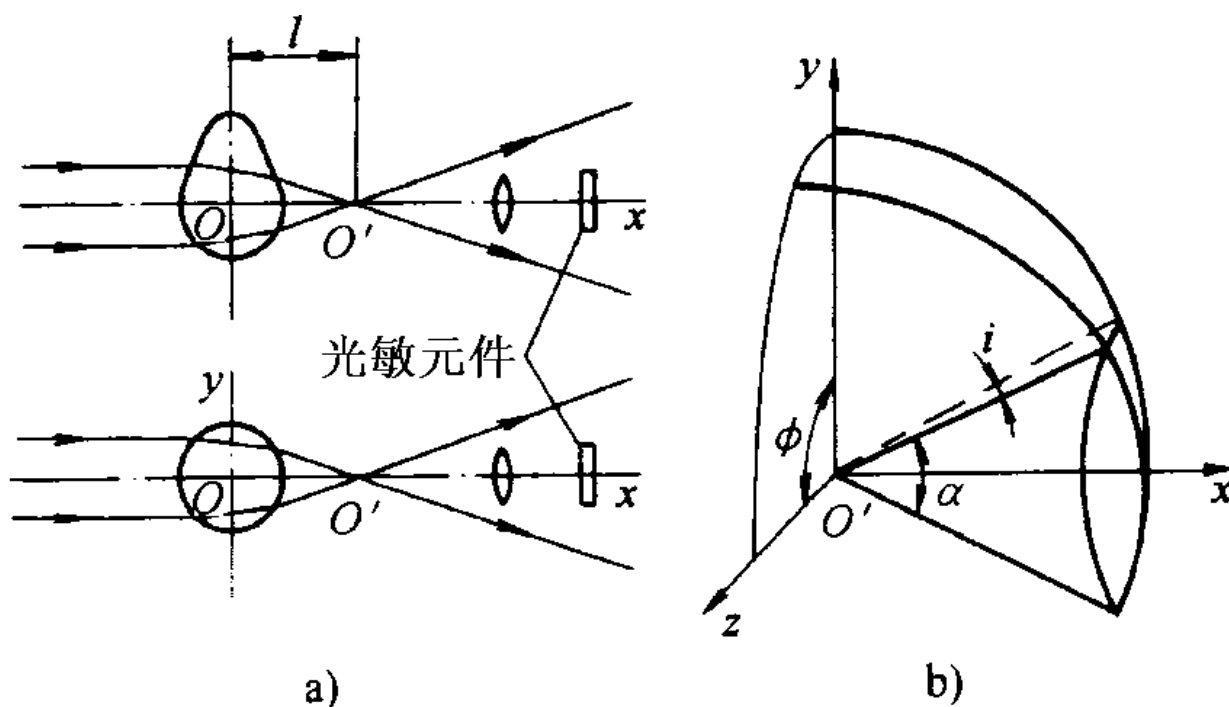
- 1) 非接触式检测,即不触及被测对象,无损伤。
- 2) 响应速度快,其响应时间通常可达  $10^{-1} \sim 10^{-6}$ S。
- 3) 受环境影响相对较小,如果采用适当的方法,还可以克服背景光的干扰。
- 4) 测量精度高。

当然,光电传感器也有其不足,主要是信号微弱、背景光干扰和光源稳定化等问题,一般来说,通过适当的办法是可以克服的。

本节将介绍一个应用实例,以助于读者加深对这类传感器的理解。

临床医学中,常采用静脉穿刺的办法将药液直接经静脉注入体内,这种输液方式称作静脉输液。病人在输液过程中对已输液量或留剩液量等状况都需要医务人员不断地巡视,尚未做到远距离观察。为了实现自动报警的目的,我们对此作了一些研究。

根据临床医学的有关知识,一定量(以毫升为计量单位)的药液其输液量与滴液数有关,一般来说,由茂菲式滴管的小滴管滴落的每一滴为  $1/15$ mL,或者说每15滴液滴总计为1mL。现在还有一种茂菲式滴管,每一滴为  $1/20$ mL。不过,无论是哪一种滴管,其每滴的体积是恒定的。



图一 液滴的光学特性分析

a) 液滴对光的折射 b) 点光源的空间形态

因此，只要能检测液滴滴数，即可检测到药液的输入量。

由于医学自身的特殊要求，检测系统绝对不能直接接触药液，尤其是提取信号的传感器，否则有可能造成细菌污染。因此，必须要进行非接触测量。

下面介绍一种光电式液滴传感器，这种传感器充分利用液滴的光学特性，实现了非接触检测。为理解液滴传感器的工作原理，首先需要了解液滴的光学特性。

### 一、液滴的光学特性

用于静脉输入的药液很多，从光学角度上讲，可以分成三类，即透明的、不透明的和半透明的。首先，对透明液滴的光学特性加以分析。

图一所示为液滴在滴落状态下的外观形状，其侧面为瓜子形、横截面为圆形；当平行光束入射到液滴上时，光线将依照光学折射规律改变光路。设药液的光学折射率与水的光学折射率相近，即  $n=4/3$ ；液滴的横截面直径为  $2r$ ，那么，平行光经液滴折射而成为会聚光，并且会聚光点  $O'$  到液滴中心  $O$  点的距离  $l$  为

$$l = r + \frac{2r^2}{nr + 2(n-1)r} = 2r$$

一般液滴直径  $2r=2.5 \sim 3\text{mm}$ ，也就是说，当平行光穿过液滴时，光束被会聚到距离液滴滴落轨迹中心线约  $2.5 \sim 3\text{mm}$  处。

如图所示在入射光相对方向安置光敏元件，那么，当无液滴滴落时，光线直接投射到光敏元件的光敏面上；而当有液滴滴落时，对于光敏元件而言，此时所接收到的光线为前方某一位置一点光源的部分光线。两种情况下，光敏元件所接收到的光强度不同，所产生的光电流也不同。

为导出光敏元件的最佳安放位置，不妨作如图一 b 所示的假设：设光源为均匀发光光源，光强度为  $\Phi_0$ ，光源所产生的平行光完全为光敏元件所接收；而经液滴会聚所产生的点光源  $O'$  相对于光敏元件的光敏面锥角为  $\alpha$  的锥体的光束被光敏元件所接收；设锥体的轴线如图一 b 所示与  $O'x$  轴相重合，则光敏元件所接收的光强度  $\Phi''_0$  为

$$\Phi''_0 = \int_0^{2\pi} \int_0^{\alpha/2} \Phi'_0 \sin i \, di \, d\phi = \int_0^{2\pi} \Phi'_0 \, d\phi \int_0^{\alpha/2} \sin i \, di = 4\pi \Phi'_0 \sin^2(\alpha/4)$$

式中， $\Phi'_0$  为点光源  $O'$  的光强度， $\Phi'_0$  与  $\Phi_0$  有关。

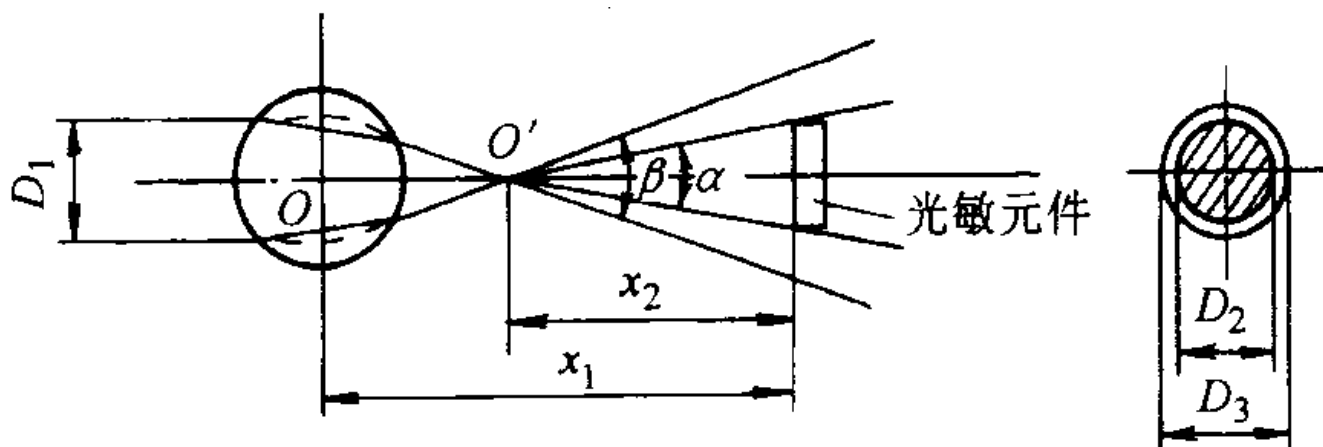
上式中的  $\Phi'_0$  值与光敏面直径  $D_2$  以及光敏面到点光源  $O'$  的距离  $X_2$  有关，并且

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{D_2}{2x_2}$$

对于光敏元件如光敏二极管，其光电流  $I$  与入射光强度  $\Phi$  之间在一定的范围内成线性关系，为了在后继电路上成功地区别出平行光入射（无液滴经过）与点光源入射（有液滴经过），两者的光电流在数值上必须有明显的差异。设点光源入射的光强度  $\Phi''_0$  是平行光入射的光强度  $\Phi_0$  的一半，则无液滴滴落时的光电流  $I_0$  约为有液滴滴落时光电流  $I'_0$  的两倍。这样，后继电路（如电压比较器）的设计就简单一些而且可靠性也高。为了做到这一点，必须将光敏元件的光敏面安



放在距液滴滴落线 O 的适当位置。



图二 光敏元件受光示意图

如图二所示，设平行光束直径为  $D_1$ 、光敏面为圆形，直径为  $D_2$ ，光敏面所在的发散光锥体横截面直径为  $D_3$ ，光敏面距点光源  $O'$  为  $x_2$ 、距液滴中心  $O$  为  $x_1$ 。若光敏面所接收到的光强度为总的光强度的一半，那么，光敏面的受光面积（图二右图中的阴影部分）应为光敏面所在的发散光锥体横断面面积的一半，即  $D_3=1.414 \cdot D_2$ ，对图二进行几何分析，并结合式该公式可得

$$x_2 \approx D_3 \left( \frac{2r}{D_1} \right) = \left( \frac{2\sqrt{2}D_2}{D_1} \right) r$$

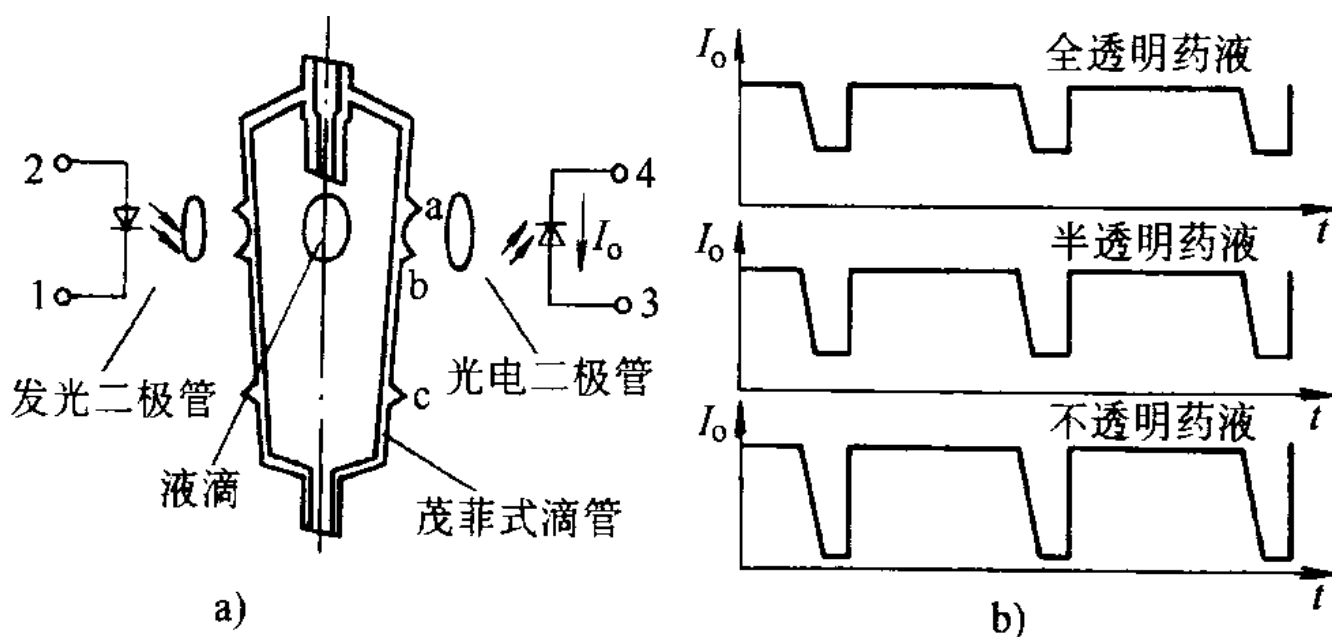
进而可求得光敏面距液滴中心点  $O$  的距离  $x_1$  为

$$x_1 = x_2 + 2r = \left( 2 + \frac{2\sqrt{2}D_2}{2D_1} \right) r$$

上述所讨论的结果只是针对透明药液，但同样也适用于半透明药液。而对于不透时药液来说，情况就更为简单，这种不透明药液滴落时将完全遮挡住入射光束，从而有液滴滴落时，光敏面的光照度几乎为零。

## 二、光电式液滴传感器

根据上述对液滴光学特性的分析，设计了如图三 a 所示的传感器。传感器由一对光电管构成，发光二极管发出经调制的平行光束，穿过茂菲式滴管到达光电二极管。实际设计的传感器采用砷化镓红外发光二极管作光源，产生束径为 3mm（即  $D_2=3\text{mm}$ ）的平行光，光电二极管的光敏面为 3mm（即  $D_2=3\text{mm}$ ），根据上式，光电二极管距茂菲式滴管的滴落中心线的距离不小于  $4.1r$  即 10.3 ~ 12.4mm。结构上，将光电二极管设计成中心距离可调节，范围在 10 ~ 13mm 之间。

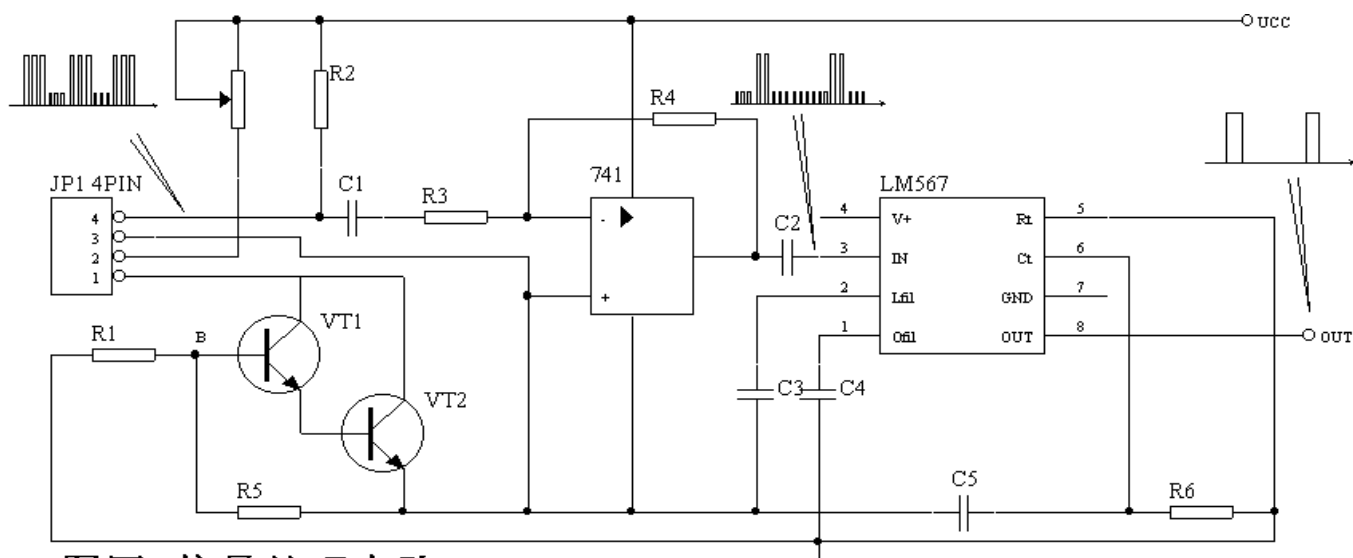


图三 光电式液滴传感器及信号输出

为使用方便，将这一对光电管安装在一个小夹子上，使用时，将夹子夹于滴管的上、中凸圈 a、b 之间即可。

对于不同性质的药液，随着液体的滴落，光电二极管将输出一系列如图三 b 所示的脉冲信号，供后继的电压比较电路处理。

### 三、信号调理电路



图四 信号处理电路

为了消除日光、灯光等背景光对检测系统的干扰，提高电路的可靠性，需要将发光二极管的光强进行调制。电路采用 LM567，如图四所示，图中 4PIN 插座的 1、2、3、4 接线对应于图三中的相同符号。在 B 点产生的是频率为 10kHz 的方波信号，此信号控制复合管 VT1、VT2 的导通，从而使流经发光管的电流以一定的频率通断，进而使发光二极管发出同样频率（10kHz）的调制光， $R_{w1}$  为限流电阻。光电二极管所接收的为调制光辐射，从而产生以 10kHz 为载频的调

幅光生电流，经 741 反向放大（放大倍率 50 ~ 100）后进入 LM567。从 LM567 的 3 脚进入的信号是很复杂的，含有各种频率的信号（包括干扰），但在 LM567 片内相敏检波的作用下，只让 10kHz 的载波通过，并在 8 脚输出的信号中滤除了 10kHz 的载频信号。通过光源调制以及随后的解调电路，可以有效地消除背景光的影响，在 LM567 的输出端 8 脚可得到如图三 b 的脉冲信号输出，图中每一脉冲对应于一个液滴的滴落。

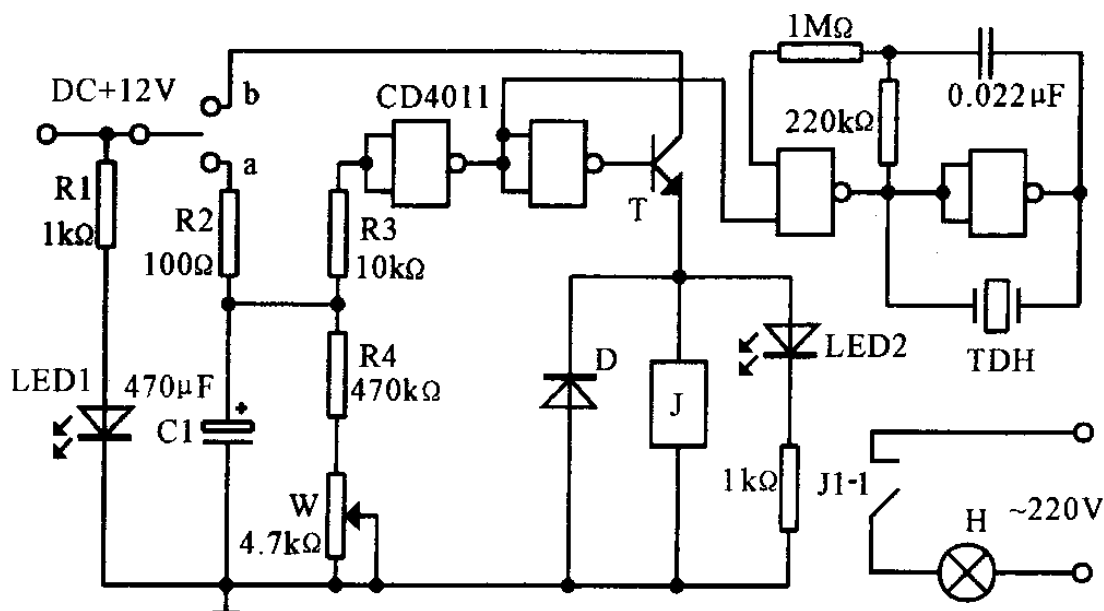
在实际设计的输液监测系统中，以 MCS-51 单片机为中心构成信号处理系统，同时可以监测 60 个床位、每一个床位除了液滴计数信号外，还有漏液和呼叫信号，这些信号由 8279 以扫描方式巡回读入，数据量大。为了减小单片机系统的负担，采用由 74LS161 构成的 15 进 1 计数器计数，计数器的作用是每接收 15 个来自 LM567 的输入脉冲后输出一个脉冲信号，从而将液滴计数转变为容量计数。该输出信号由 555 时基电路构成的单稳电路整形后，送到后继单片机系统的输入通道，每一个脉冲对应 1mL 的输血量。

## 自制 EPROM 紫外线擦除器

作者：范晶晶

在电子行业，虽然 EEPROM 已广泛使用，但在某些场合，EPROM 产品仍有其市场，本文向读者推荐一个 EPROM 紫外线擦除器电路，由于其电路简单，也可以自己制作。

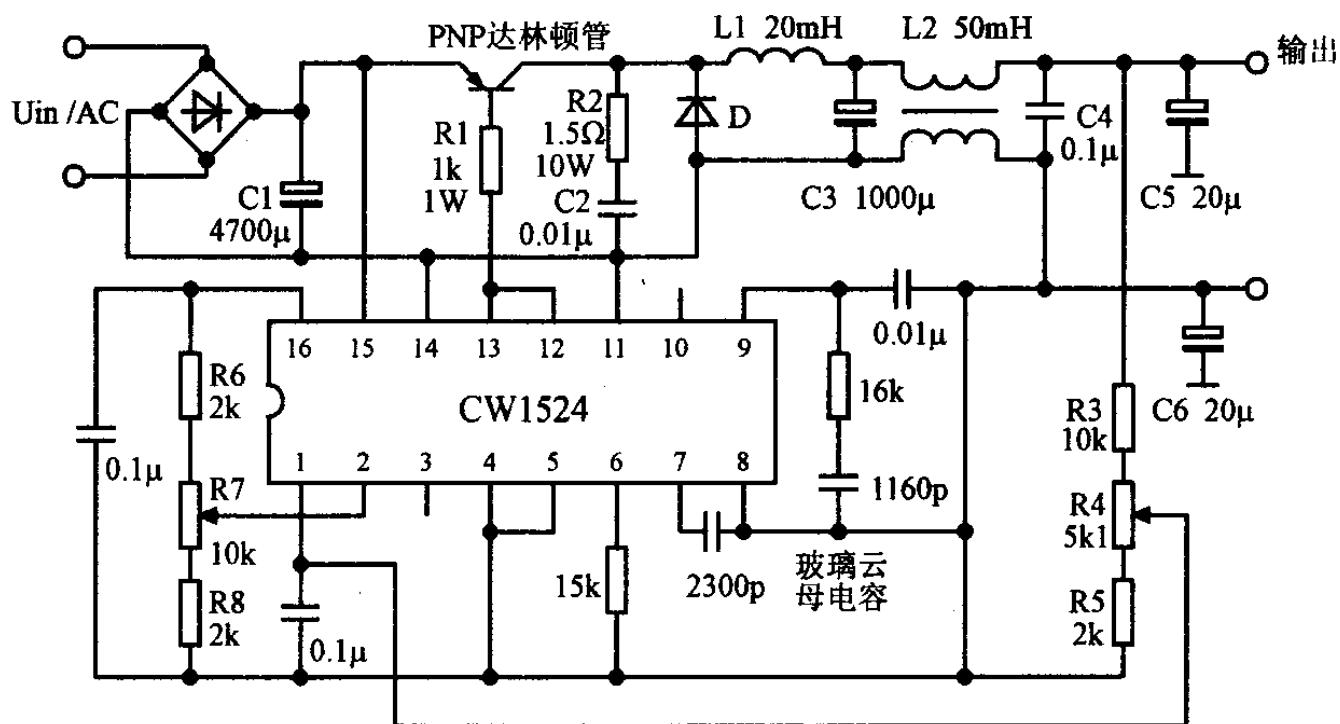
电路如下图所示，该电路采用四 2 输入与非门构成 EPROM 紫外线擦除器。擦除前应先将 K1 置于 a 位，使 C1 经 R2 充电。擦除时将 K1 扳至 b 位，晶体管 T 导通，继电器 J 吸合，紫外线灯 H 点亮，可进行 EPROM 紫外线擦除。与此同时 C1 经 R4、W 放电，当 C1 上电压降至阈值电压时（5 ~ 50min，由 W 调节），T 截止，J 释放，蜂鸣器 TDH 报警，紫外线灯 H 熄灭，擦除结束。



## 150W 高效率实验室电源

作者：刘易

稳压电源是所有电子工程师必备的工作设备之一，但是目前市面所售的稳压电源大多数是以线性调整方式工作的，其内部的功率调整管工作于线性放大状态，此类稳压电源不仅效率较低，而且还存在温升较高的问题，本文推荐一种工作于开关方式的稳压电源电路，具有高效率、低温升的特点，其最大输出功率可达150W，输出电压范围为7~30V，输出电流为0~5A，可在实验室中作为稳压电源使用。其电路如下图所示。



该电路是一个高效率实验室电源，输入电压范围33V~40V，输出电压7V~30V，输出电流可达5A，CW1524输出晶体管并联使用，驱动一只达林顿管。占空比调节范围0~90%。输出电压调节由R3、R4、R5决定，电位器R4的动点接在误差放大器的输入端（1脚），内部基准电压通过R7来调节，可调范围要超过误差放大器的输入范围。

本刊物由苍穹电子网 (<http://www.51circuit.com/>) 提供。

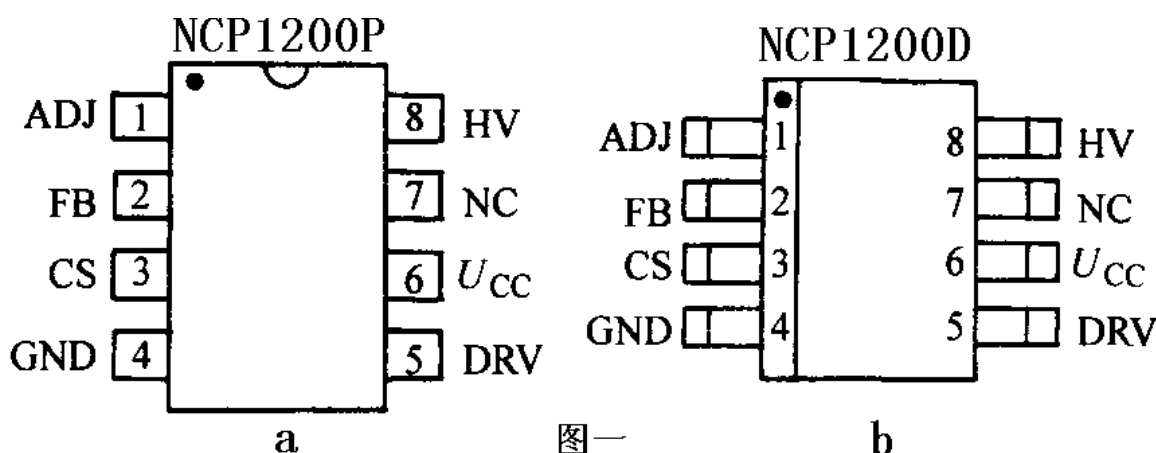
刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。

## NCP1200 单片开关电源应用

作者：林世平

NCP1200 单片开关电源是美国安森美半导体 (On Semiconductor) 于 2002 年新推出的一颗低功耗、PWM 电流模式的单片开关电源，它适用于中、小功率的离线式开关电源应用场合，如 AC / DC 式电源适配器、电池充电器和后备电源等。

### 一、NCP1200 的封装与引脚排列



图一

b

如图一所示，NCP1200 有两种封装形式：DIP-8 (NCP1200P) 和 SO-8 (NCP1200D)。其引脚功能说明如下：

ADJ - 决定进入跳过周期模式的阈值电压  $U_s$  调节端，该端悬空时，上电后默认为  $U_s=1.4V$ ；用户亦可在 ADJ 端接上拉电阻或下拉电阻，从而改变  $U_s$  值；

FB- 反馈端，与光耦反馈电路相连，并根据负载情况来调节峰值驱动电流的大小；

CS- 电流检测 (Current Sense) 端，接外部功率开关管的过电流检测电阻  $R_S$ ；

GND- 接地端；

DRV- 驱动脉冲输出端，接功率开关管的栅极；

$U_{CC}$ - 动态自供电电源的引出端，该端与地之间需并联一只  $10\mu F$  的储能电容；

NC- 空脚，它插在 HV 引脚与  $U_{CC}$  引脚中间，能减小高压漏电；

HV- 高压输入端，直流高压由此端输入，再通过高压电流源给储能电容进行恒流充电，建立起  $U_{CC}$ 。

### 二、NCP1200 的性能特点

1、NCP1200 采用脉宽调制电流模式，通过调节驱动级峰值电流来改变输出功率的大小，适合构成输出功率为零点几瓦至几十瓦的隔离式开关电源。适配  $85 \sim 265V$  交流电，最大输出占空比为  $80\%$  (典型值)。

2、需外接功率开关管。NCP1200 的驱动端 DRV 具有  $\pm 110mA$  的驱动能力，最大输出功率为  $1.6W$ ，能直接驱动金属氧化物半导体场效应管 (MOSFET) 或绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)。峰值驱动电流  $I_{PK}$  的大小，根据负载情况进行自动调节。

3、它采用动态自供电 (DSS, Dynamic Self-Supply)，可从直流输入电压上获得所需要的

自供电源  $U_{cc}$ ，因此它不需要反馈绕组供电，能直接连光耦反馈电路，从而简化了电路设计。 $U_{cc}$  的极限值为 16V，正常范围为 9.8 ~ 11.4V。

4、轻载时只要反馈电压低于 1.4V，就自动进入“跳过周期”模式 (Skipping Cycle Mode)。利用这种模式不仅能大大降低芯片的功耗，提高轻载输出时的电源效率，还能减小噪声干扰。

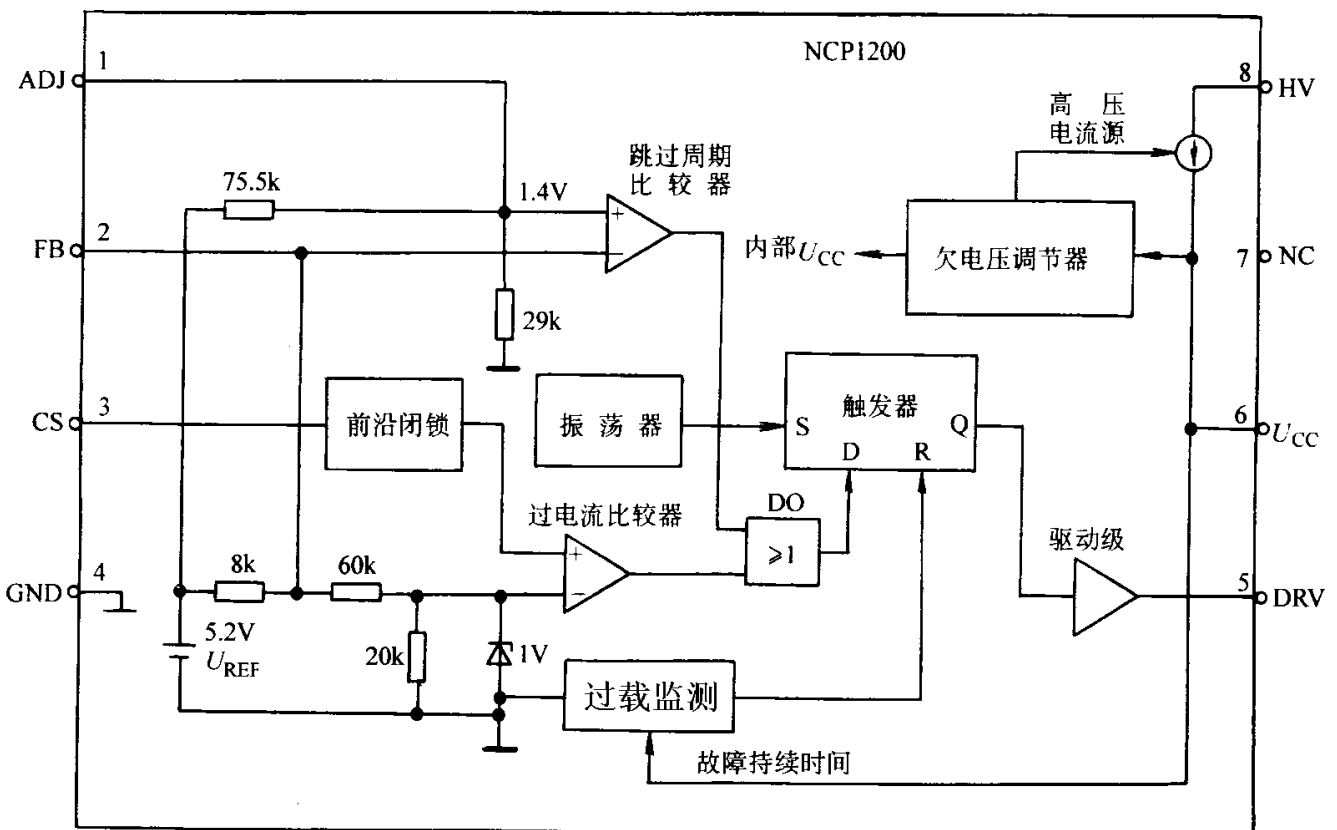
5、根据开关频率的不同，产品分 40kHz、60kHz 和 100kHz 三种规格，可供用户选择。

6、采用了“频率抖动”(Frequency Jittering) 技术，以降低由开关频率高次谐波所造成的电磁干扰。对应于 40kHz、60kHz、100kHz 的开关频率，开关频率抖动系数依次为 300Hz/V、450Hz/V、620Hz/V。

7、具有过载及短路保护，过热关断保护功能。当芯片温度达到 140 时立即关断输出。

8、外围电路简单，成本低廉。

### 三、NCP1200 的工作原理



图二 NCP1200的内部框图

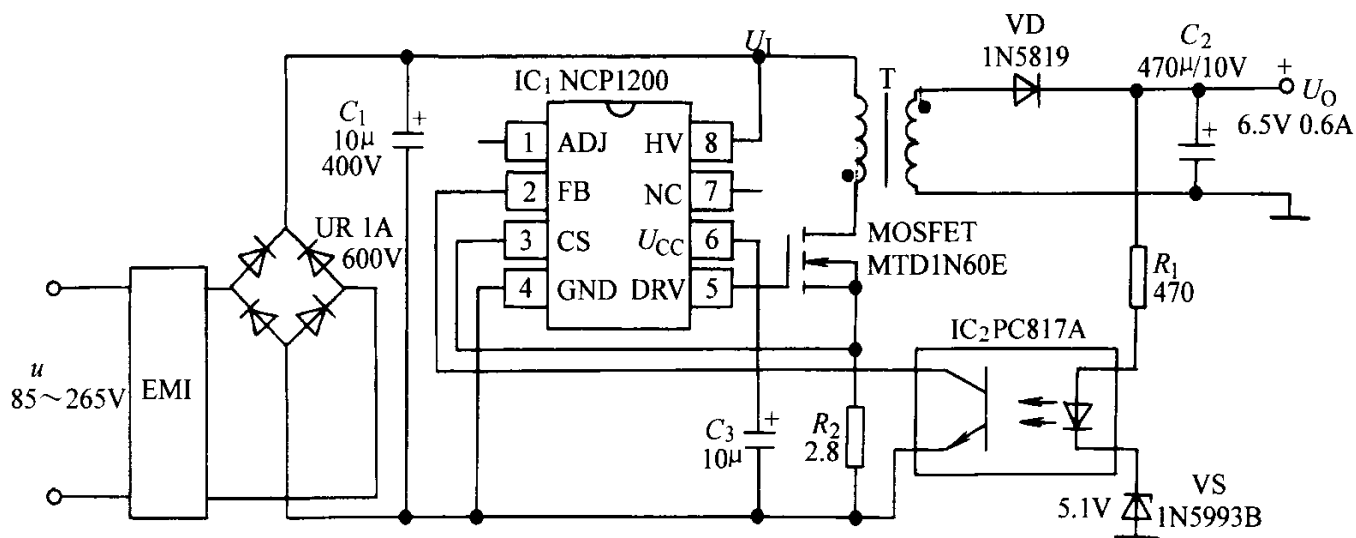
NCP1200 型单片开关电源的内部框图如图二所示。主要包括输出电流为 4mA 的高压电流源、欠电压调节器、振荡器、跳过周期比较器、触发器、驱动级、5.2V 基准电压源、前沿闭锁电路、过电流比较器、过载监测电路、或门 DO。前沿闭锁时间为 250ns。NCP1200 的最大输出功率为 1.6W，可直接驱动 MTD1N60E (1A/600V) 等型号的 N 沟道 MOSFET。

### 四、NCP1200 的典型应用电路 (6.5V、0.6A 电源适配器)

由 NCP1200 构成 6.5V、0.6A 电源适配器的电路如图三所示，它可为随身听、便携式 CD 播放器或电动玩具提供电源。该适配器对全世界范围内的 85 ~ 265V 交流电源均适用。

交流电压经过电磁干扰 (EMI) 滤波器、桥式整流器  $U_R$  和滤波电容  $C_1$ ，获得直流高压  $U_1$ ，

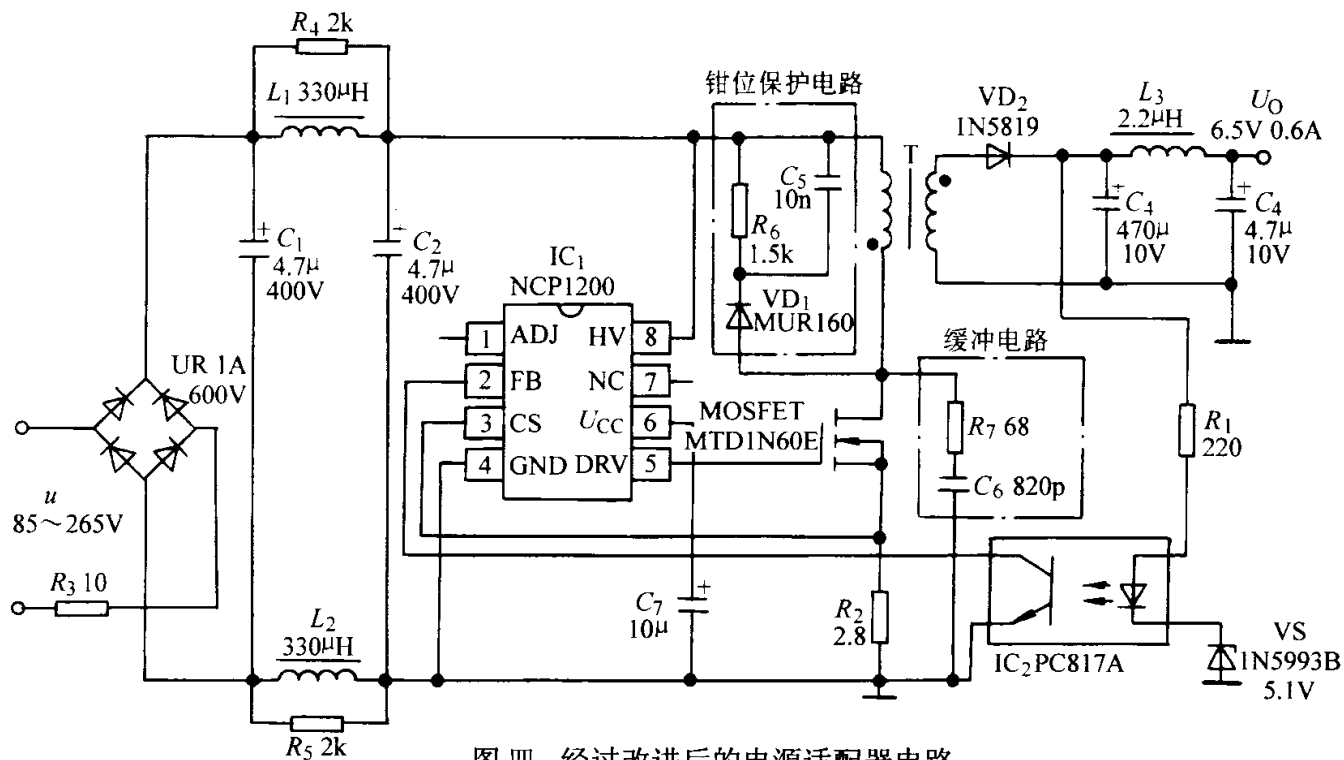




图三 由 NCP1200 构成 6.5V、0.6A 电源适配器的电路

分别连到 NCP1200 的 HV 端、高频变压器一次绕组的一端。外部功率开关管采用 MTD1N60E 型 MOSFET，其主要参数为最大漏极电流  $I_{DM}=1A$ ，漏-源击穿电压  $U_{(BR)DS}=600V$ ，最大功率损耗  $P_{DM}=1.75W$ 。R2 为过电流检测电阻，C3 为  $U_{CC}$  端的储能电容。输出整流滤波器由 VD、C2 组成。光耦反馈电路包括限流电阻 R1、光耦合器 IC2 (PC817A) 和 5.1V 稳压管 (IN5993B)，输出电压就等于这 3 个元器件上的压降之和。因 IC2 中 LED 的正向压降  $U_F=1V$ ，工作电流  $I_F$  设定为 0.85mA， $R1=470$ ，故  $U_o=U_{R1}+U_F+U_z=6.5V$ 。

经过改进后的电源适配器电路如图四所示。



图四 经过改进后的电源适配器电路

与图三相比，主要增加了两部分：钳位保护电路 (R6、C5、VD1)，其中，VD1 采用 MUR160 型超快恢复二极管；缓冲电路 (R7、C6)，亦称吸收电路。利用上述电路不仅

降低了电磁干扰，还对 MOSFET 起到保护作用。设计开关电源时可从中任选一种保护电路。但使用缓冲电路会降低电源效率，一般推荐采用钳位保护电路。此外，R3 为限流电阻，在刚上电时能够减小输入滤波电容上的冲击电流。过电流检测电阻 R2 选用 2.8 $\Omega$ 、1W 的电阻，可限定  $I_{PK}=1V/2.8\Omega=0.36A$ 。EMI 滤波器由串模扼流圈 (L1、L2) 和阻尼电阻 (R4、R5) 所组成。C1 和 C2 为输入级滤波电容。为提高反馈电路的调节速度，限流电阻 R1 取 220 $\Omega$ ，使  $I_F$  增加到 1.8mA。

高频变压器采用 E16 型磁芯，一次绕组的电感量  $L_p=2.9mH$ ，漏感  $L_{p0}=80\mu H$ ，匝数比  $n=N_p/N_s=12.5$ 。

## 对《单个 I/O 口实现多个按键输入》一文的补充

作者：azhu

在《苍穹电子》第 1 期中登载了《单个 I/O 口实现多个按键输入》一文，该文被网友转贴于 21IC 网站，引起争论，经讨论与实践验证，最后认为该方法有一定的实用性，并总结出以下几点：

1. 在小量按键数（如 4 个或 8 个）情况下，该方法是可行的。大等于 16 个按键时不建议用此方法。
2. 为输入可靠（如避免抖动时误测），A/D 转换应该用 2 次或 3 次。
3. 该方法不能用于多键同时按下的判断。
4. 按键的接触电阻会对结果有影响，键数越多影响会越大。

如果还有不同的看法，欢迎给本刊编辑部来信，我们可以继续就该问题进行探讨。

## 用普通单片机实现低成本 A/D 转换之三

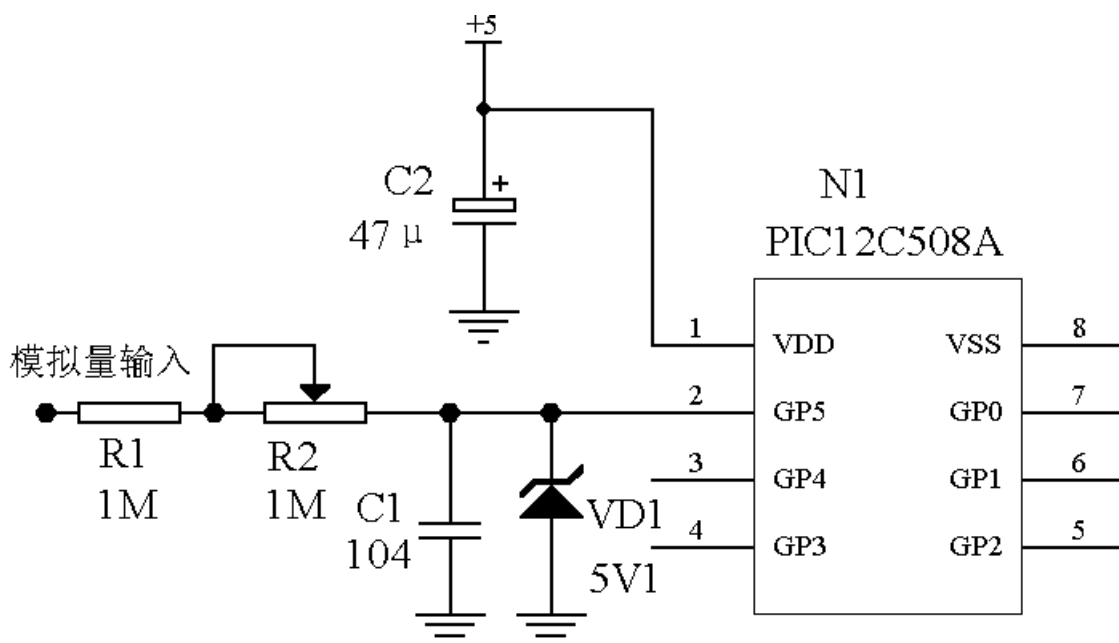
作者：秋水

**摘要：**用普通单片机实现低成本的 A/D 转换。

**关键词：**单片机 A/D 转换

在《苍穹电子》刊物的第一、二两期中分别介绍了两种用普通单片机实现低成本 A/D 转换的方法，这两种方法中在单片机的外部都要使用到一个比较器，在本文中继续向大家介绍低成本的 A/D 转换的一种方法，只是这种方法成本会更低，而且外部无需使用比较器。此种方法的 A/D 转换精度不高，只有 6~7bit，并且被测电压范围较为有限，但在某些精度要求不高，且被测电压值变化不大的场合也很有实用价值，比如温度测量方面。

其电路如图一所示：



图一

其工作原理说明如下：

### 1、硬件说明：

图一中的 R1、R2 和 C1 构成 RC 充电电路，被测量通过 R1、R2 对 C1 充电。N1 为单片机，本电路中采用 MICROCHIP 的 PIC12C508A 来举例说明。C2 为给电源供电用的滤波电路，VD1 为保护用稳压二极管，以避免输入电压过高而损坏单片机。

### 2、A/D 转换过程：

首先 GP5 输出低电平，使电容 C1 上的电量完全放光，随后 GP5 即转变为输入状态，此时单片机开始计时，被测电压经过 R1、R2 电阻对电容 C1 进行充电，电容 C1 上的电压会逐渐升高，C1 上的电压 U 满足以下公式：

$$U = E * (1 - e^{-t/T})$$

其中U为电容C1上的电压，E为输入电压（被测量）， $T = (R1 + R2) * C1$ ，t为时间。

当C1上的电压U达到单片机I/O脚的门嵌电压时，单片机的GP5由低电平状态转变为高电平状态。记录从充电开始至此时所经过的时间t。

从上式可知，当单片机I/O脚的门嵌电压、R1、R2、C1值都固定不变时，被测量的电压值E与时间t呈一一对应关系。

因此测量输入电压对C1电容充电到门嵌电压的时间，进行查表计算，就可以得到被测电压值，从而实现了A/D转换。

### 3、A/D转换误差分析及解决办法：

A/D转换的误差主要由以下几个方面决定，分别说明如下：

- (1) 单片机的电源电压VDD：在该A/D转换中，VDD电压变化较大时有可能造成I/O口的门嵌电压发生变化，不过其影响较小。
- (2) 单片机内部的定时器对C1电容上电压上升时间的测量偏差：该测量偏差是A/D转换误差的主要因素。
- (3) 电阻、电容不稳定导致的误差：当电阻R1、R2或电容C1的值发生变化时，也会使C1电容的电压上升至门嵌电压时间发生变化，这也将影响A/D转换结果。
- (4) 单片机I/O脚的输入阻抗：如果单片机的I/O脚输入阻抗较低，相当于使RC值发生变化，也会影响A/D转换结果。
- (5) 单片机的门嵌电压：对于不同的单片机，其门嵌电压可能略有不同，这也会导致测量误差。

A/D转换误差的解决办法：

- (1) 对VDD造成的误差，只能通过提高VDD电压精度来解决，VDD的电压最好能稳定在2%范围内，普通的7805就有2%的稳压精度。
- (2) 对单片机内部的定时器产生的误差，可以增加RC值，从而使C1电容上电压上升时间延长，计数器测得的值较大，误差会较小。不过R值若太大，受I/O口输入阻抗影响也会较大。
- (3) R1、C1选用精度较高较稳定的电阻、电容，或增加一个微调电阻器来解决。
- (4) 若单片机I/O脚输入阻抗较低，可以减小R1、R2电阻，增加C1电容来解决。

### 4、A/D转换速度及提高办法：

由于该A/D转换是通过被测值经过一个电阻对电容充电使电压到达门嵌电压后测量充电时间来得到A/D转换值的，因此其A/D转换速度会比较慢，它适用于对A/D转换速度要求不高的产品中，其A/D转换速度取决于以下几个方面：

- (1) RC值：当RC值太大时，测量速度会较慢，减小RC值可以提高A/D转换速度，但由于计数时间较短，测量误差会增大。
- (2) 被测电压值的大小：由于C1上的电压U是由小到大逐渐加大的，当被测电压值较小时，U电压上升到门嵌值的时间就越长，完成A/D转换的速度就越慢。反之被

测电压越高，测量速度越快。

由上所述，A/D转换的速度可以通过减小RC值来提高。若单片机带有外部电平变换中断，其A/D转换的精度还可以得到提高。

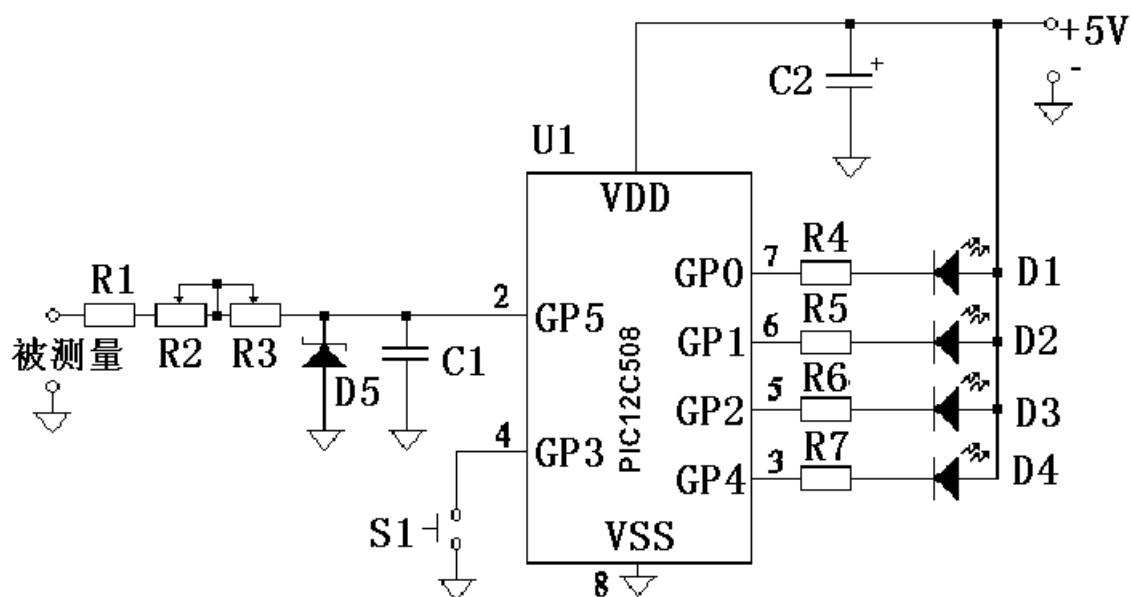
### 5、输入电压的测量范围：

A/D转换的输入电压测量范围为单片机门嵌电压至单片机的电源电压（VDD），若需要提高被测电压范围，可将输入电压通过电阻分压后进行测量，但其A/D转换的误差会受分压电阻影响。

### 6、单片机的A/D转换应用实例：

下图为采用PIC12C508实现A/D转换的应用实例，图中用4个发光二极管来作相应的电压值范围指示。其电压测量范围为1.4V至2.55V，其测量精度为10mV。

该应用实例与原程序可参考MICROCHIP公司的单片机应用笔记，该文件可从MICROCHIP网站上下载，也可从苍穹电子网（<http://www.51circuit.com/>）下载。



## 单片机数字滤波算法介绍

作者：手忙脚不乱

在单片机应用中经常需要对输入的信号进行处理,当由于存在随机干扰使被测信号中混入了无用成份时,可以采用滤波器滤掉信号中的无用成分,提高信号质量。模拟滤波器在低频和甚低频时实现是比较困难的,而数字滤波器则不存在这些问题。它具有高精度、高可靠性和高稳定性的特点,因此在单片机应用系统中被广泛用于克服随机误差。采用数字滤波算法克服随机误差具有如下优点:

- 1) 数字滤波是由软件程序实现的,不需要硬件,因此不存在阻抗匹配的问题。
- 2) 对于多路信号输入通道,可以共用一个软件“滤波器”从而降低仪表的硬件成本。
- 3) 只要适当改变滤波器程序或运算参数,就能方便地改变滤波特性,这对于低频脉冲干扰和随机噪声的克服特别有效。

本文以 MCS-51 单片机为例说明如何用软件实现数字滤波。

### 1、一阶惯性滤波

硬件滤波电路中最常用的是一阶惯性 RC 模拟低通滤波器,当采用此种模拟滤波器来抑制低频干扰时,要求滤波器有大的时间常数和高精度的 RC 网络,增大时间常数要求增大 R 值,其漏电流也随之增大,从而使 RC 网络的误差增大,降低了滤波效果。而采用数字滤波算法,来实现动态的 RC 滤波,则能很好地克服上述模拟滤波器的缺点。在滤波常数要求较大的场合,这种方法更为适用。一阶惯性滤波算法对于周期干扰具有良好的抑制作用,其不足之处是带来了相位滞后,灵敏度低。同时它不能滤除频率高于采样频率二分之一(称为奈奎斯特频率)的干扰信号。例如采样频率为 100Hz,则它不能滤除 50Hz 以上的干扰信号。对于高于奈奎斯特频率的干扰信号,应该采用模拟滤波器。假设 X 为输入, Y 为滤波后的输出值,则其公式为:  $y_n = a * x_n + (1-a) * y_{n-1}$

式中 a 为与 RC 值有关的一个参数,当采样间隔 t 足够小时,  $a = t/(RC)$ 。

下面是实现一阶惯性滤波算法的程序。设  $y_{n-1}$  在 DATA1 为首地址的单元中,  $x_n$  在 DATA2 为首地址的单元中,均为双字节。取  $a=0.25$ ,滤波结果在 R 6、R 7 中。

```
FOF:  MOV  R0, # DATA1
      MOV  R1, # DATA2
      CLR  C
      INCR0
      MOV  A, @ R0
      RRC  A
      MOV  R2,A
      DEC  R0
      MOV  A, @ R0
      RRC  A
      MOV  R3,A
      MOV  A, @ R0
      ADD  A, @ R1
```



```
MOV R7,A
INCR0
INCR1
MOV A , @ R0
ADDC A , @ R1
RRC A
MOV R6,A
MOV A,R7
RRC A
MOV R7,A
CLR C
MOV A , R6
RRC A
MOV R6,A
MOV A , R7
RRC A
ADD A , R3
MOV R3,A
MOV A,R6
ADDC A,R2
MOV R2,A
RET
```

## 2、限幅滤波

由于单片机系统中可能存在随机脉冲干扰，或由于变送器不可靠而将尖脉冲干扰引入输入端，从而造成测量信号的严重失真。对于这种随机干扰，限幅滤波是一种有效的方法，其基本方法是比较相邻（ $n$  和  $n-1$  时刻）的两个采样值  $y_n$  和  $y_{n-1}$ ，根据经验确定两次采样允许的最大偏差。如果两次采样值  $y_n$  和  $y_{n-1}$  的差值超过了允许的最大偏差范围，则认为发生了随机干扰，并认为后一次采样值  $y_n$  为非法值，应予剔除。剔除  $y_n$  后，可用  $y_{n-1}$  代替  $y_n$ 。若未超过允许的最大偏差范围，则认为本次采样值有效。

设当前采样值存于 30H，上次采样值存于 31H，结果存于 32H，最大允许偏差设为 01H，则限幅滤波程序如下：

```
        PUSH ACC
        PUSH PSW
        MOV A , 30H
        CLR C
        SUBB A , 31H
        JNC LP0
        CPL A
LP0:    CLR C
```

```

                CJNE A , # 01H, LP2
LP1:           MOV   32H , 30H
                SJMP  LP3
LP2:           JC    LP1
                MOV   32H , 31H
LP3:           POP   PSW
                POP   ACC
                RET

```

只有当本次采样值小于上次采样值时，才进行求补，保证本次采样值有效。

### 3、中位值滤波

中位值滤波是对某一被测参数连续采样  $n$  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偶然因素引起的波动或采样器不稳定引起的误码等脉冲干扰。对温度、液位等缓慢变化的被测参数采用此法能收到良好的滤波效果，但对于流量、压力等快速变化的参数一般不宜采用中位值滤波。

设 SAMP 为存放采样值的内存单元首地址，DATA 为存放滤波值的内存单元地址别为采样值个数，中位值滤波程序如下：

```

FILTER:  MOV   R3 , # N-1      ; 置循环初值
SORT:    MOV   R2 , R3        ; 循环次数送 R2
          MOV   R0 , # SAMP ; 采样值首地址 R0
LOOP:    MOV   A , @ R0
          INCR0
          CLR   C
          SUBB A , @ R0
          JC   DONE
          ADD  A , @ R0
          XCH  A , @ R0
          DEC  R0
          MOV  @ R0 , A
          INCR0
DONE:    DJNE  R2 , LOOP
          DJNE  R3 , SORT
          MOV  A , R0
          ADD  A , SAMP
          CLR  C
          RRC  A
          MOV  R0 , A
          MOV  DATA , @ R0
          RET

```

### 4、算术平均值滤波

算术平均值滤波适用于对一般的具有随机干扰的信号进行滤波。这种信号的特点是信号本身在某一数值范围附近上下波动，如测量流量、液位时经常遇到这种情况。

算术平均滤波是要按输入的  $N$  个采样数据，寻找这样一个  $y$ ，使  $y$  与各采样值之间的偏差的平方和最小。

算术平均滤波程序要注意两点：一是对于定时测量，为了减小数据的存贮容量，可对测得的值直接进行计算，但对于某些应用场合，为了加快数据测量的速度，可采用先测量数据，并存放在存贮器中，测完  $N$  点后，再对  $N$  个数据进行平均值计算。二是选取适当的数据格式，即是采用定点数还是浮点数。采用浮点数计算比较方便，但计算时间较长，采用定点数可加快计算速度，但必须考虑累加时是否产生溢出。例如数据为 14 位二进制定点数时，采用双字节运算，当  $N > 4$  时，就可能产生溢出。

设  $N$  值存于  $R0$  中， $X_i$  为三字节浮点数，它由数据读入子程序  $RDXI$  读入到单片机 8031 的现行工作寄存器区的  $R7$ （阶） $R4R5$  中， $RDXI$  可按  $X_i$  的实际输入方法编制，例如  $X_i$  已知为浮点数，并存于内部 RAM 中，则按  $i$  值（由  $(R0)$  决定）取出对应的  $X_i$  到  $R7$ （阶） $R4R5$  中；又如  $X_i$  直接从输入设备（如 ADC）读入，则可先从输入设备上读入定点的  $X_i$  值，再把整数  $X_i$  转换成浮点数  $X_i$ ，并存于  $R7$ （阶） $R4R5$  中。算术平均值滤波程序如下，程序计算结果，即算术平均值  $y$  存于由  $(R1)$  指向的五个单元中。程序中调用的浮点数加减处理子程序  $FABP$ 、存数子程序  $FSTR$ 、双字节整数转换成三字节浮点数字子程序  $INTF$  及三字节浮点数除法子程序  $FDIV$  因篇幅关系，此处略去，需要者可到许多电子网站上下载。

```
FAVG :      MOV   R6 , # 40H
```

```
          MOV   R2 , # 0
```

```
          MOV   R3 , # 0
```

```
          MOV   A , R0
```

```
          PUSH  ACC
```

```
FLOP :      LCALL RDXI
```

```
          CLR   3AH
```

```
          LCALL FABP
```

```
          MOV   A , R4
```

```
          MOV   R6 , A
```

```
          DJNZ  R0 , FLOP
```

```
          LCALL FSTR
```

```
          POP   ACC
```

```
          MOV   R2 , #0
```

```
          MOV   R3 , A
```

```
          INCSP
```

```
          MOV   A , SP
```

```
          XCH  A , R1
```

```
          MOV   R0 , A
```

```
          INCSP
```

```
          INCSP
```

```

CLR    3CH
LCALL  INTF
LCALL  FDIV
MOV    A , R0
MOV    R1 , A
LCALL  FSTR
DEC    SP
DEC    SP
DEC    SP
RET

```

### 5、滑动平均值滤波

上面介绍的算术平均值滤波，每计算一次数据，需测量  $N$  次。对于测量速度较慢或要求计算速度较高的实时系统，该方法是无法使用的。例如某 ADC 芯片转换速率为每秒 10 次，而要求每秒输入 4 次数据时，则  $N$  不能大于 2。下面介绍一种只需进行一次测量，就能得到一个新的算术平均值的方法——滑动平均值法。

滑动平均值法采用队列作为测量数据存储器，队列的长度固定为  $N$ ，每进行一次新的测量，把测量结果放于队尾，而扔掉原来队首的一个数据，这样在队列中始终有  $N$  个“最新”的数据。计算平均值时，只要把队列中的  $N$  个数据进行算术平均，就可得到新的算术平均值。这样每进行一次测量，就可计算得到一个新的算术平均值。

滑动平均值法中的队列一般采用循环队列来实现，下面给出一个实现这种滤波算法的程序。该程序调用子程序 RDX1（根据具体情况自己编制）输入一个  $X$  值（三字节浮点数），放入单片机 8031 的现行工作寄存器区的  $R6$ （阶） $R2R3$  中，然后把它放入外部  $RAM2000H \sim 202FH$  的队列中（长度为 16，队尾指针为  $7FH$ ），最后计算队列中 16 个数据的算术平均值，结果放到（ $R1$ ）指向的三字节内部 RAM 中。本程序使用了外部  $RAM2000H \sim 202FH$  的循环队列，它的队尾指针为  $7FH$ ，值为  $0 \sim 15$ ，初始时，循环队列中各元素均为 0，指针也为 0。插入一个数据  $X$  后，指针加 1，当指针等于 16 时，重新调整为 0。累加时，最新一个数据已在工作寄存器中，故只需累加 15 次。在把累加和除以 16 时，采用将阶码减 4 的方法，以加快程序的运行速度。程序如下：

```

FSAV :    LCALL RDX1
          MOV    A , 7FH
          MOV    B , # 3
          MUL    AB
          MOV    DPTR , #2000H
          ADD    A , DPL
          MOV    DPL , A
          MOV    A , R6
          MOVB   @ DPTR , A
          INC    DPTR
          MOV    A , R2

```

```
MOVX    @ DPTR , A
INC     DPTR
MOV     A , R3
MOVX    @ DPTR , A
MOV     A , 7FH
INC     A
CJNE   A , # 16 , FSA1
CLR     A
FSA1 :   MOV     7FH , A
MOV     R0 , # 15
INC     DPTR
FSA2 :   MOV     A , DPL
CJNE   A , #30H , FSA3
MOV     DPL , # 0
FSA3 :   MOVX   A , @ DPTR
MOV     R7 , A
INC     DPTR
MOVX   A , @ DPTR
MOV     R4 , A
INC     DPTR
MOVX   A , @ DPTR
MOV     R5 , A
INC     DPTR
CLR     3AH
LCALL  FABP
MOV     A , R4
MOV     R6 , A
DJNZ   R0 , FSA2
MOV     C , ACC . 7
DEC     A
DEC     A
DEC     A
DEC     A
MOV     ACC . 7 , C
MOV     R4 , A
LCALL  FSTR
RET
```

## 6、加权滑动平均滤波

在算术平均滤波和滑动平均滤波算法中，N次采样值在输出结果中的比重是均等的，即1/N。

用这样的滤波算法，对于时变信号会引入滞后。N 越大，滞后越严重。为了增加新的采样数据在滑动平均中的比重，以提高系统对当前采样值中所受干扰的灵敏度，可以采用加权滑动平均滤波算法。它是前面介绍的滑动平均法的一种改进，即对不同时刻的数据加以不同的权，通常越接近现时刻的数据，权取得越大。加权滑动平均滤波算法适用于有较大纯滞后时间常数的对象和采样周期较短的系统，而对于纯滞后时间常数较小，采样周期较长，变化缓慢的信号，则不能迅速反应系统当前所受干扰的严重程度，滤波效果较差。

## 7、复合滤波法

单片机系统在实际应用中，所受到的随机扰动往往不是单一的，有时既要消除脉冲扰动的影响，又要作数据平滑处理。因此，在实际中往往把前面介绍的两种以上的滤波方法结合起来使用，形成所谓复合滤波，例如防脉冲扰动平均值滤波算法就是一种实例。这种算法的特点是先使用中位值滤波算法滤掉采样值中的脉冲干扰，然后把剩下的各采样值进行滑动平均滤波。由于这种滤波方法兼容了滑动平均滤波算法和中位值滤波算法的优点，所以无论是对缓慢变化的过程变量，还是对快速变化的过程变量，都能起到较好的滤波效果。

上面介绍了几种使用较为普遍的克服随机干扰的软件算法，在一个具体的单片机应用系统中究竟应选用哪种滤波算法，取决于系统的使用场合及过程中所含有的随机干扰情况。

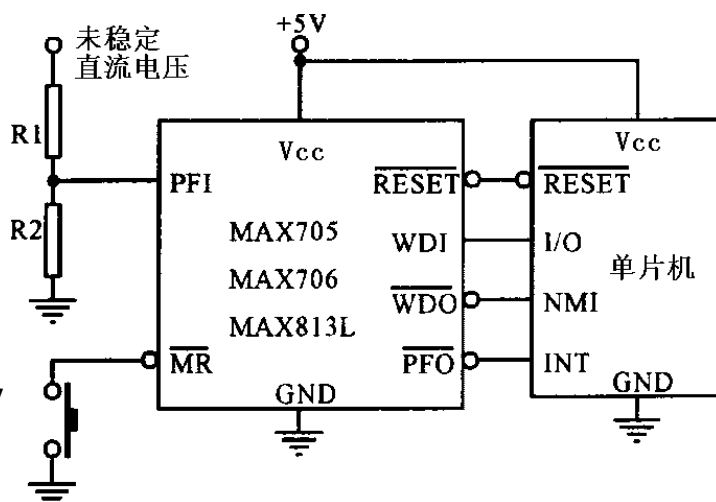
## 单片机监控与中断扩展电路 3 例

作者：林晨

单片机应用系统中常会遇到抗干扰的问题，在某些条件下单片机由于受到外部干扰，会使程序跑飞导致系统失控，使系统运行可靠是单片机控制系统的必须要考虑的问题，本文提供 2 种单片机外接看门狗监控电路，通过该电路可以在异常情况下使单片机硬件复位，恢复到正常程序运行，从而使系统运行可靠。

### 一、MAX705/706/813L构成单片机监控电路

电路如右图所示，MAX705/706/813L片内看门狗定时器用于监控单片机的活动。看门狗输入端 WDI 与单片机的 I/O 相连。如果在 1.6s 内 WDI 端没有收到来自单片机的触发信号，并且 WDI 处于非高阻态，则 WDO 输出变低。只要复位信号有效或 WDI 输入高阻，则看门狗定时器功能就被禁止，且保持清零和不计时间状态。复位信号的产生会被禁止定时器，可一旦复位信号撤消并且 WDI 输入端检测到短至



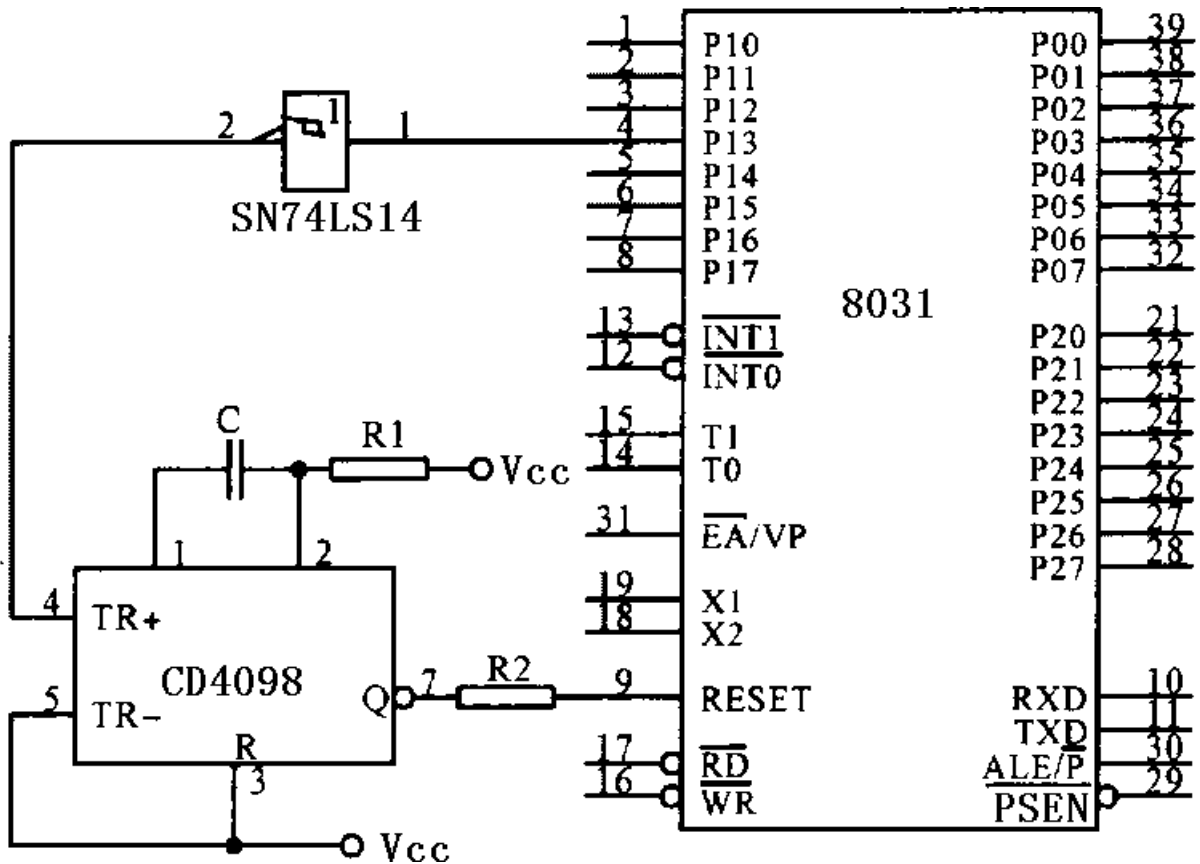
50ns 的低电平或高电平跳变，定时器将开始 1.6s 的计时。即 WDI 端的跳变会清零定



时器并启动一次新的计时周期。在单片机运行正常情况下，每隔一段时间将 WDI 触发一次，该间隔时间要求小于 1.6S；若单片机程序跑飞或受干扰，在 1.6S 内无法产生触发脉冲，看门狗输出 WDO 将变低，使微处理器产生不可屏蔽中断，或使单片机系统复位。

二、一种实用的看门狗电路

电路如下图所示。



该电路由一个单稳电路 CD4098 实现，将它设计成脉冲漏失检出电路，按再触发方式连接。程序执行时，每隔一定时间间隔  $t$ ，设置命令：

```
CLR P1.3
```

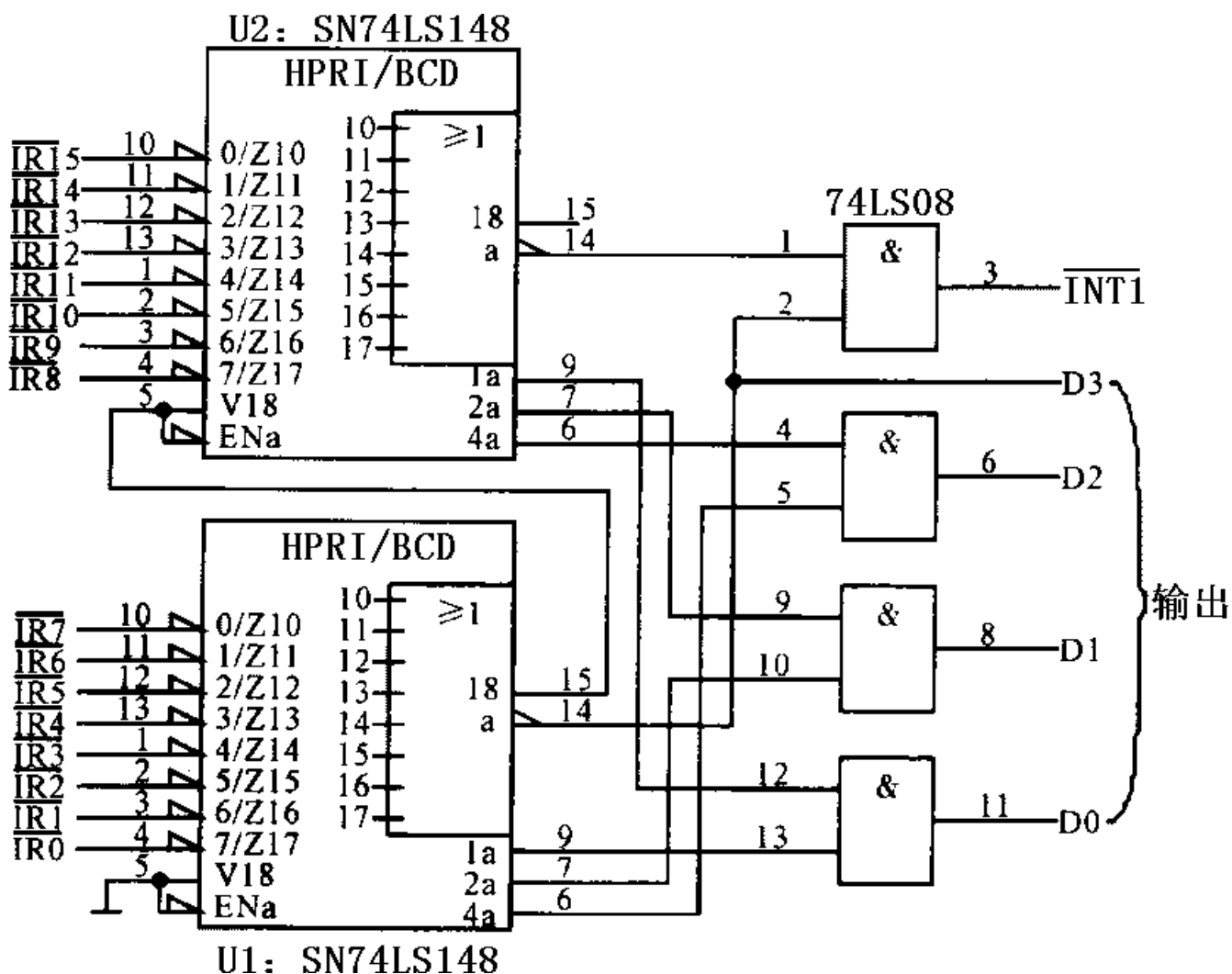
```
SETB P1.3
```

时间间隔可根据系统要求来定，这样，每隔  $t$  就从 8031 的 P13 脚发出一脉冲。设 P13 脚输出脉冲频率为  $f$ ，适当调节  $R1$ 、 $C$  参数，即调节单稳输出脉宽  $T_w$ ，使  $1/f < T_w < 2/f$ 。系统正常运行时，每隔  $t$  时间，P13 就输出一脉冲，脉冲无丢失现象，由于  $T_w > 1/f$ ，故输出  $Q$  为 0，但当系统受到干扰程序乱跳时，则不能保证 P13 连续输出脉冲，即脉冲漏失时，单稳态触发器输出一正脉冲，强行使整个系统复位。

### 三、8031 系统扩展 16 个外中断源的电路

在许多单片机中，其中断源是非常有限的，对于需要多个中断使用的场合，就需要对单片机的中断源进行扩展，下面提供一个实用的单片机中断源扩展电路，该电路原理图如下图所示。

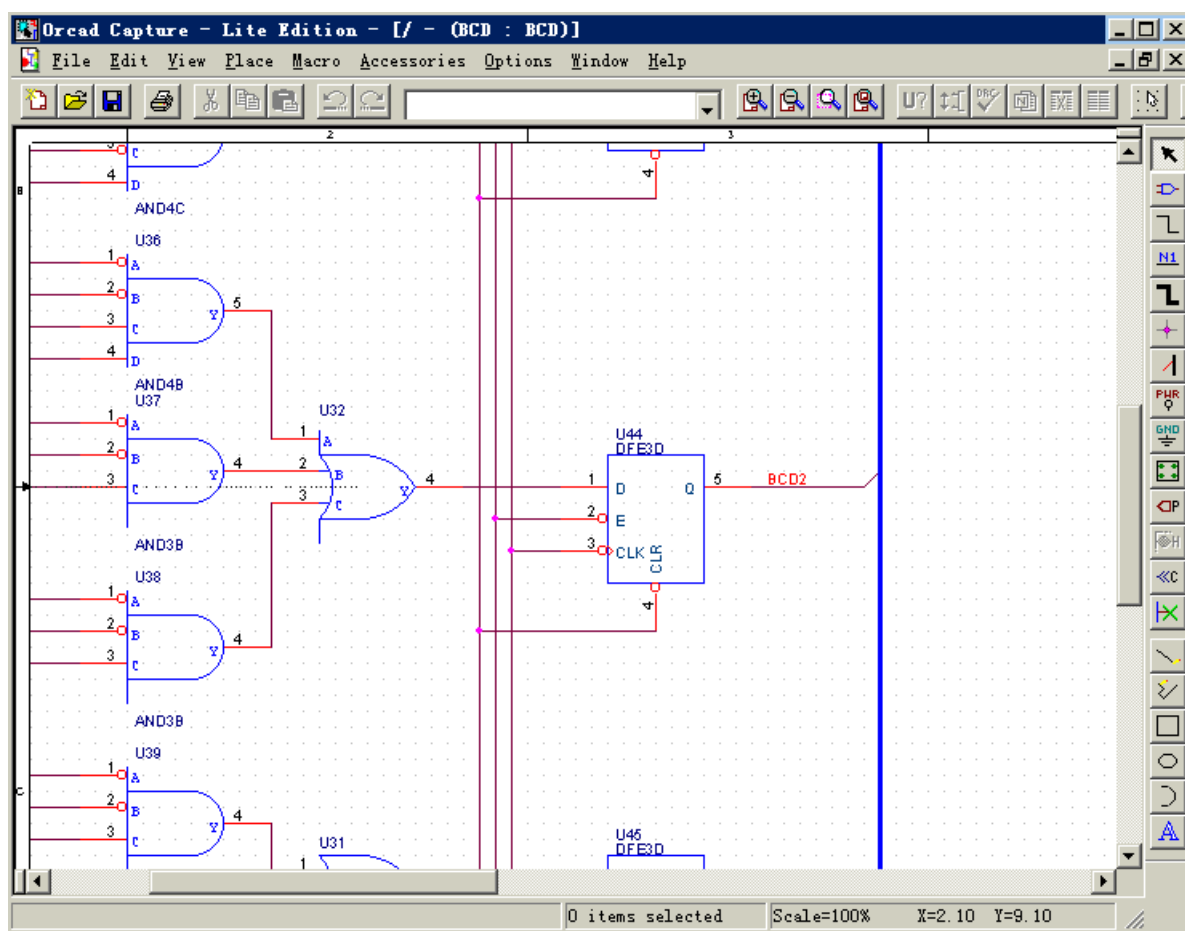
电路中采用两片 SN74LS148 及 74LS08 门电路构成 8031 单片机 16 中断源扩展电路。SN74LS148 为 8 线 / 3 线优先编码器，74LS08 为二输入端四与门，图中 IR15 的中断优先级最高，而 IR0 的中断优先级最低。



## OrCAD/Pspice 9 介绍

作者：林佳一

OrCAD 软件是全球使用最广的电子设计 EDA 软件之一，但在国内并不是非常普及，本文在简要介绍计算机辅助设计（CAD：ComPuter Aided Design）和电子设计自动化（EDA：Electronic Design Automation）基本概念的基础上，重点介绍 OrCAD/PSpice 软件的功能和特点，并说明调用 PSpice 软件进行电路模拟的基本步骤。



### 一、EDA 技术和 PSpice 软件

#### 1、CAD 和 EDA

电子线路设计，就是根据给定的功能和特性指标要求，通过各种方法，确定采用的线路拓扑结构以及各个元器件的参数值。有时还需进一步将设计好的线路转换为印刷电路板版图设计。要完成上述设计任务，一般需经过设计方案提出、验证和修改（若需要的话）三个阶段，有时甚至要经历几个反复，才能较好地完成。

按照上述三个阶段中完成任务的手段不同，可将电子线路的设计方式分为不同类型。如果方案的提出、验证和修改都是人工完成的，则称之为人工设计。这是一种传统的设计方法，其中设计方案的验证一般都采用搭试验电路的方式进行。这种方法花费高、效率低。从 70 年代开始，随着电子线路设计要求的提高以及计算机的广泛应用，电子线路设计也发生了根本性的变革，出现了 CAD 和 EDA。

### (1) 计算机辅助设计 (CAD)

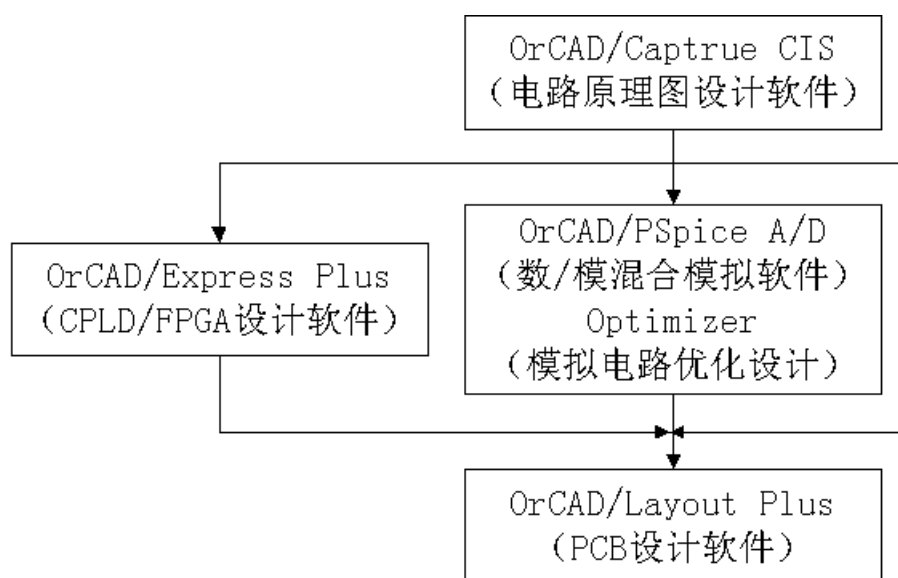
顾名思义,计算机辅助设计是在电子线路设计过程中,借助于计算机来迅速准确地完成设计任务。具体地说,是由设计者根据要求进行总体设计并提出具体的设计方案,然后利用计算机存储量大、运算速度快的特点,对设计方案进行人工难以完成的模拟评价、设计检验和数据处理等工作。发现有错误或方案不理想时,再重复上述过程。这就是说,由人和计算机通过CAD这一工作模式共同完成电子线路的设计任务。

### (2) 电子设计自动化 (EDA)

CAD 技术本身是一种通用技术,在机械、建筑、甚至服装等各种行业中均已得到广泛应用。在电子行业中,CAD 技术不但应用面广,而且发展很快,在实现设计自动化 (DA: Desisn Automation) 方面取得了突破性的进展。目前在电子设计领域,设计技术正处于从 CAD 向 DA 过渡的进程中,一般统称为电子设计自动化 (EDA)。

### 2、微机级电子线路 EDA 软件

直到 80 年代初,CAD 软件至少需要在小型计算机或专业用的工作站上才能运行。当时的微机系统受运行速度、存储量等因素限制,无法运行 CAD 软件。随着计算机技术的发展,以 ORCAD 为代表的 EDA 技术开发公司,相继推出了一批可以在微机上运行的 EDA 软件。近几年,新型微机系统的许多性能已接近工作站,微机上的 EDA 软件系统也已达到了相当的水平。ORCAD 公司的 EDA 软件是其中的突出代表。ORCAD 软件覆盖了电子设计中的 4 项核心任务:以 VHDL 和线路图绘制方式进行设计生成,FPGA 和 CPLD 设计综合,数字、模拟和数/模混合电路模拟,以及印制电路板 (PCB) 设计。其软件系统结构如图一所示。



图一 微机级 OrCAD 软件系统构成框图

OrCAD 系统中的每一部分可以根据需要单独使用,相互之间又有图一所示的内在联系,共同构成一个完整的 EDA 系统,对设计项目实施统一管理。用户不必花过多的时间考虑各个软件间的调用及设计数据格式和交换方式,而将主要精力放在线路设计本身。

下面简要介绍 OrCAD 软件系统中主要软件的功能。

(1) ORCAD/Capture : 这是一个功能强大的电路原理图设计软件, 除可生成各类模拟电路、数字电路和数 / 模混合电路的电路原理图外, 还配备有元器件信息系统 CIS (Component Information System), 可以对元器件的采用实施高效管理。该软件还具有 ICA (Internet Component Assistant) 功能, 可在设计电路图的过程中从 Internet 的元器件数据库中查阅、调用上百万种元器件。

(2) OrCAD / Express : 这是一个逻辑模拟软件。可进行 Capture 生成的数字电路门级模拟, 一直到 VHDL 综合和仿真。可进行 10 万门以上的 CPLD、FPGA 和 ASIC 设计。在设计中可应用 Xilinx、Altera、Lattice、Lucent、ACtel、PhilipS 和 VantiS 等厂家生产的器件。

(3) OtoAD / PSPice : 这是一个电路模拟软件, 除可对模拟电路、数字电路和数 / 模混合电路进行模拟外, 还具有优化设计的功能。

(4) OrCAD / Layout : 这是一个印刷电路板 (PCB) 设计软件。可直接将 OrCAD / Capture 生成的电路图通过手工或自动布局布线方式转为 PCB 设计。在 PCB 设计中, 采用的层次可达 30 层, 布线分辨率为 1 微米, 放置元器件时旋转角度可精确到  $1 / 60$  度, 即 1 分。完成 PCB 设计后, 可生成 3 维显示模型。

### 3、EDA 技术的优点

采用 EDA 技术具有下述优点:

(1) 缩短设计周期。采用 EDA 技术, 用计算机模拟代替搭试验电路的方法, 可以减轻设计方案验证阶段的工作量。一些自动化设计软件的出现, 更极大地加速了设计进程。另外, 在设计印制电路板时, 目前也有不少具有自动布局布线和后处理功能的印刷电路板设计软件可供采用, 将人们从繁琐的纯手工布线中解放出来, 进一步缩短了设计周期。

(2) 节省设计费用。搭试验电路费用高、效率低。采用计算机进行模拟验证就可以节省研制费用。特别要指出的是, 伴随着微机的迅速发展和普及, 微机级 EDA 软件水平的不断提高, 这就可以在计算机硬件投资要求不大, EDA 软件费用也不太高的前提下, 促进 EDA 技术的推广使用。

(3) 提高设计质量。传统的手工设计方法采用简化电路及元器件模型进行电路特性的估算, 通过搭实验电路板的方式进行验证, 很难进行多种方案的比较, 更难以进行灵敏度分析、容差分析、成品率模拟、最坏情况分析 and 优化设计等。采用 EDA 技术则可以采用较精确的模型来计算电路特性, 而且很容易实现上述各种分析。这就可以在节省设计费用的同时提高设计质量。

(4) 共享设计资源。在 EDA 系统中, 成熟的单元设计及各种模型和模型参数均存放在数据库文件中, 用户可直接分享这些设计资源。特别是对数据库内容进行修改或增添新内容后, 用户可及时利用这些最新的结果。

(5) 很强的数据处理能力。由于计算机具有存储量大、数据处理能力强的特点, 在完成电路设计任务后, 可以很方便地生成各种需要的数据文件和报表文件。

随着电子技术的发展, 需设计的电路越来越复杂, 规模也越来越大, 在这种情况下, 离开 EDA 技术几乎无法完成现代的电子线路设计任务。

### 4、ORCAD / PSpice 软件

由图一可见, 微机级 OrCAD EDA 软件系统中, 电路模拟分析是由 OrCAD/PSpice 软件完成的。该软件的前身是 SPICE, 其全称为 Simulation Program with Integratd Circuit Emphasis, 即重点用于集成电路的模拟程序。最早的 SPICE 软件是美国加州大学伯克莱分校为适应集成电路 CAD



的需要，于1972年推出的。1975年推出的SPICE 2G版达到实用化程度，得到广泛推广。但该程序的运行环境至少为小型计算机。1983年，ORCAD公司推出了可在PC机上运行的PSPICE（P代表是在PC机上运行的版本）。本文介绍的版本是1998年11月推出的OrCAD/PSpice 9。与SPICE相比，OrCAD / PSpice并不只是单纯地将SPICE移植至PC机，而是在下述3方面有重大变革。

（1）不仅可以对模拟电路进行直流、交流、瞬态等基本电路特性分析，而已可进行蒙特卡诺（MC）统计分析，最坏情况（Wcase）分析、优化设计等复杂的电路特性分析。

（2）不仅可对模拟电路进行计算机辅助分析，而且可对数字电路、数/模混合电路进行计算机模拟。为了突出这一功能特点，新版本的软件称为PSpice A / D。

（3）一改批处理运行模式，可以在WINDOWS环境下，以人机交互方式运行。绘制好电路图后，即可直接进行电路模拟，无需用户编制繁杂的输入文件。在模拟过程中，可以随时分析观察模拟结果，从电路图上修改设计。

经过15年的发展和应用，OrCAD/PSpice实际上已成为微机级电路模拟的标准软件。

## 二、OrCAD/Pspice 软件的功能特点

本文从支持的元器件种类、可分析的电路特性类型以及配套软件等几方面说明OrCAD/PSpice软件的功能特点。

### 1、PSPICE A / D 支持的元器件类型

表一 Pspice A/D 支持的元器件类别及其字母代号（按字母顺序）

字母代号	元器件类别	字母代号	元器件类别
B	GaAs 场效应晶体管	N	数字输入
C	电容	O	数字输入
D	二极管	Q	双极晶体管
E	受电压控制的电压源	R	电阻
F	受电流控制的电流源	S	电压控制开关
G	受电压控制的电流源	T	传输线
H	受电流控制的电压源	U	数字电路单元
I	独立电流源	U STIM	数字电路激励信号源
J	结型场效应晶体管（JFET）	V	独立电压源
K	互感（磁芯），传输线耦合	W	电流控制开关
L	电感	X	单元子电路调用
M	MOS 场效应晶体管（MOSFET）	Z	绝缘栅双极晶体管（IGBT）

PSpice A / D 可模拟下述 6 类最常用的电路元器件：

- （1）基本无源元件，如电阻、电容、电感、互感、传输线等。
- （2）常用的半导体器件，如二极管、双极晶体管、结型场效应晶体管、MOS 场效应晶体管、GaAs 场效应晶体管、绝缘栅双极晶体管（IGBT）等。
- （3）独立电压源和独立电流源。可产生用于直流（DC）、交流（AC）、瞬态（TRAN）分析和逻辑模拟所需的各种激励信号波形。
- （4）各种受控电压源、受控电流源和受控开关。
- （5）基本数字电路单元，包括常用的门电路、传输门、延迟线、触发器、可编程逻辑阵



列、RAM、ROM 等。

(6) 常用的单元电路。常用的单元电路，特别是像运算放大器一类集成电路，可将其作为一个单元电路整体出现在电路中，而不必考虑该单元电路的内部电路结构。

PSPice A/D 为不同类别的元器件赋给了不同的字母代号，如表一所示。在电路图中，不同元器件编号的第一个字母必须按表中规定。

电路模拟的精度很大程度上取决于电路中代表各种元器件特性的模型参数值是否精确。为了方便用户使用，PSPice A/D 提供的模型参数库中包括有超过 11300 种的半导体器件和模拟集成电路产品的模型参数以及 1600 多种数字电路单元产品的参数，其中包括了最新的 GaAS 器件和 IGBT 器件模型参数，对 MOSFET 器件还提供了 6 种不同级别的模型，适用于先进的亚微米工艺器件。

表一中 N 器件和 O 器件是为数/模混合电路中对数/模接口型节点进行接口电路转换而引进的等效器件。

## 2、PSPICE A / D 分析的电路特性

PSPice A/D 可分析的电路特性有 6 类 15 种，如表二所示。

表二 Pspice A/D 分析的电路特性

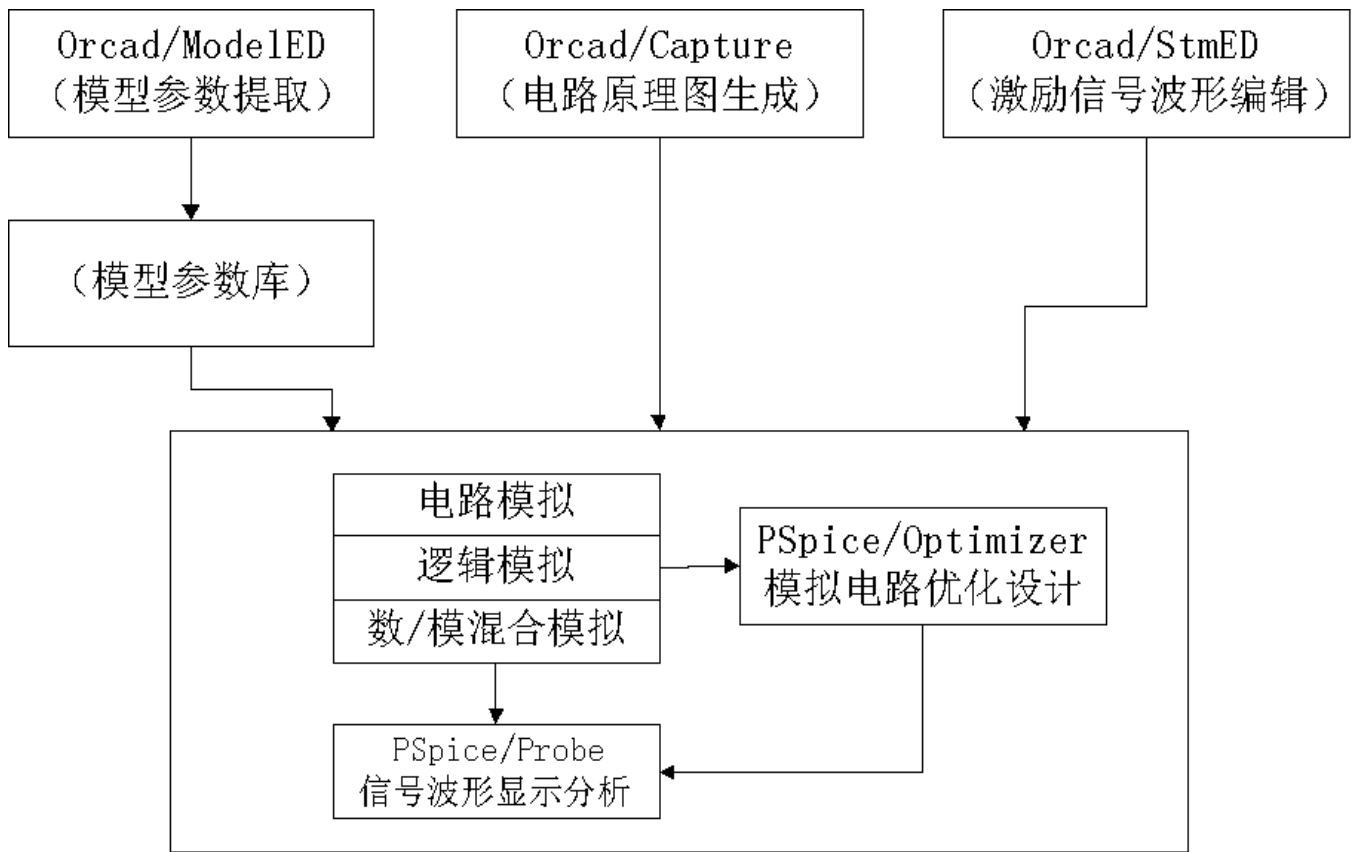
类别	电路特性
直流特性	(1) 直流工作点 (2) 直流灵敏度 (3) 直流传输特性 (4) 直流特性扫描
交流特性	(1) 交流小信号频率特性 (2) 噪声特性
瞬态特性	(1) 瞬态响应 (2) 傅里叶分析
参数扫描	(1) 温度特性 (2) 参数扫描
统计分析	(1) 蒙特卡诺分析 (2) 最坏情况分析
逻辑模拟	(1) 逻辑模拟 (2) 数/模混合模拟 (3) 最坏情况时序分析

## 3、PSPice A/D 的配套功能软件（控块）

OrCAD 软件包中进行电路模拟分析的核心软件是 PSPice A/D。为使模拟工作做得更快、更好，ORCAD 软件包中还提供了 5 个配套软件（模块）。他们之间的相互关系如图二所示。

本刊物由苍穹电子网 ( <http://www.51circuit.com/> ) 提供。

刊物内文章版权归苍穹电子网与原作者所有，任何媒体及网站未经许可，不得复制或转贴。



图二 Pspice A/D 与配套软件

## 1) . 电路图设计软件 Capture

为了进行电路模拟，必须向 PSpice A/D 提供包括待分析电路的拓扑结构、元器件参数值等全部信息，同时还要说明电路特性分析类型。设置分析参数并提出结果输出要求。早期的 SPICE 和 PSpice 软件要求用户按规定格式将上述内容编制成一份输入文件。这一工作不但繁杂，且极易出错，当电路规模较大时，这个问题更加严重。采用电路图绘制软件 CaPture 后，用户只需以人机交互图形编辑方式在屏幕上绘制好电路原理图，设置好分析参数，即可在 Capture 环境下继续完成电路模拟。在 Capture 环境下，还能控制本节介绍的其他配套软件的运行。

Capture 不仅可以与 PSpice AfD 配合使用，同时也是 OrCAD EDA 软件包中进行 PLD 设计和 PCB 设计的基础。

## 2) . 激励信号波形编辑软件 (StmEd : Stimulus Editor)

在对电路特性进行分析时，瞬态分析和逻辑模拟分析需要的输入激励信号波形各不相同。StmEd 软件就是一个激励信号波形编辑器，可以交互方式生成电路模拟中需要的各激励信号波形。包括：

- (1) 瞬态分析中需要的脉冲、分段线性、调幅正弦、调频和指数信号等 5 种信号波形；
- (2) 逻辑模拟中需要的时钟信号、各种形状脉冲信号以及总线信号。

## 3) . 模型参数提取软件 (ModelEd : Model Editor)

PSpice A/D 的模型参数库中包括了一万多种元器件和单元集成电路的模型参数，基本能满足一般用户模拟分析电路特性的需要。如果用户采用了未包括在模型参数库中的元器件，可以调用模型参数生成软件 ModelEd 提取该器件的模型参数。用户只需提供元器件手册中给出的元器件特性

数据，ModelEd 即可生成电路模拟时需要的模型参数。

#### 4) . 模拟结果波形显示和分析模块 ( Pspice/Probe )

为了观察模拟结果，确定电路设计是否满足要求， PSpice AID 完成电路模拟以后可自动调用 Probe 模块。该模块具有 3 种主要功能。

- ( 1 ) 显示电路中的节点电压、支路电流波形。在显示信号波形过程中可随时修改电路分析参数设置，再重新进行电路模拟，显示信号波形。在 OCAD 中，可根据需要在电路图设计修改、电路模拟、结果波形显示之间交叉调用，直到电路设计满足要求为止。
- ( 2 ) 模拟结果的再分析处理。Probe 可以对模拟结果波形进行再加工，以提取出更多的信息。例如蒙特卡诺分析以后，可以绘制电路特性参数分布直方图，得到成品率信息；参数扫描分析以后，可从结果波形中提取滤波器的带宽和中心频率等电路特性特征参数，并可进一步得到这些特征参数与电路中元器件的关系，以实现电路的优化设计。
- ( 3 ) 数字电路中逻辑错误问题的检测。在显示逻辑模拟结果波形时，Probe 可以检测出电路中存在的冒险竞争、时序错误等问题，并可以将出错位置标注在电路中。

#### 5) . 优化程序 Optimizer

为了进一步帮助用户改进其电路设计，PSpice A/D 提供了优化模块 Optimizer。Optimizer 可在电路模拟的基础上，根据用户规定的电路特性约束条件(例如满足规定的带宽和增益要求)，自动调整电路元器件参数(例如调整偏置电阻和晶体管参数)，以满足某一电路指标要求(例如使电路功耗最小)。Optimizer 程序可同时调节 8 个元器件参数，满足 8 个优化目标和约束条件(或其组合)。

#### 4、OrCAD/Pspice A/D 9 版本的新特点

1998 年底推出的 OrCAD/Pspice A/D 9 版本具有下面的 6 个特点。

##### 1) 新的前端模块 OrCAD/Capture

版本 8 以前的 PSpice A/D 本身带有电路图输入软件 Schematic。从版本 9 开始，Pspice A/D 与 OrCAD/Express、OrCAD/Layout 一样，均以 OrCAD/Capture 作为前端模块。这样，除可以利用 Capture 的电路图输入这一基本功能以外，还可实现 OrCAD 中设计项目统一管理，采用新的元器件属性编辑工具，利用鼠标右键菜单(又称快捷菜单)以及其他多种高效省时的功能。版本 9 中提供的 Schematic 程序，可将以前用 Schematic 生成的电路图转为 Capture 可接受的格式。

##### 2) 增加了结果波形显示分析模块的功能

OrCAD / PSpice A/D 9 将电路模拟和结果波形显示分析两大模块集成在一起，Probe 只是作为其中的一个窗口。与以前版本的 Probe 模块相比，新增了下述功能：

( 1 ) 可以在屏幕上划分几个窗日，包括显示信号波形的一个或多个图形窗口、显示输出文件或其他文件的文本窗口以及显示模块状态和信息的窗口。

( 2 ) 在显示结果波形的窗口中可以修改电路特性分析的参数设置，并可在重新进行模拟后继续显示、分析新的模拟结果。

( 3 ) 可以启动多个电路模拟过程，并可随时查阅模拟进程，调整排队优先顺序。

( 4 ) 改进了波形显示方式，在波形显示区中新增了可由用户控制显示属性的坐标网格线，用户可将显示的波形经缩放处理后复制和粘贴到其他文件中。

##### 3) 引入了模拟类型分组 ( Simulation Profile ) 的概念

在版本 8 以前的 PSpice A/D 程序中，绘制好电路图并开始进行分析类型设置对话框的操作时，对选择设置的分析类型种类没有限制。完成电路模拟后，所设置的电路特性分析结果存放在同一

个输出数据文件中。

OrCAD/PSpice A/D 9将基本直流工作状态分析、直流DC扫描、交流小信号AC分析和瞬态TRAN分析作为4种基本的分析类型。在每一种电路的一个模拟类型分组中，只能包括这4种基本分析类型中的一种分析，但对可以同时进行的灵敏度分析、温度特性、参数扫描、蒙特卡诺分析和直流工作点的存取等则没有限制。每个模拟类型分组均有各自的名称，分析结果数据单独存放在一个文件中。同一个电路可建立多个模拟类型分组，不同分组也可以针对同一种特性分析类型，只是分析参数不同。引入这一概念的好处是可以单独保存不同类型分析的结果，删除其中一个，不会对其他类型分析结果产生影响。

#### 4) 扩展了模拟参数生成软件的功能

版本9中，模型参数生成软件已改名为ModelEd。ModelEd比版本8中的Parts程序在功能方面有了很大的扩展：

- (1) 统一处理以文本和修改规范两种形式提取模型参数；
- (2) 新增了达林顿器件的模型参数提取；
- (3) 完成模型参数提取后，自动在图形符号库中增添该器件符号。

#### 5) 增加了亚微米MOS器件模型EKV2-6

EKV2-6是一种基于器件物理特性的模型，适用于采用亚微米工艺技术的低压、小电流模拟电路和数/模混合电路的模拟分析。

#### 6) 扩展了模型参数库

版本9的模型参数库不但增添了不少厂家提供的约1000个器件模型，使库中涉及的器件数达到13000个，而且新增了EKV MOSFET模型以及光耦合器、达林顿管、DAC和ADC等新的器件类型。

### 三、电路模拟的基本过程

采用OrCAD EDA软件系统对电路设计方案进行电路模拟的基本过程共分8个阶段（见右图三）。

#### 1. 新建设计项目（Project）

OrCAD软件包对设计任务按项目（Project）实施管理。开始一个新的项目设计时，首先要调用OrCAD / CaPture软件中的项目管理模块建立相应的项目名称，并确定有关的设置。

#### 2. 电路图生成

项目名确定后，就应该在电路图绘制软件OrCAD / Capture环境下，以人机交互方式将用户确定的电路设计方案以电路原理图形式送入计算机。绘制电路图的具体方法本文中不作具体介绍。采用PSpice A/D 8以前的版本设计电路时，电路原理图是用PSpice A/D软件包中的Schematic程序生成的。通过版本9的Sch2cap程序可以将这种电路图文件转换为OrCAD / Capture接受的格式。

#### 3. 电路特性分析类型和分析参数设置

生成电路图以后，需根据电路设计任务确定要分析的电路特性类型并设置与分析有关的参数。从版本9开始，PSpice A/D采用了模拟类型分组（Simulation Profile）的概念。用户可以在OrCADICapture环境下新建或修改Profile设置，也可以在显示分析结果波形时，在PSpice A/D环境下修改Profile设置并重新进行模拟。模拟类型分组设置结果存放在以SIM为扩展名的文件中。

#### 4. 运行PSpice A/D程序

完成上述3项工作后，即可调用PSpice A/D程序对电路进行模拟分析。

## 5. 模拟结果的显示和分析

完成电路模拟分析后, PSpice 按照电路特性分析的类型分别将计算结果存入扩展名为 OUT 的 ASCII 码输出文件以及扩展名为 DAT 的二进制文件中。分析这两个文件的内容, 可以确定电路设计是否满足预定要求。

## 6. 电路优化设计

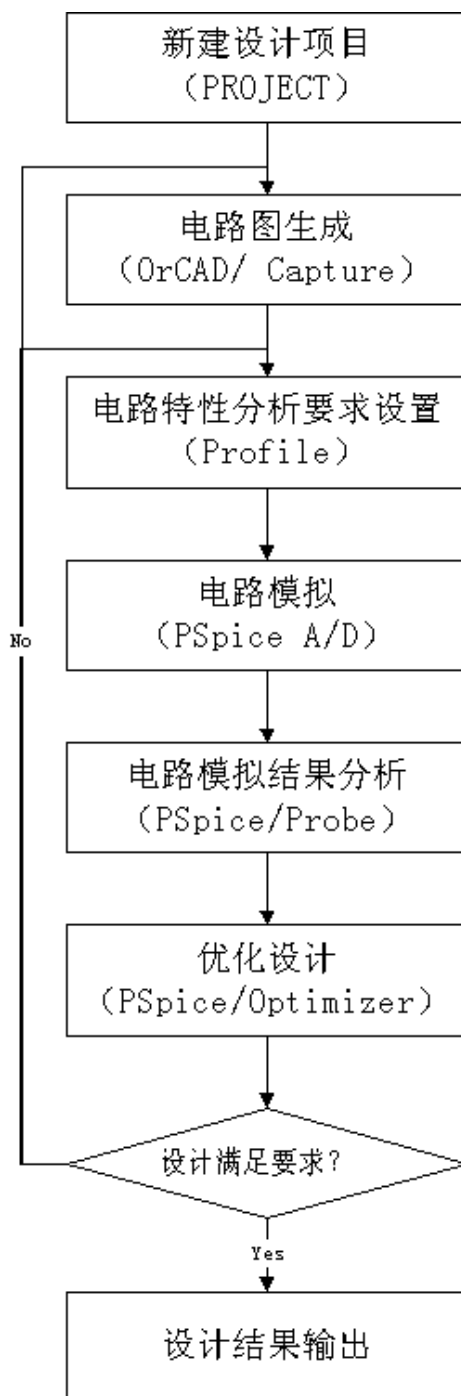
对于模拟电路, 可在结果分析的基础上确定是否调用 PSpice A/D 中的优化模块 (Optimizer), 对电路进一步进行优化设计, 提高设计质量。

## 7. 设计修正

在电路模拟过程中, 如果电路设计方案不合适、电路图生成中出现差错或分析参数设置不当, 都会导致 PSpice A/D 因检测出致命错误而不能正常运行或出现运行不收敛和运行结果不满足设计要求的情况。这时用户应分析问题所在, 确定应修改电路设计还是要纠正电路图生成中的错误或重新设置分析参数。然后, 再从上述第 2 阶段或第 3 阶段开始, 进行新一轮的设计模拟过程。有时需要经过几个循环的设计模拟才能得到满足要求的电路设计。为了尽快纠正电路模拟中的错误, 用户可查阅 OUT 文件中存放的错误信息内容, 也可以在波形显示分析窗口 (Probe 窗口) 中分析出错信息。

## 8. 设计结果输出

经过上述几个阶段, 得到符合要求的电路设计后, 就可以调用 OrCAD / Capture 输出全套电路图纸, 包括各种统计报表 (如元器件清单, 电路图纸层次结构表等); 也可根据需要将电路设计图数据传送给 OrCAD/Layout, 继续进行印刷电路板设计。





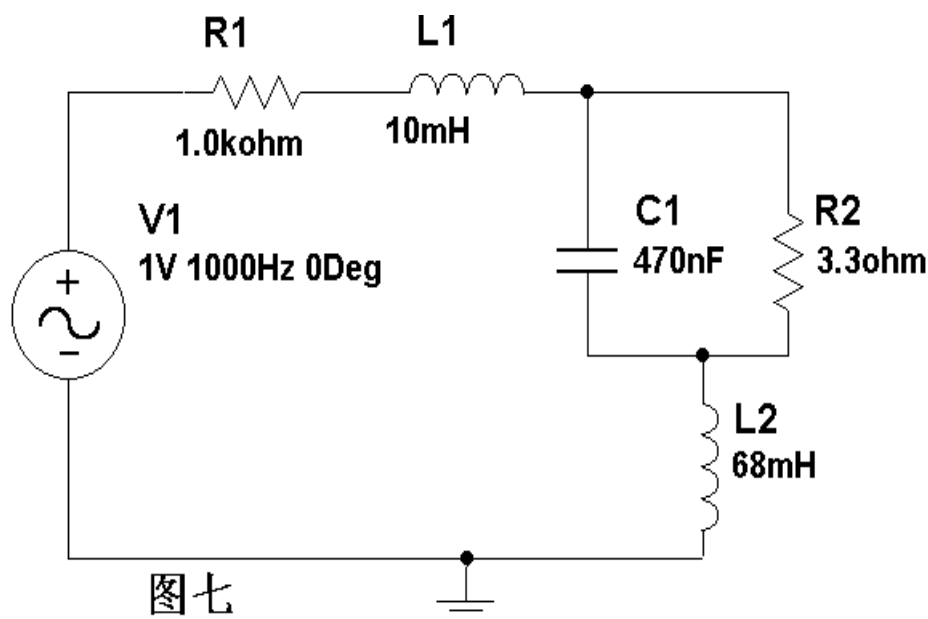
## MULTISIM2001 电路仿真分析方法之二

## — 交流分析

作者：苍穹

交流分析 (AC Analysis) 是分析电路的小信号频率响应。分析时程序自动先对电路进行直流工作点分析, 以便建立电路中非线性元件的交流小信号模型, 并把直流电源置零, 交流信号源、电容及电感等用其交流模型, 如果电路中含有数字元件, 将认为是一个接地的大电阻。交流分析是以正弦波为输入信号, 不管我们在电路的输入端输入何种信号, 进行分析时都将自动以正弦波替换, 而其信号频率也将以设定的范围替换之。交流分析的结果, 以幅频特性和相频特性两个图形显示。如果将波特图仪连至电路的输入端和被测节点, 也可获得同样的交流频率特性。

下面以一个如图七所示的简单 RLC 电路为例, 说明如何进行交流分析。



在工作窗口创建出该电路图后, 启动菜单 Simulate 菜单中 Analyses 下的 AC Analysis 命令, 将出现如图八所示的 AC Analysis 对话框。

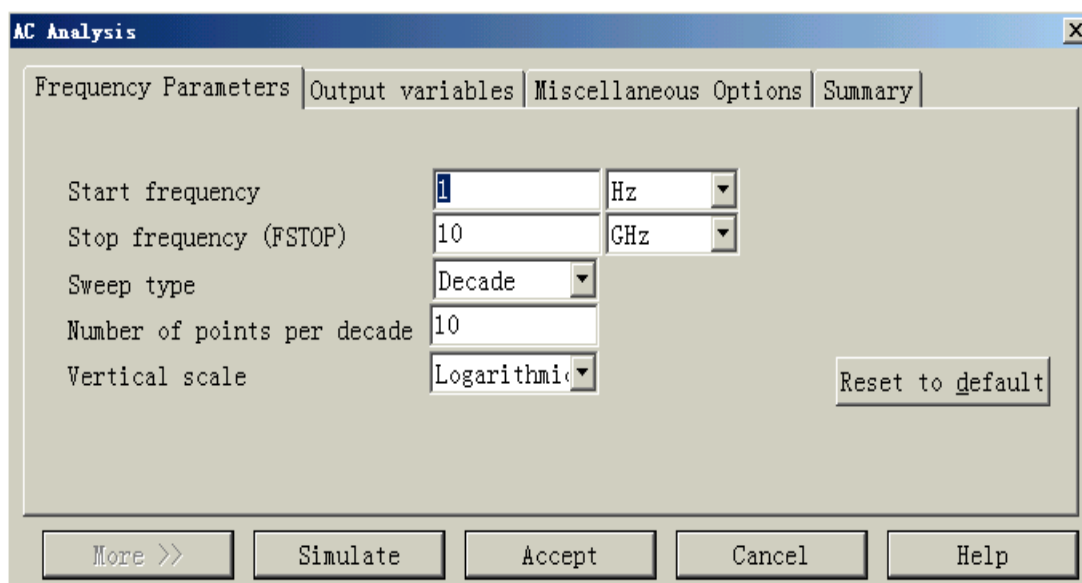
该对话框中包括 4 个翻页, 除了 Frequency Parameters 页外, 其余与直流工作点分析的设置一样, 不再赘述。Frequency Parameters 页中包含下列项目:

Start frequency: 设置交流分析的起始频率。

Stop frequency (FSTOP): 设置交流分析的终止频率。

Sweep type: 设置交流分析的扫描方式, 包括 Decade (十倍程扫描) 和 Octave (八倍程扫描) 及 Linear (线性扫描)。通常采用十倍程扫描 (Decade 选项), 以对数方式展现。





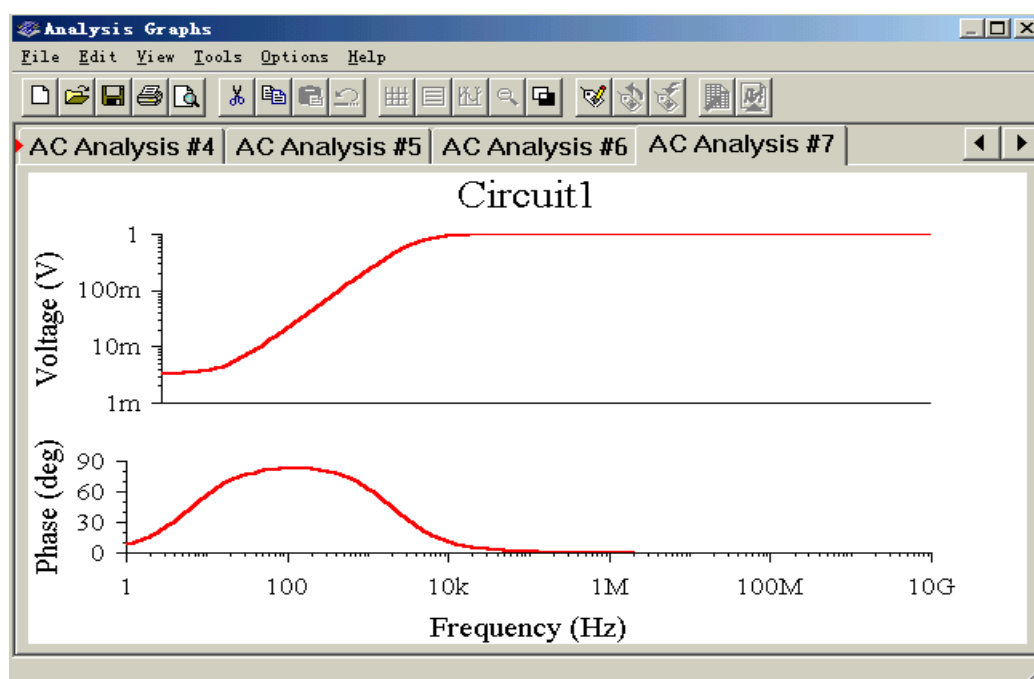
图八 AC Analysis对话框

Number of points per decade：设置每十倍频率的取样数量。

Vertical scale：从该下拉菜单中选择输出波形的纵坐标刻度，其中包括 Decibel（分贝）、Octave（八倍）、Linear（线性）及 Logarithmic（对数）。通常采用 Logarithmic 或 Decibel 选项。

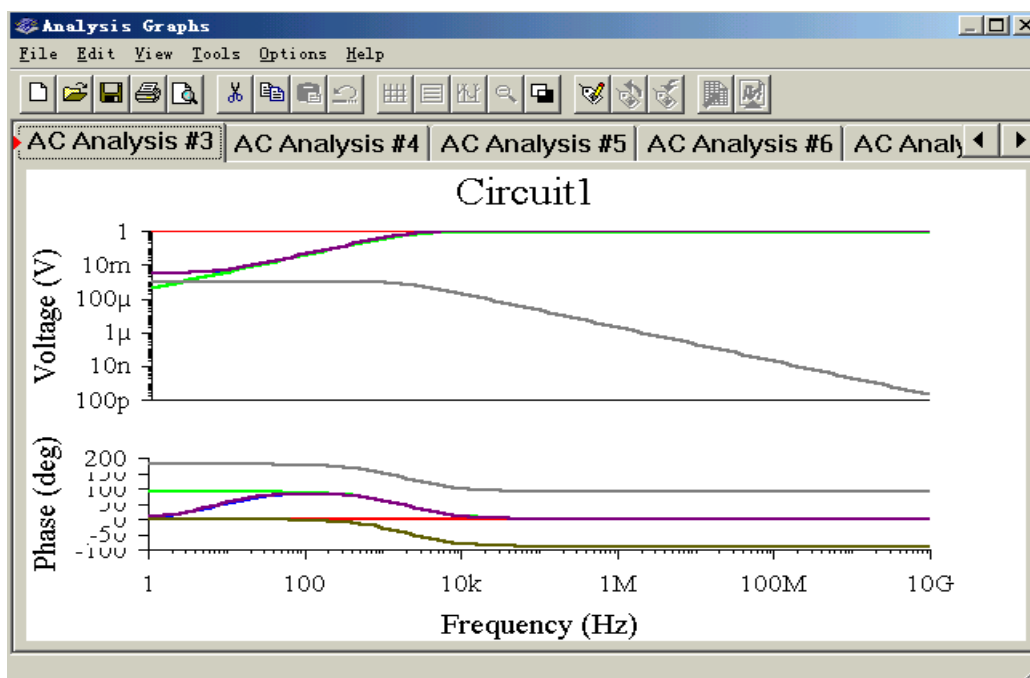
Reset to default 按钮：该按钮把所有设置恢复为程序默认值。

对于本例，设起始频率为 1Hz，终止频率为 10GHz，扫描方式设为 Decade，取样值设为 10，纵轴坐标设为 Logarithmic。另外，在 Output variables 页里，选定分析



图九 (A)

节点 1；在 Miscellaneous Options 页，Title for analysis 栏输入“交流分析”，最后点击“ Simulate ”进行分析，其结果如图九所示。



图九 (B)

从上图所示的结果中发现，幅频特性的纵轴用该点电压值来表示。这是因为不管输入的信号源的数值多少，程序一律将其视为一个幅度为单位 1 且相位为零的单位源，这样从输出节点取得的电压的幅度就代表了增益值，相位就是输出与输入之间的相位差。

## USB 总线简介

作者：世琪

通用串行总线 USB (Universal Serial Bus) 是由 Intel 等厂商制定的连接计算机与具有 USB 接口的多种外设之间通信的串行总线。目前，带 USB 接口的设备越来越多，如鼠标、键盘、数码相机、调制解调器、扫描仪、摄像机、电视及视频抓取盒、音箱等。

USB 总线最多可支持 127 个 USB 外设连接到计算机系统。USB 的拓扑是树形结构，有 1 个 USB 根集线器 (root hub)，下面还可有若干集线器。1 个集线器下面可接若干 USB 接口。USB 线缆包括 4 条线：Vbus (USB 电源)、D+ (数据)、D- (数据) 和 Gnd (USB 地)。线缆最大长度不超过 5m。USB1.1 的传输速率最高为 12Mb/s (低速外设的标准速率为 1.5Mb/s，高速外设的标准速率为 12Mb/s)。

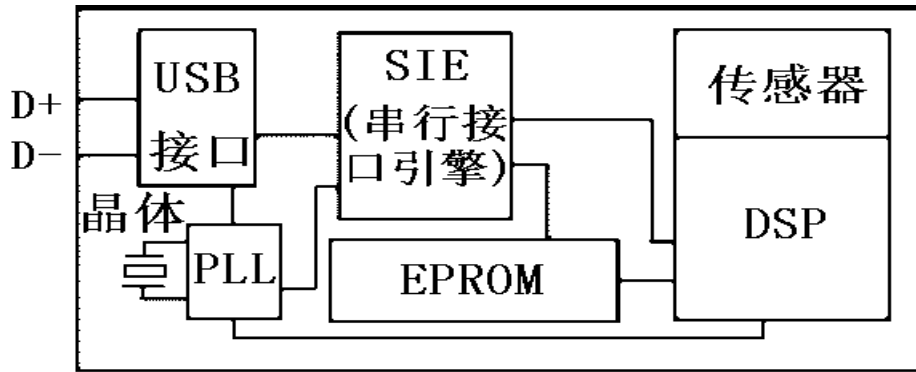


图1 典型USB功能器件结构框图

图1 是典型的 USB 功能器件结构框图，

图2 是高速外设的 USB 线缆与电阻的连接图。

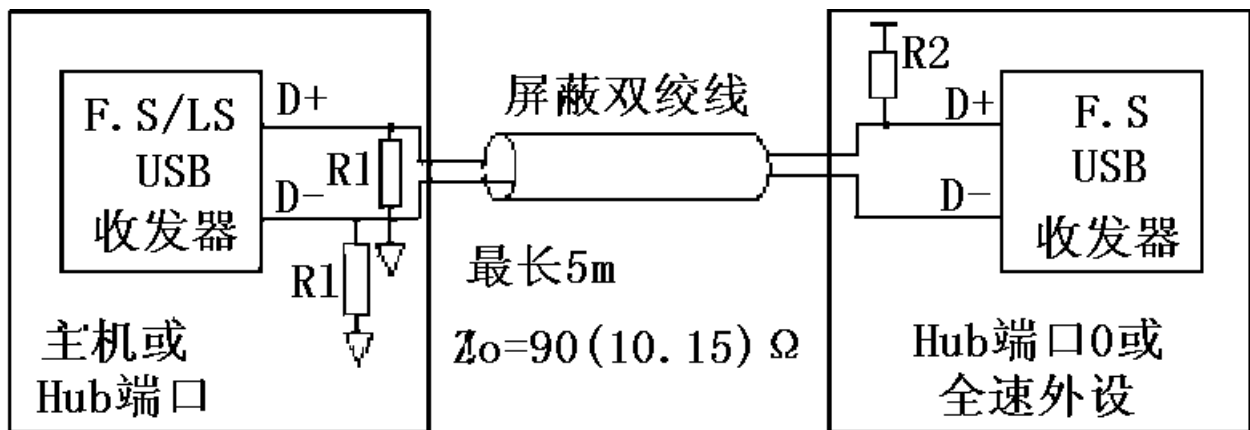


图2 高速外设的USB线缆与电阻的连接图

图2 中：F.S 为全速 (高速)；LS 为低速； $R1=15k$ ， $R2=15k$ 。USB 外设可以采用计算机里的电源 (+5V, 500mA)，也可外接 USB 电源。在所有的 USB 信道之间动态地分配带宽是 USB 总线的特征之一，这大大地提高了 USB 带宽的利用率。当一台 USB 外设长时间 (3ms 以上) 不使用时，就处于挂起状态，这时只消耗 0.5mA 电流。按 USB1.0/1.1 标准，USB 的标

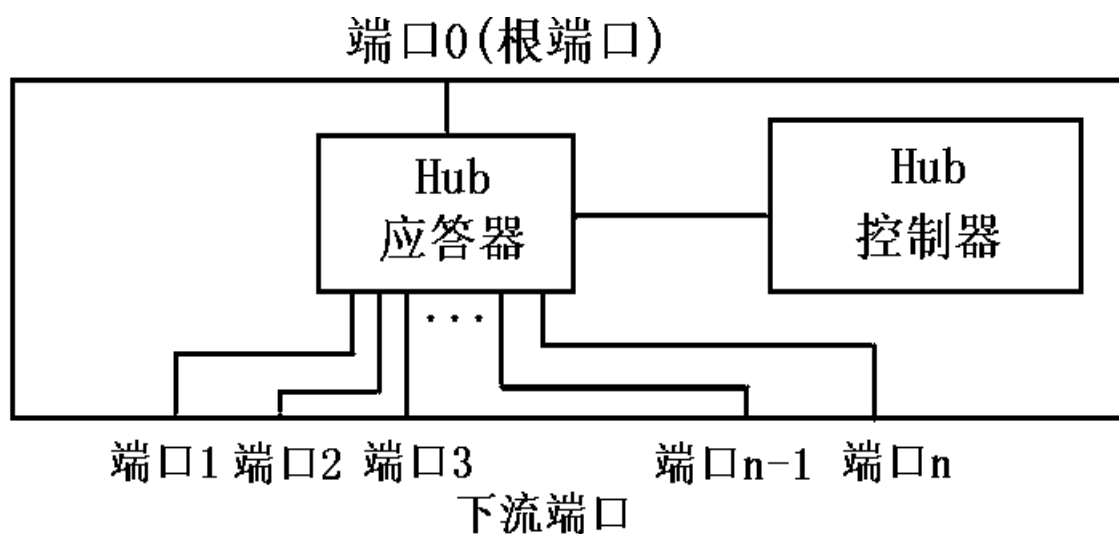


图3 USB的Hub（集线器）结构

准脉冲时钟频率为 12MHz，而其总线时脉冲时钟为 1ms（1kHz），即每隔 1ms，USB 器件应为 USB 线缆产生 1 个时钟脉冲序列。这个脉冲系列称为帧开始数据包（SOF）。高速外设长度为每帧 12000bit（位），而低速外设长度只有每帧 1500bit。1 个 USB 数据包可包含 0~1023 字节数据。每个数据包的传送都以 1 个同步字段开始。

从 2000 年开始生产的 PC 主机几乎都有了 USB 插口，最新的 PC 机还有 USB 集线器（Hub）和 4~6 个 USB 插口。USB 集线器的结构如图 3 所示。但这些还是不能满足对高速外设的要求。之后又推出了 USB2.0 标准，其速度比 USB1.0/1.1 快 40 倍，达 480Mb/s。使 USB 推广到硬盘、电缆调制解调器、信息家电网络产品和其他的快速外设成为可能。一些公司已开发出支持 USB2.0 的产品。

#### 设计 USB2.0 系统的两种方法

##### （1）多芯片方法

多芯片和 ASIC（专用集成电路）方法：使用多芯片方法需要购买 USB2.0 收发器和串行接口引擎（SIE），并把收发器（作为一种外设）与单片机相连接。这时，单片机要处理许多 USB 协议。自然，用建有芯片系统的 ASIC 并在它上面集成有全部必需的部件，这样能获得更高的集成度，但是，这样需要面对应用和如何使用 USB2.0 两方面的工作。这意味着设计者需要做更大的努力，并且产品上市时间长。此方法的好处是最终部件的价格低，因此对大批量生产是有价值的。

##### （2）单芯片方法

单芯片内有 USB2.0 物理层（PHY）电路和基于 EZ\|USB FX 结构的 8051 单片机。用单片 EZ\|USB FX2 开发 USB2.0 外设具有一定的优势。

当运行在 480Mb/s 时，数字和模拟之间的接口会有更多的细致差别。例如，噪声热容限会更小。USB2.0 的电压摆幅比 USB1.1 更小。例如，要建立 1 个 100K（10 万）门的 IC，小的物理层（PHY）将会存在更大的挑战。

另外，USB2.0 需要在 USB1.1 “全速度”（“full speed”）速率基础上完成。换句话说，USB2.0 收发器和 SIE（串行接口引擎）要做全速和高速率设计。这意味着设计时必须使 USB1.1 和 USB2.0 兼容。

## PROTEL99 中与 PCB 有关的概念

作者：小山

PROTEL99 是国内最常用的电路设计软件之一，很多电子工程师使用它进行印刷电路板（PCB）设计，但也有不少初学者将其中的一些概念混淆，如将禁止布线层当成机械层、过孔与焊盘不分等，本文针对 PROTEL99 中有关 PCB 部分的概念进行说明，以更好地使用该软件进行 PCB 设计。

### 一、有关层（Layer）的概念

在 Protel 99 SE 的 PCB 设计中，可以分层显示电路板结构的层面，称为板层（Layer）。按照板层使用目的的不同，板层具有各自不同的名称。PCB 设计系统提供了信号板层 32 个、电源板层 16 个、机械板层 16 个、阻焊板层 2 个、助焊板层 2 个、丝印板层 2 个、钻孔板层 2 个、禁止布线层 1 个、复合板层 1 个。其中信号板层和内部板层统称布线层。

（1）信号板层（Signal Layer）：信号板层包括顶层、底层和 30 个中间层，最多可有 32 层。信号板层与电路板实体相对应，它主要用来布放铜膜走线、焊盘、过线盘等。信号板层采用正片方式显示，布放在本板层的图形对象代表敷设铜膜的区域。

（2）电源板层（Internal Layer）：电源板层通常用来作为电源（VCC 和 VDD）或地线（GND）层，有时也可将内层进行分割，以便布放其它信号布线。电源板层最多可达 16 层。在电源板层上布放的网络通过过线盘与信号层上的同名网络实现电气连接。电源板层采用负片形式显示，即布放在板层上的图形对象代表电路板上不敷设铜膜的区域。

（3）机械板层（Mechanical Layer）：机械板层一般用来标注加工与组合时所需要的对齐标志、尺寸线、数据标志、螺丝孔、组合标志等。定义机械层数据可以使用铜膜走线、尺寸线或其它对象在不同的机械板层中绘制。一般可把参考坐标孔、边缘标志和外部尺寸等数据绘制在不同的板层中。机械板层可以附加到其它板层上一起打印输出，

（4）阻焊板层（Solder Mask）：阻焊层用来敷设阻焊漆（工业上称为绿漆），以避免焊接时可能发生的短路现象。本板层可以有顶层和底层两层。阻焊层是由 PCB 文件中的焊盘和过线盘数据自动生成的板层，它采用负片的形式显示，即板层上显示的焊盘和过线盘部分就是可以进行焊接的部分，也就是电路板上不敷设阻焊漆的区域。

(5) 助焊板层 (Past Mask): 助焊板层是针对焊接表贴元件 (SMD) 而敷设的板层, 与 SMD 元件的焊盘相对应。阻粘板层可以有顶层和底层。阻粘板层与阻焊层类似, 也采用负片形式显示, 即板层上显示的焊盘和过线盘代表不敷设锡膏的部分, 也就是不能进行焊接的部分。

(6) 丝印板层 (Silkreen); 丝印板层用来标注电路板上的元器件外形和编号等信息, 又称覆盖层。丝印板层可以有顶层和底层, 可根据需要选用。PCB 设计系统能够自动将设计文件内的元器件外形符号、编号和文本内容传送给丝印板层内。

(7) 钻孔板层 (Drill Layer): 钻孔板层有两层, 分别是钻孔导引层和钻孔图层。钻孔导引层用于提供手工钻孔数据或者现代制板技术中的钻孔参考数据。钻孔图层可在输出设计时将自定义的钻孔信息也包括在内, 并针对电路板的钻孔位置生成编码记录, 以产生制作电路板时的钻孔图片。

(8) 禁止布线层 (Keep Out): 禁止布线层只有一层, 通常用来定义板框。系统在进行自动布线时, 不越过禁止布线层上的图形。

(9) 复合板层 (Multi Layer): 复合板层只有一层, 主要用来快速布放连接两个信号板层或信号板层与电源板层的焊盘、过线盘等图元。放置在复合板层中的图元在设计输出时可自动附加到所有的信号板层中。

## 2. 板框

板框是指用来限定自动布局与自动布线的合法区域, 它通常比实际的电路板尺寸要略小一些。板框一般可以在禁止布线层或机械板层中定义。如果要使用 Protel 99 SE 提供的自动布局与自动布线功能, 则必须在禁止布线层首先定义好板框。利用板框生成向导可以十分方便地生成板框, 也可以在板层内用铜膜走线直接绘制出一个封闭的区域作为板框。

## 3. 焊盘 (Pads)

焊盘用于固定元器件引脚或引出连线、测试线等。Protel 99 SE PCB 中的焊盘有圆形、矩形等多种形状。焊盘的参数有 X 方向尺寸、Y 方向尺寸、钻孔孔径尺寸等。Protel99 SE PCB 当然支持采用表面贴装器件进行的电路板设计, 因而还有单面焊盘 (对应于 SMD 器件)。焊盘在组件中是有序的, 其顺序用焊盘编号来区分。焊盘编号可以是数字, 也可以是字符串, 焊盘编号又叫焊盘名。

在 Protel 99 SE PCB 中, 还可以使用焊盘堆栈将双面焊盘的两面尺寸以及在中间层面上的尺寸 (如果有中间层面的话) 修改成不相同的形状和不同的尺寸。

## 4. 过孔 (Via)

布两层以上的板子时, 往往要连通两个层面上的铜箔线。将两层板之间的线条连



接在一起的“线条”之一就是过孔。过孔的参数主要有过孔盘的外径和钻孔尺寸，形状只有圆形。随着制板技术和生产工艺的发展，多层板的过孔不仅可以是通孔的，还可以是掩埋式的。

所谓通孔式的过孔，是指穿通所有敷铜层的过孔，而掩埋式的过孔则只穿通两个敷铜层面，仿佛被其它敷铜层面埋起来似的。

### 5. 连线 (Track)

PCB 设计图中的连线 (Track) 指的是有宽度、有位置方向 (起始和终止点) 有形状 (直线或弧线) 的线条。在铜箔面的线条一般用来完成电连接，在非敷铜面的连线一般用作元件描述或其它特殊用途。PCB 设计中的一个最主要任务是通过在敷铜面放置一定宽度、一定形状的连线，实现电路的功能和性能。不同层面线条之间的电连接，靠焊盘或过线盘来完成。

### 6. PCB 元器件 (Component) 及其库

电路原理图设计中的元器件 (或称电路图零件、电路图组件)，指的是单元电路功能模块，是电路图符号。而印刷电路板设计中的元器件 (或称 PCB 零件、PCB 组件) 是指电路功能模块的物理尺寸，是电路元器件的封装。

PCB 元器件库中的所谓元器件，与电路图中的元器件封装名相对应。相应地，PCB 元器件库也就是电路元器件的封装库。

电路元器件的属性与 PCB 元器件的属性有相互对应的关系。

### 7. 网络 (Net) 和网络表 (Netlist)

从一个组件的某一个引脚上到其它引脚或其它组件的引脚上的电连接关系称作网络。每一个网络均有一个唯一的网络名称。有的网络名是在电路原理图设计或编辑网络表时人为添加的，有的是由机器自动生成的。用 Protel 99 SE 进行 PCB 布线时，通过修改网络的操作，可以修改该网络的布线优先级、网络所采用的拓扑规则、更改网络名、设定自动布线时网络的线宽等。

将一个完整电路设计的所有网络综合在一起，再加上对设计中所采用元器件的描述，就构成了网络表。网络表描述着电路的器件特征和电连接关系，是原理图设计和其它设计之间的纽带。简单的 PCB 电路设计不要网络表似乎没有什么不好，甚至设计的速度可能更快一些，稍复杂的 PCB 设计中，网络表的有无就已经有了很大的差别，复杂的 PCB 设计如果不用网络表，就不仅不能发挥 CAD 软件的优点和长处，而且会有无从下手之感。不同的 PCB 软件要求有不同格式的网络表。Protel 99 SE 的原理图设计软件可以输出多种格式的网络表，其 PCB 软件包也支持多种格式的网络表，并且在用 Protel 99SE 进行电路原理图和 PCB 的设计时，可以不用通过网络表的

---

方式进行信息传送，使用同步设计的方式就可以方便地进行网络信息的交流。

#### 8. 栅格 (Grid)

栅格用于 PCB 设计时的位置参考和光标定位。Protel 99 SE 的 PCB 支持可视栅格、元器件定位步进栅格和光标定位用的步进栅格及电栅格。可视栅格作为 PCB 设计时的位置参考。元器件定位步进栅格用于元器件布局。步进栅格作为光标定位的最小间隔。两种可视栅格分别在显示视窗的显示比例较大和较小时显示。电栅格用于在 PCB 手工布线时协助定位。

Protel 99 SE 的 PCB 设计环境以 2 种形式显示可视栅格，以适应不同的需求和个人习惯，一种是真正的方格，另一种是格点形式。

以上为 PROTEL99 中与 PCB 设计有关的一些重要概念，在 PCB 设计中，理解这些概念将对熟练地应用该软件很有帮助。

## 点焊操作的原理与工艺控制

作者：FLASH

**概述：**本文详细介绍了点焊机的工作原理、操作方法、工艺控制、质量检验等，对制造工艺上的点焊操作具有重要的指导意义

**关键词：**点焊机 焊接 热传导 点焊工艺

在电子产品生产中，点焊机是基本的也是重要的设备之一。目前电子产品生产厂家使用的点焊机有美国凯斯公司生产的，也有国产的。由于没有系统化介绍点焊方面的资料，故点焊质量较难把握。本人在使用点焊机的过程中，总结出以下几个影响点焊质量的因素，供大家参考。

点焊可分为双面点焊法和单面双点焊法。在作为导线的带状金属（如镍带）与其它金属外壳的原料（如电池）进行连接的加工中一般使用单面双点焊法。模型如图1(b)所示：

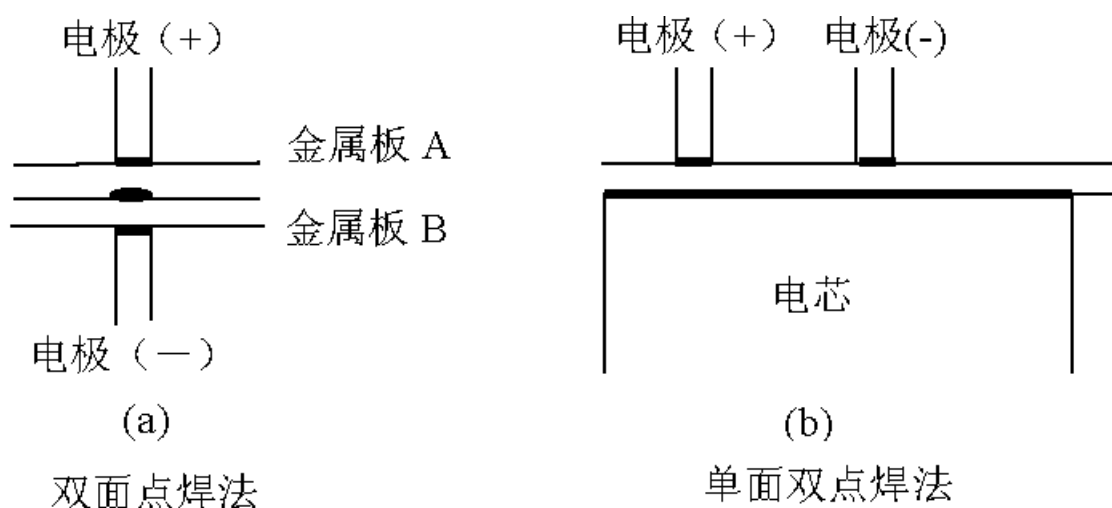


图 1 点焊类型

### 一、点焊原理

点焊的原理是给电极加上一定的压力，由于电极的作用，熔接电流在极短的时间内由电源流至金属板，这时产生的热量使金属熔化后焊接在一起。若焊接电流为  $I$ ，金属板的固有电阻为  $R_1$ ，材料间的接触电阻为  $R_2$ ，通电时间为  $T$ ，则发热量的计算公式如下：

$$Q=I^2 (R_1+R_2) T \quad \dots\dots\dots(1)$$

在实际点焊过程中，还要考虑散热量  $H$ 。则用于金属板焊接的能量  $E=Q-H=I^2 (R_1+R_2) T-H \quad \dots\dots\dots(2)$

由公式(2)可以看出散热量越大，则用于金属板焊接的能量就越小。影响散热量

的因素主要有两个方面：被焊接物自身固有的热传导系数和受被焊接物自身厚度影响的热容量。

### 1、被焊接物自身固有的热传导系数。

热传导系数表示的是材料的(包括电极)热传导速度。导热速度快，散热就越大。简单地说，导热率高的材料不易焊接。相反，导热率低的材料则容易焊接。作为材料（金属板）的物理特性，可以说固有电阻大、且导热率低的材料才适宜焊接。各种金属的物理特性如下表所示。

金属与合金	固有电阻( $\mu$ -cm)	熔点( )	导热率(J/m.s.K)
纯铁	9.8	1540	80.3
铜	1.72	1083	398
银	1.62	960	427
金	2.4	1063	237
镍	7.24	1455	90.5
钼	5.6	2625	138
钨	5.5	3410	178
碳素钢(含 C0.6%)	16-18	1430	50
不锈钢(SUS32)	70	1415	14
磷青铜 5%(Sn.P)	2-6	1050	85
黄铜 30%(Zn)	5-7	1065	119
锌白铜	17-41		34

**备注：** 碳素钢、不锈钢、锌白铜等合金，其组成（各金属含量）不同，固有电阻、导热率等物理特性也不同，要加以注意。

锌白铜组成：Cu60%；Ni25%；Zn14%

由上表可知，导热率低、容易焊接的金属有钢、不锈钢等；相反，导热率高、不易焊接的金属有金、银、铜、钼、钨等。因此，利用铜、钼、钨等不易焊接的特性，其单质或合金形式就被用作焊接电极。目前我们生产中一般采用紫铜作为焊接电极。

### 2、被焊接物自身厚度对散热量的影响。

相同的材料，厚度越厚，热容量越大，散热就越快。因此，在生产过程中，当厚度增大时，若焊接条件不加强的话，焊接将无法进行。目前，在电池生产点焊中，一般采用 0.127mm 厚度的连接片比较适宜。

## 二、点焊的位置

在理解点焊原理的基础上，还要注意以下几个方面的问题：

### 1、焊接电流密度的恒定（稳定化）--- 保证点焊质量的关键因素

焊接电流密度的恒定的问题不是电源的问题，而是焊接中使用的电极的问题。用下面的图例进行说明。

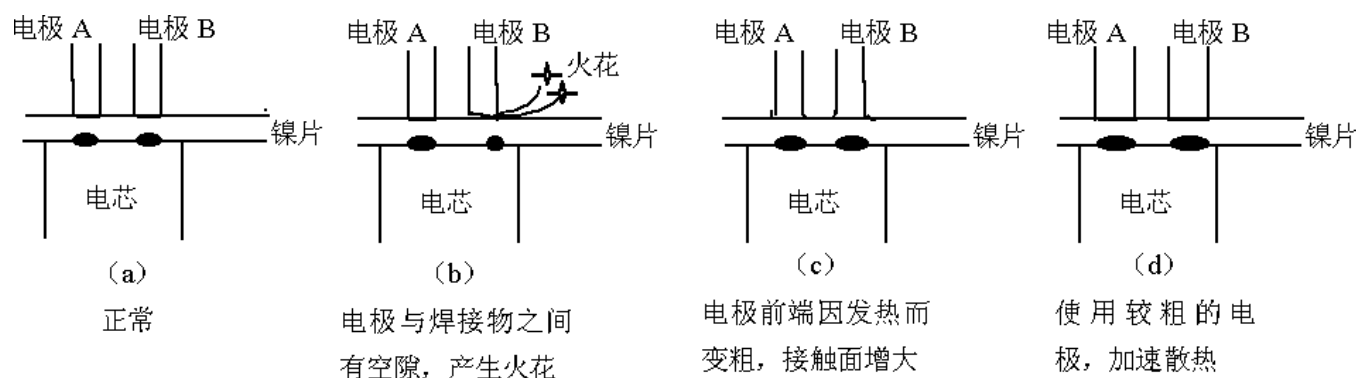


图2 焊接电极的注意点

#### (1) 正常状态下

图2(a)为正常状态。电极棒与焊接物垂直接触。只有持续维持该状态，才能维持良好的焊接效果。

#### (2) 电极棒与焊接物之间有间隙

图2(b)即为该状态。由于焊针底面与点焊面倾斜，造成电极棒与焊接物没有良好地接触。除了接触部分之外，其余部分没有电流通过。在接触面积减少而电流不变的情况下，接触部分的电流密度就增大了。造成焊接中会产生火花，严重时还会发生喷溅。即使被焊接起来，因其接触面减小，电流密度过大，点焊部分就有可能炸穿，达不到理想的焊接强度。这是实际作业中要注意的现象。

#### (3) 电极棒焊接面在使用过程中变粗

在生产过程中，由于连续工作，电极棒的使用频率很高，且电极棒很细的情况下，电极棒由于受热，且反复在焊接物上加压的原因导致变形，形成如图2(c)的状态。这时，与焊接物接触的面积增大，电流密度则变小，焊接强度就相应降低。因此，在批量生产过程中，特别要注意焊针的修磨，保持焊针的焊接状态。

#### (4) 使用较粗的电极棒

因较粗的电极棒的散热效果比较好，且电极棒边缘有若干半径为 $r$ 的圆球面，接触面积稳定，能达到良好的焊接效果。因此，我们在焊接面允许的条件下，尽可能采用较粗的电极棒。但是由于电池点焊面较小，一般在4mm左右，两根电极棒

将产生干涉。为了解决这一问题，我们将电极棒加工成如图3所示的形状，既起到散热的作用又能适用于较小面积的点焊。但把较细的电极棒更换成较粗的电极棒时，要相应地加大电流或减少压力来保证焊接强度。

## 2、接触电阻对焊接效果的影响

当焊接条件（电压、电流值的设定）和电极棒形状均已确定的话，接下来就得稳定电阻值了。如前所述，电阻值为材料固有内阻 + 材料间接触内阻，如何稳定材料间接触内阻成为首要问题。影响接触内阻的重要因素之一即为电极棒加在焊接物上的压力。

压力小，材料间接触面积、接触力就小，材料间接触电阻增大。相反，压力大，接触面积、接触力也大，材料间接触电阻减小。按照公式(1)，电阻 $R_2$ 加大、发热量增大，可以认为有利于焊接，但因接触面小（只有一部分接触），这种状态难于控制，焊接反而变得不稳定。因此我们一般将压力设定在既不太强也不太弱（0.5Kg左右）的适当范围。并且，在压力设定后进行点焊作业过程中，决不允许随意改变其参数。

另外，通常的点焊机都能对加压力进行设定。一般以此设定值作为焊接电流的开关点。若用力踩下踏板，则电极对焊接物的实际压力将高于设定值。由于是以该设定值作为焊接电流的开关点，因此无须用太大的力去踩踏板，只要使得焊针与焊接物能良好接触即可。一定要避免以激烈的方式去踩踏板，造成电芯或焊接物变形。这是在生产过程中所不允许。

## 3、火花的产生

在焊接物表面状态、加压力等不均匀，或焊针与焊接物不垂直形成局部电流积聚时进行焊接，会产生火花及焊接火星。这一般称作“火花”，严重时就产生喷溅。火花使焊接物受损伤，条件不同、焊接物不同、不良情况也不同。另外，火花发生时因为局部产生过多热量，还可能引起电极棒的损伤，造成焊接效果的不理想。具有代表性的例子如图(4)所示。此时最基本的维护是用细砂纸研磨电极棒的前端，修复焊针的焊接面。

## 三、判定点焊焊点质量的方法

判定点焊焊点质量合格与否，我们基本采用目视检查与破坏试验两种方法。

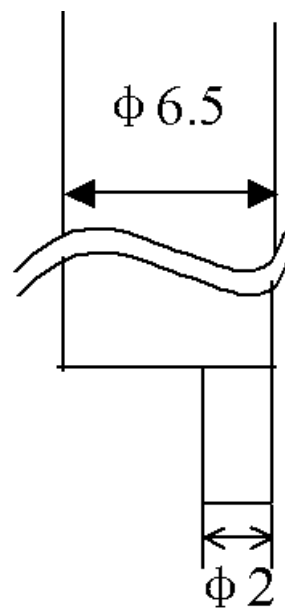


图3 改进后的点焊针



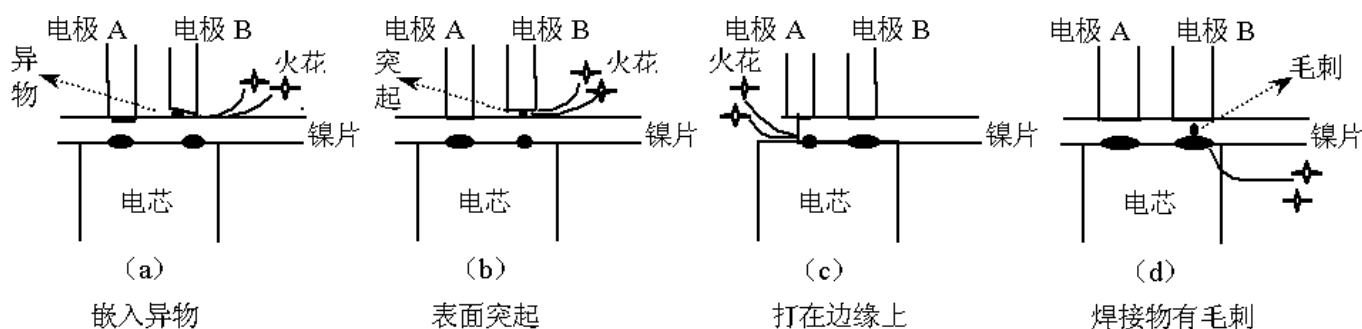


图4 产生火花的典型例子

在投产初期确定点焊参数及生产过程中的定时抽检时，采用破坏试验的方法。破坏试验也称为解体试验，用拉力计测出将连接片与电芯彻底分离时所用的力的大小来判别点焊点是否可靠。一般接着力在5kg以上，判为合格。

目视检查应在生产过程中点焊参数确定之后对每一产品进行自检时使用。目视检查是对点焊面是否有焊接痕迹进行确认。一般对有焊接痕迹、无炸穿现象的焊点就判为合格。

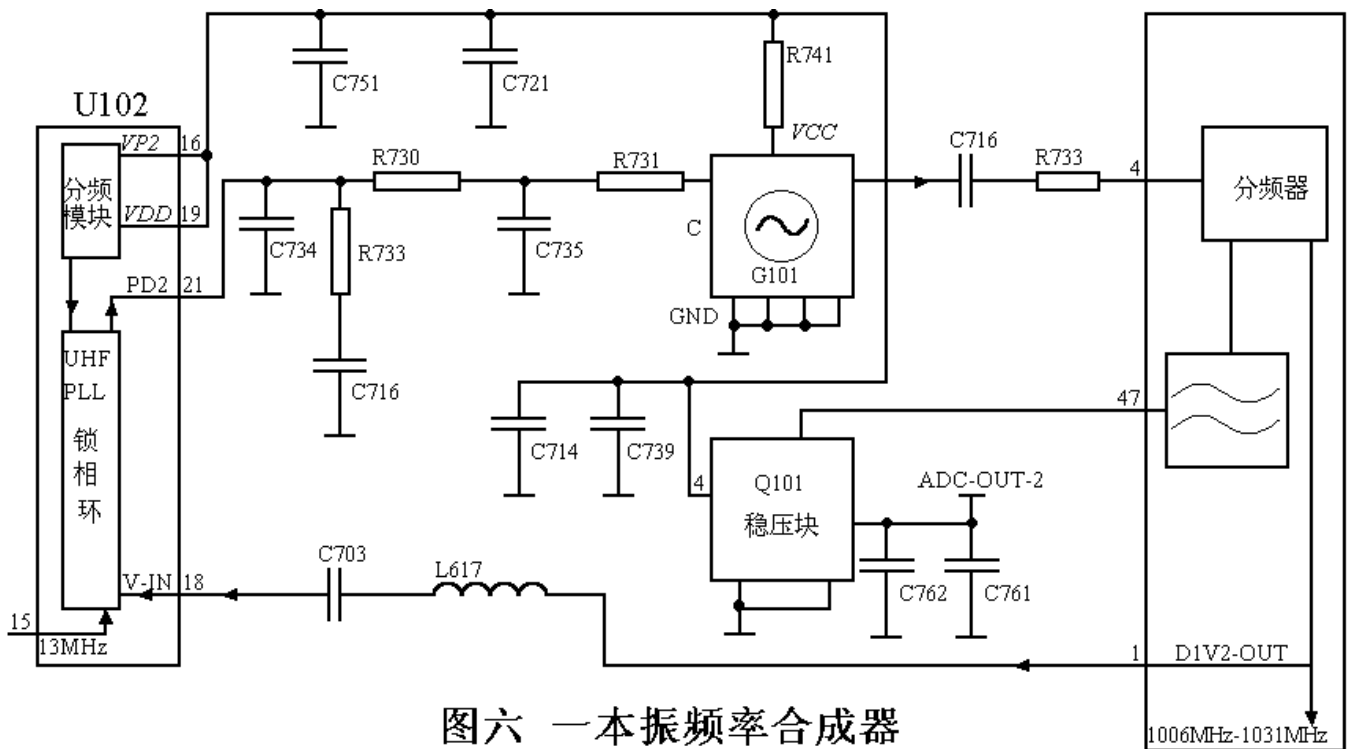
#### 四、该点焊工艺的实用性

在生产过程中，我们就依照上述工艺要求对点焊操作员工进行培训，使员工在点焊质量方面上一个台阶。在给某手机厂家的配套产品生产中，基本上能达到100%的合格率，保证了产品的可靠性。

## 诺基亚 3210 型移动电话机原理分析（二）

作者：飞雪连天

4) 一本振频率合成器。一本振频率合成器主要由压控振荡器 G101，中频 IC (U102) 内的锁相环分频模块以及稳压块 Q101 和前端混频放大电路 U101 局部组成，电路如图六所示。

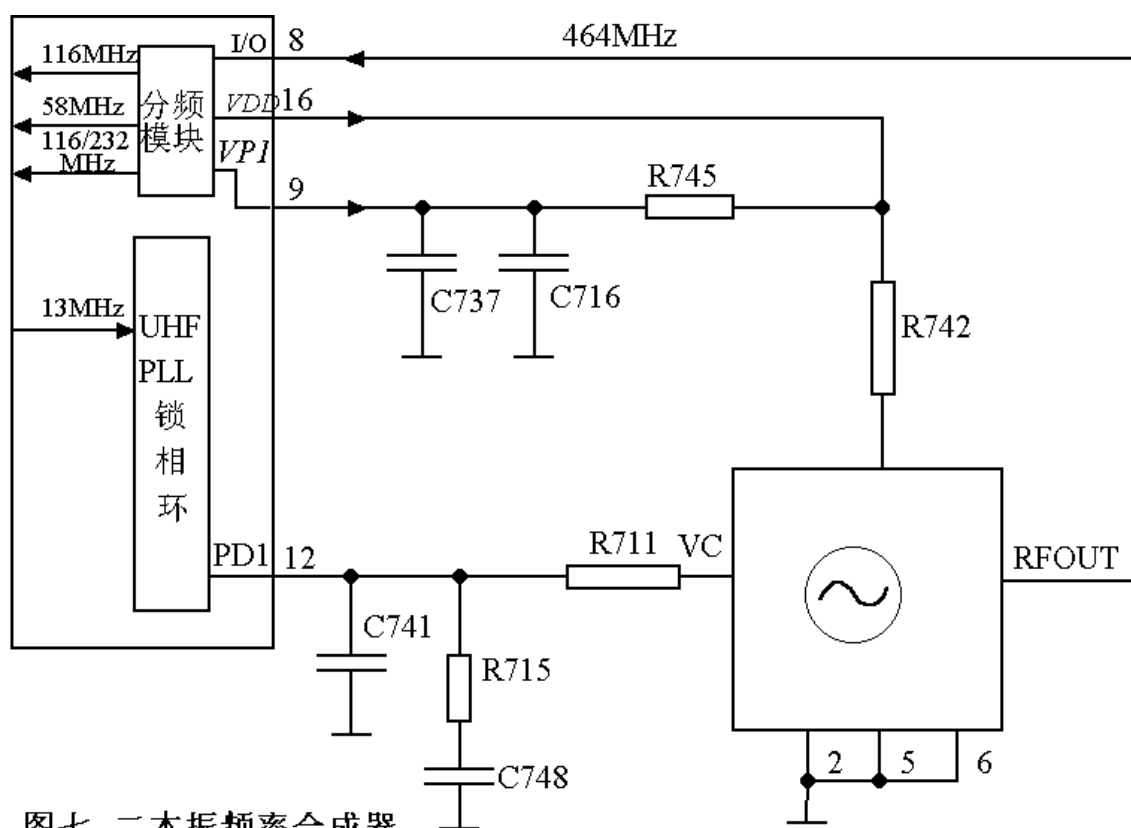


图六 一本振频率合成器

稳压块 Q101 产生 2.8V 电压供给一本振压控振荡器 G101，G101 产生 1942 ~ 2017MHz 本振信号，经耦合电容 C608、限流电阻 R619 后，送入 U101 的第 4 脚，此信号一方面直接供 1800MHz 频段混频级使用，另一方面送入分频器，分频后的信号一方面直接供 900MHz 频段混频级使用，同时还通过 U101 的第 47 脚，C703，L617 组成的匹配电路反馈回 U102 的锁相环模块，经过调整、鉴相后，再由 U102 的第 21 脚送出至压控振荡器 G101 的输入端，从而在压控振荡器、中频 IC 和前端混频放大电路之间形成一闭环回路，使得输出至混频级的信号频率更为精确。13 MHz 信号为 U102 内部鉴相所用。

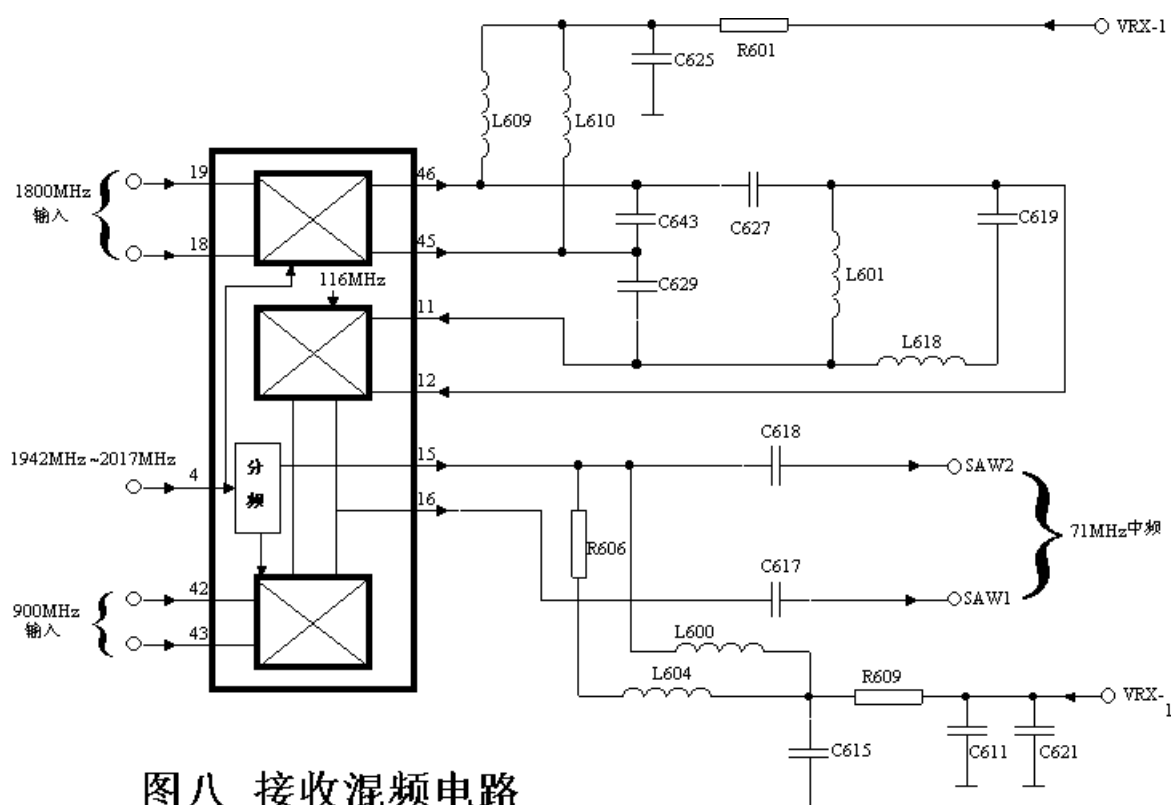
5) 二本振频率合成器。二本振频率合成器主要由压控振荡器 G102、中频 IC 内的锁相环、分频模块组成。电路如图七所示。

微处理器控制中频 IC (U102) 输出电压给压控振荡器 G102，从而产生 464MHz 的本振信号由 G102 的 RFOUT 端送出，经 U102 的第 8 脚送入中频 IC 内分频模块，分频后的 116MHz、58MHz 频率信号供接收中频混频级使用，116/232MHz 信号供发射中频混频级使用；经分频模块后的信号另一方面直接送入锁相环，待调整鉴相后由 U102 的第 12 脚送出至压控振荡器输入端，从而使得



振荡器、分频器、锁相环之间形成一闭环回路，确保其输出信号频率的精确度。

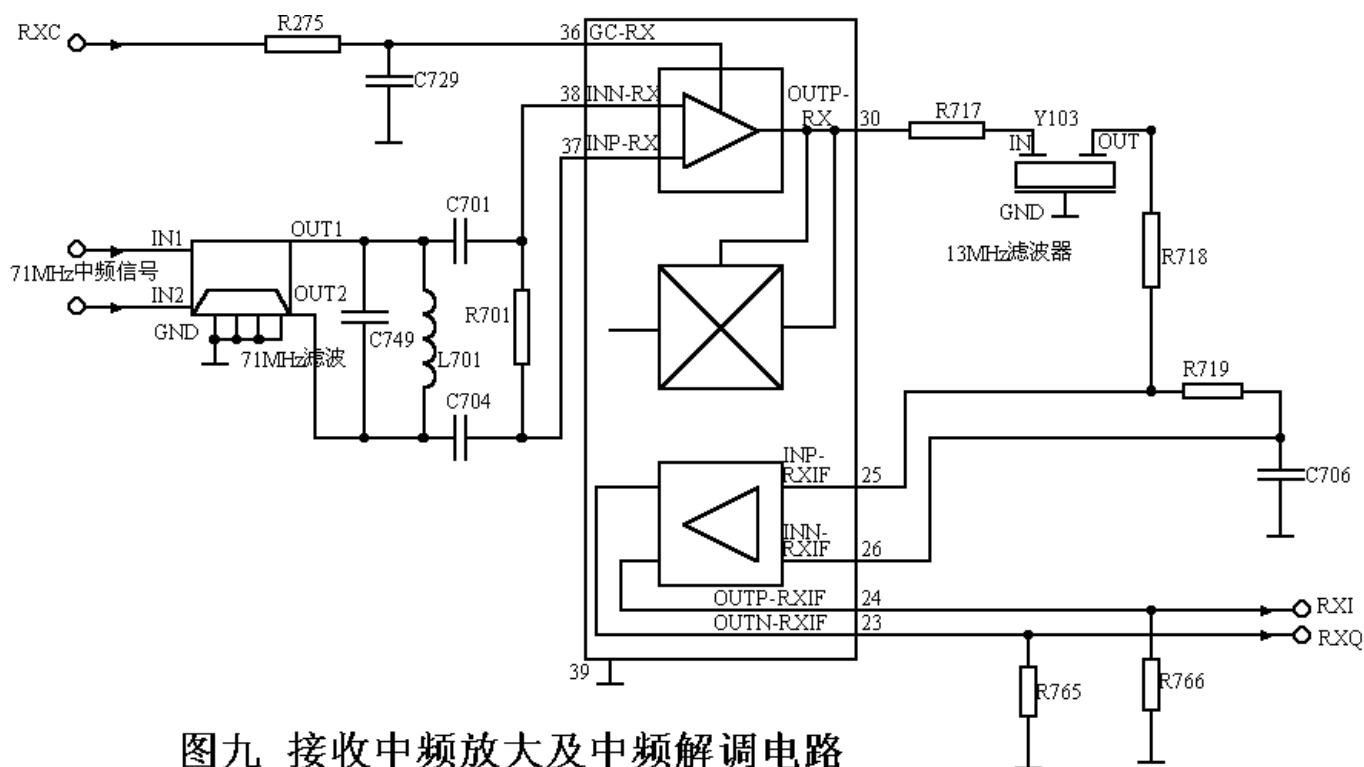
6) 接收混频电路。接收混频电路主要由前端混频放大电路 U101 (局部) 和 L618, C619,



L601, C627, C629, C643, L609, L610 组成的线性滤波器等构成,其作用是将一本振振荡信号(1942~2017MHz)与接收高频放大电路送来的信号(900MHz、1800MHz)进行差频,差出所需中频信号71MHz供中频放大级使用,电路如图八所示。

GSM900MHz 频率信号由 U101 的第 42、43 脚送入与一本振分频后的频率信号混频,差出的 71MHz 信号经耦合电容 C617, C618 由 SAW1、SAW2 端输出,供中频放大环节使用;PCN1800MHz 频率信号由 U101 的第 18、19 脚送入与一本振频率信号混频差出 187MHz 频率信号,由 U101 的第 45、46 脚送出,经线性滤波后由第 11、12 脚送回,送回的 187MHz 频率信号与 116MHz 信号再次混频差出 71MHz 信号,由 U101 的第 15、16 脚送出 SAW1, SAW2 端,供中频放大模块使用。其中, VRX-1 端为电源端,由电源 IC 提供。

7) 接收中频放大及中频解调电路。接收中频放大及中频解调电路主要由中频集成电路 U102, 带通滤波器 Y102 等组成,主要作用是将混频送来的 71 MHz 中频信号进行适当放大,同时解调成 RXI 和 RXQ 两路信号送入音频 IC (U203) 进行数模转换,电路如图九所示。

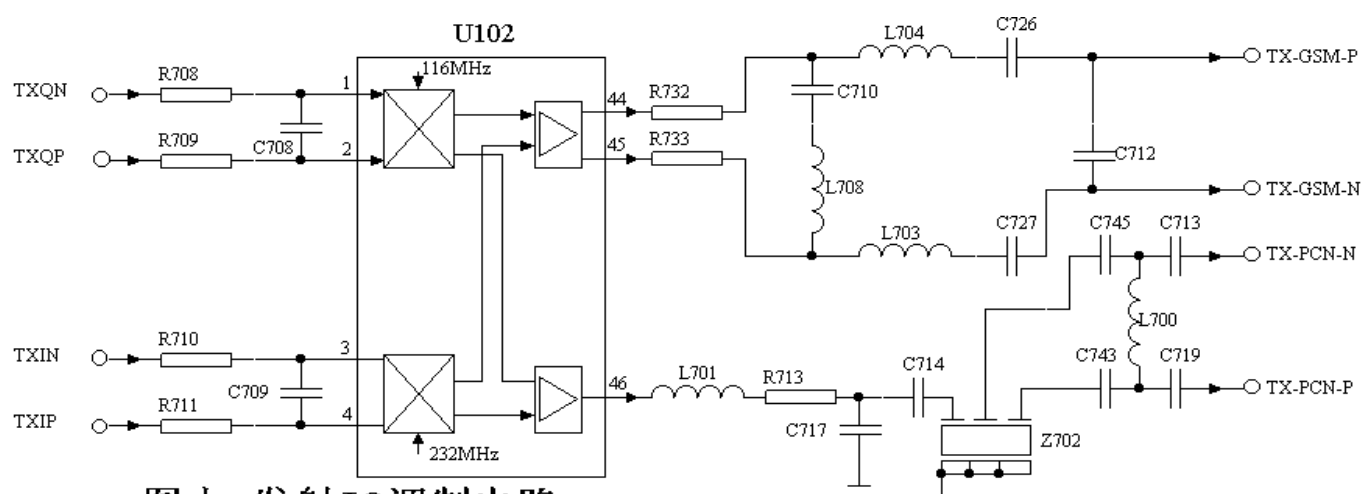


图九 接收中频放大及中频解调电路

71MHz 中频信号经带通滤波器 Y102 输出较理想的中频信号,送给中频集成电路 U102 的第 37、38 脚,经内部放大,再与 58MHz 频率信号进行混频,混频后的信号由第 30 脚送出,再经过二中频滤波器 Y103 滤波后,由 U102 的第 25、26 脚返回,经内部解调处理由第 23、24 脚输出 RXI 和 RXQ 信号至音频 IC (U203) 进行模数转换。其中,U102 的第 36 脚为内部放大器正电源输入端,直接由电源 IC 提供。

8) 发射 IQ 调制电路。发射 IQ 调制电路主要由中频集成电路 U102 (局部)、滤波器 Z702 等

组成，电路如图十所示。



图十 发射IQ调制电路

来自音频集成电路 U203 的 TXQN、TXQP、TXIN、TXIP 四路信号分别由中频 IC (U102) 的第 1, 2, 3, 4 脚送入并分成两路。当话机工作于 GSM900MHz 频段时，输入信号与 116MHz 中频信号调制放大后，由 U102 的第 44、45 脚送出，经匹配电路送出调制的信号 TX-GSM-P、TX-GSM-N 至前端混频放大电路 U101；当话机工作于 PCN1800MHz 频段时，输入信号与 232MHz 中频信号调制放大后，由 U102 的第 46 脚送出，经滤波器 Z702 后送出调制的信号 TX-PCN-N、TX-PCN-P 至前端混频放大电路 U101。

(待续)

## 电子设备中的抗ESD设计规则

作者：佚名 摘自《电子工程师》

在电子产品设计中必须遵循抗静电释放的设计规则，本文介绍静电释放(ESD)产生的原理，以及机箱、屏蔽层、接地、布线设计等诸多设计规则，它们有助于预防并解决静电释放产生的危害，值得中国电子设备设计工程师认真研究和学习。

许多产品设计工程师通常在产品进入到生产环节时才着手考虑抗静电释放(ESD)的问题。如果电子设备不能通过抗静电释放测试，他们就会加班加点找寻不破坏原有设计的解决方案。然而，最终的方案通常都要采用昂贵的元器件，还要在制造过程中采用手工装配，甚至需要重新设计，因此，产品的进度势必受到影响。

即使对经验丰富的工程师和设计工程师，也可能并不知道设计中的哪些部分有利于抗ESD。大多数电子设备在生命期内99%的时间都处于一个充满ESD的环境之中，ESD可能来自人体、家具、甚至设备自身内部。电子设备完全遭受ESD损毁比较少见，然而ESD干扰却很常见，它会导致设备锁死、复位、数据丢失和不可靠。其结果可能是：在寒冷干燥的冬季电子设备经常出现故障现象，但是维修时又显示正常，这样势必影响用户对电子设备及其制造商的信心。

### ESD产生的机理

要防止ESD，首先必须知道ESD是什么以及ESD进入电子设备的过程。一个充电的导体接近另一个导体时，就有可能发生ESD。首先，两个导体之间会建立一个很强的电场，产生由电场引起的击穿。两个导体之间的电压超过它们之间空气和绝缘介质的击穿电压时，就会产生电弧。在0.7ns到10ns的时间里，电弧电流会达到几十安培，有时甚至会超过100安培。电弧将一直维持直到两个导体接触短路或者电流低到不能维持电弧为止。

ESD的产生取决于物体的起始电压、电阻、电感和寄生电容：

可能产生电弧的实例有人体、带电器件和机器。

可能产生尖峰电弧的实例有手或金属物体。

可能产生同极性或者极性变化的多个电弧的实例有家具。

ESD可以通过五种耦合途径进入电子设备：

初始的电场能容性耦合到表面积较大的网络上，并在离ESD电弧100mm处产生高达4000V/m的高压。

电弧注入的电荷/电流可以产生以下的损坏和故障：

a. 穿透元器件内部薄的绝缘层，损毁MOSFET和CMOS元器件的栅极(常见)。b. CMOS器件中的触发器锁死(常见)。c. 短路反偏的PN结(常见)。d. 短路正向偏置的PN结(少见)。e. 熔化有源器件内部的焊接线或铝线(少见)。

电流会导致导体上产生电压脉冲( $V=L \times di/dt$ )，这些导体可能是电源、地或信号线，这些电压脉冲将进入与这些网络相连的每一个元器件(常见)。

电弧会产生一个频率范围在1MHz到500MHz的强磁场，并感性耦合到临近的每一个布线环路，在离ESD电弧100mm远的地方产生高达15A/m的电流。

电弧辐射的电磁场会耦合到长的信号线上，这些信号线起到接收天线的的作用(少见)。

ESD会通过各种各样的耦合途径找到设备的薄弱点。ESD频率范围宽，不仅仅是一些离散的频



点，它甚至可以进入窄带电路中。为了防止 ESD 干扰和损毁，必须隔离这些路径或者加强设备的抗 ESD 能力。表 1 描述了对可能出现的 ESD 的防范措施以及发挥作用的场合。

### 防患于未然

塑料机箱、空气空间和绝缘体可以屏蔽射向电子设备的 ESD 电弧。除利用距离保护以外，还要建立一个击穿电压为 20kV 的抗 ESD 环境。

A1. 确保电子设备与下列各项之间的路径长度超过 20mm。

包括接缝、通风口和安装孔在内任何用户能够接触到的点。在电压一定的情况下，电弧通过介质的表面比通过空气传播得更远。

任何用户可以接触到的未接地金属，如紧固件、开关、操纵杆和指示器。

A2. 将电子设备装在机箱凹槽或槽口处来增加接缝处的路径长度。

A3. 在机箱内用聚脂薄膜带来覆盖接缝以及安装孔，这样延伸了接缝 / 过孔的边缘，增加了路径长度。

A4. 用金属帽或者屏蔽塑料防尘盖罩住未使用或者很少使用的连接器。

A5. 使用带塑料轴的开关和操纵杆，或将塑料手柄 / 套子放在上面来增加路径长度。避免使用带金属固定螺丝的手柄。

A6. 将 LED 和其它指示器装在设备内孔里，并用带子或者盖子将它们盖起来，从而延伸孔的边缘或者使用导管来增加路径长度。

A7. 延伸薄膜键盘边界使之超出金属线 12mm，或者用塑料企口来增加路径长度。

A8. 将散热器靠近机箱接缝，通风口或者安装孔的金属部件上的边和拐角要做成圆弧形状。

A9. 塑料机箱中，靠近电子设备或者不接地的金属紧固件不能突出在机箱中。

A10. 如果产品不能通过桌面 / 地面或者水平耦合面的间接 ESD 测试，可以安装一个高支撑脚使之远离桌面或地面。

A11. 在触摸橡胶键盘上，确保布线紧凑并且延伸橡胶片以增加路径长度。

A12. 在薄膜键盘电路层周围涂上粘合剂或密封剂。

A13. 在机箱箱体接合处，要使用耐高压硅树脂或者垫圈实现密闭、防 ESD、防水和防尘。

### 机箱和屏蔽

利用金属机箱和屏蔽罩可以阻止 ESD 电弧以及相应的电磁场，并且保护设备免受间接 ESD 的影响，目的是将全部 ESD 阻隔在机箱以外。对于静电敏感的设备来说，不接地机箱至少应该具有 20kV 的击穿电压(规则 A1 到 A9)；而对接地机箱，电子设备至少要具备 1,500V 击穿电压以防止二级电弧，并且要求路径长度大于等于 2.2mm。

以下措施能使 ESD 的屏蔽更有效。

B1. 如果需要，应设计由以下屏蔽材料制成的机箱：

金属板；

聚酯薄膜 / 铜或者聚酯薄膜 / 铝压板；

具有焊接结点的热成型金属网。

热成型金属化的纤维垫子(非编织)或者织物(编织)；

银、铜或者镍涂层；

锌电弧喷涂；

真空金属处理；

无电电镀；

塑料中加入导体填充材料；

对结合点和边缘的处理很关键。

B2. 选择一种具有高传导率(低电阻系数)的材料,见表2。

B3. 选择屏蔽材料、紧固件材料和垫圈材料来尽可能地减轻腐蚀。参考表2。1. 相互接触的部件彼此之间的电势(EMF)应该小于0.75V。如果在一个盐性潮湿环境中,那么彼此之间的电势必须小于0.25V。2. 阳极(正极)部件的尺寸应该大于阴极(负极)部件。

B4. 用缝隙宽度5倍以上的屏蔽材料叠合在接缝处。

B5. 在屏蔽层与箱体之间每隔20mm(0.8英寸)的距离通过焊接、紧固件等方式实现电连接。

B6. 用垫圈实现缝隙的桥接,消除开槽并且在缝隙之间提供导电通路。

B7. 杜绝缺口、裂缝和屏蔽太薄的情况。

B8. 避免屏蔽材料中出现直拐角以及过大的弯角。

B9. 确保孔径小于等于20mm以及槽的长度小于等于20mm。相同开口面积条件下,采用孔比槽好。

B10. 如果要求大的开口以及有敏感器件,应该在操纵杆、指示器之间设置第二层屏蔽。

B11. 如果可能,使用几个小的开口来代替一个大的开口。

B12. 如果可能,这些开口之间的间距尽量大。

B13. 对接地设备,在连接器进入的地方将屏蔽层和机箱地连接在一起。

B14. 对未接地(双重隔离)设备,将屏蔽材料同开关附近的电路公共地连接起来。

B15. 在靠近电子设备处并行放置一个地平面或二级屏蔽(金属或者铜/聚酯薄膜分层),并且弯曲该地平面以便在电缆进入位置可以连接到机箱地或者电路的公共地。

B16. 尽量让电缆进入点靠近面板中心,而不是靠近边缘或者拐角的位置。

B17. 在屏蔽装置中排列的各个开槽要与ESD电流流过的方向平行。

B18. 当考虑间接ESD问题时,应该在水平的电路板和背板下面安装一个局部的屏蔽装置。

在电源连接器和连接器引向外部的地方,要连接到机箱地或者电路的公共地。

在安装孔的位置使用带金属支架的金属片来充当附加的接地点,或者用塑料支架来实现绝缘和隔离。

电路板/背板下面,要放置聚酯薄膜/铜或者聚酯薄膜/铝压板,并在机箱和连接器金属体之间安放一个紧固薄片,既便宜又容易实现。

在底盘中,要使用导电涂层或者导电的填充物(见B1)。

B19. 在塑料机箱上的控制面板和键盘位置处安装局部屏蔽装置来阻止ESD:

电源连接器和引向外部的连接器的位置,要连接到机箱地或者电路公共地。

使用金属片以便小的高频电容可以焊接在屏蔽装置与开关/操纵杆/指示器的连接处之间。

在塑料中使用聚酯薄膜/铜或者聚酯薄膜/铝压板,或者使用导电涂层或导电填充物。

B20. 在铝板上使用薄的导电铬化镀层或者铬酸盐涂层,但不能采用阳极电镀。

B21. 要达到大于20到40dB的屏蔽效果。

B22. 除去阳极电镀以及接缝、接合处和连接器处的涂层。

B23. 在不锈钢的焊接接合处实现良好的导电连续性。

B24. 在塑料中要使用导电填充材料。由于铸型部件的表面通常具有树脂材料，这样很难实现低电阻的连接。

B25. 在钢材料上使用薄的导电铬酸盐涂层。

B26. 让清洁整齐的金属表面直接接触而不要依靠螺钉来实现金属部件的连接。

B27. 紧靠双面板的位置处增加一个地平面，在最短间距处将该地平面连接到电路上的接地点。

B28. 沿整个外围用屏蔽涂层(钢锡氧化物、钢氧化物和锡氧化物等)将显示器与机箱屏蔽装置连接在一起。

B29. 在操作员经常接触的位置处，要提供一个到地的抗静电(弱导电)路径，比如键盘上的空格键。

B30. 要让操作员很难产生到金属板边缘或角的电弧放电。电弧放电到这些点会比电弧放电到金属板中心导致更多间接ESD的影响。

B31. 在薄膜键盘电路和与其相对的邻近电路之间放置一个接地的导电层。

### 接地和邦定

ESD 电弧电流放电时首先对被击中金属物体的寄生电容充电，然后流经每一个可能的导电路径。电弧电流更容易在片状、或短而宽的带状导体而不是窄线上流过。金属部件之间通过邦定(binding)建立低阻抗的路径，从而使相互之间的电压差降至最低，而接地则提供最终泄放掉累积电荷的路径。为了使接地和邦定能够有效地防止ESD，应该确保ESD电流密度和电流路径阻抗尽可能低。

C1. 在ESD电流预计会流过的位置采用多点接地。

C2. 在预计ESD电流不会流过的位置采用单点接地。

C3. 将机箱的金属部分同底盘地连接在一起。

C4. 确保每个电缆进入点离机箱地的距离在40mm(1.6英寸)以内。

C5. 将连接器外壳和金属开关外壳都连接到机箱地上。

C6. 在薄膜键盘周围放置宽的导电保护环，将环的外围连接到金属机箱上，或至少在四个拐角处连接到金属机箱上。不要将该保护环与PCB地连接在一起。

C7. 在靠近连接器的地方，要将连接器上的信号用一个L-C或者磁珠-电容滤波器接到连接器的机箱地上。

C8. 确保未隔离的机箱地与电子设备的距离大于等于2.2mm。

C9. 在机箱地和电路公共地之间加入一个磁珠。

C10. 确保邦定接头短而粗。如果可能，长宽比尽量做到小于等于5:1。

C11. 如果可能使用多个邦定接头，从而避免ESD电流过分集中。

C12. 确保邦定接头和邦定线远离易受影响的电子设备或者这些电子设备的电缆。

C13. 选择邦定接头和邦定线的材料以及紧固件/紧固方式时，要尽可能减小侵蚀。

1. 相互靠近的部件之间的EMF必须小于0.75V，如果在潮湿的环境中EMF值必须小于0.25V；

2. 阳极(正极)部件的尺寸应大于阴极(负极)部件。

C14. 将控制金属柄接地到具有接地叉指或导电衬套的屏蔽装置上。

C15. 确保邦定带和邦定线远离易受ESD影响的PCB。

C16. 在铰链中要补充邦定带或邦定线。

C17. 通过焊接、铜焊、铅焊或型铁弯曲等方式来焊接不能分开的金属片。

C18. 从操作 / 维修考虑, 必须分离的金属片要通过下面的方式邦定起来: 1. 要让金属表面保持清洁并直接接触。2. 让具有薄导电涂层的金属表面直接紧密接触。

C19. 固体邦定带优于编织邦定带。

C20. 确保邦定处不潮湿。

C21. 使用多个导体将机箱内所有电路板的地平面或地网格连接在一起。

C22. 确保邦定点和垫圈的宽度大于 5mm。

## 保护电源

电子设备内部的电源分配系统是遭受 ESD 电弧感性耦合的主要对象。下面的步骤将有助于电源分配系统防范 ESD。

D1. 将电源线和相应的回路线紧密绞合在一起。

D2. 在每一根电源线进入电子设备的地方放一个磁珠。

D3. 在每一个电源管脚和紧靠电子设备机箱地之间放一个瞬流抑制器、金属氧化压敏电阻(MOV)或者 1kV 高频电容。

D4. 最好在 PCB 上布置专门的电源和地平面, 或者紧密的电源和地栅格, 并采用大量旁路和去耦电容。

## 抗 ESD 的布局布线设计

通过 PCB 的分层设计、恰当的布局布线和安装以及上述 ESD 防范方法可以实现 PCB 的抗 ESD 设计。要达到期望的抗 ESD 能力, 通常要通过几个测试 - 解决问题 - 重新测试这样的周期, 每一个周期都可能至少影响到一块 PCB 的设计。在 PCB 设计过程中, 通过预测可以将绝大多数设计修改仅限于增减元器件。

要调整 PCB 布局布线, 使之具有最强的 ESD 防范性能。

E1. 尽可能使用多层 PCB:

相对于双面 PCB 而言, 地平面和电源平面以及排列紧密的信号线 - 地线间距能够减小共模阻抗 (common impedance) 和感性耦合, 使之达到双面 PCB 的 1/10 到 1/100。

尽量地将每一个信号层都紧靠一个电源层或地线层。

对于顶层和底层表面都有元器件、具有很短连接线以及许多填充地的高密度 PCB, 可以考虑使用内层线。大多数的信号线以及电源和地平面都在内层上, 因而类似于具备屏蔽功能的法拉第盒。

E2. 对于双面 PCB 来说, 要采用紧密交织的电源和地栅格。

电源线紧靠地线。

在垂直和水平线或填充区之间, 要尽可能多地连接。

一面的栅格尺寸小于等于 60mm。

如果可能, 栅格尺寸应小于 13mm (0.5 英寸)。

E3. 确保每一个电路尽可能紧凑。

E4. 尽可能将所有连接器都放在一边。

E5. 如果可能, 将电源线从卡的中央引入, 并远离容易直接遭受 ESD 影响的区域。

E6. 在引向机箱外的连接器 (容易直接被 ESD 击中) 下方的所有 PCB 层上, 要放置宽的机箱地或



者多边形填充地，并每隔大约 13mm 的距离用过孔将它们连接在一起。

E7. 在卡的边缘上放置安装孔，安装孔周围用无阻焊剂的顶层和底层焊盘连接到机箱地上。

E8. PCB 装配时，不要在顶层或者底层的焊盘上涂覆任何焊料。使用具有内嵌垫圈的螺钉来实现 PCB 与金属机箱 / 屏蔽层或接地面上支架的紧密接触。

E9. 在每一层的机箱地和电路地之间，要设置相同的“隔离区”；如果可能，保持间隔距离为 0.64mm(0.025 英寸)。

E10. 在卡的顶层和底层靠近安装孔的位置，每隔 100mm(4.0 英寸)沿机箱地线将机箱地和电路地用 1.27mm 宽(0.050 英寸)的线连接在一起。与这些连接点的相邻处，在机箱地和电路地之间放置用于安装的焊盘或安装孔。这些地线连接可以用刀片划开，以保持开路；或用磁珠 / 高频电容的跳接，以改变 ESD 测试时的接地机制。

E11. 如果电路板不会放入金属机箱或者屏蔽装置中，在电路板的顶层和底层机箱地线上不能涂阻焊剂，这样它们可以作为 ESD 电弧的放电棒。

E12. 要以下列方式在电路周围设置一个环形地：

除边缘连接器以及机箱地以外，在整个外围四周放上环形地通路。

确保所有层的环形地宽度大于 2.5mm (0.1 英寸)。

每隔 13mm(0.5 英寸)用过孔将环形地连接起来。

将环形地与多层电路的公共地连接到一起。

对安装在金属机箱或者屏蔽装置里的双面板来说，应该将环形地与电路公共地连接起来。

不屏蔽的双面电路则应该将环形地连接到机箱地，环形地上不能涂阻焊剂，以便该环形地可以充当 ESD 的放电棒，在环形地(所有层)上的某个位置处至少放置一个 0.5mm 宽(0.020 英寸)的间隙，这样可以避免形成一个大的环路。

信号布线离环形地的距离不能小于 0.5mm。

E13. 在能被 ESD 直接击中的区域，每一个信号线附近都要布一条地线。

E14. I/O 电路要尽可能靠近对应的连接器。

E15. 对易受 ESD 影响的电路，应该放在靠近电路中心的区域，这样其它的电路可以为它们提供一定的屏蔽作用。

E16. 通常在接收端放置串联的电阻和磁珠，而对那些易被 ESD 击中的电缆驱动器，也可以考虑在驱动端放置串联的电阻或磁珠。

E17. 通常在接收端放置瞬态保护器。1. 用短而粗的线(长度小于 5 倍宽度，最好小于 3 倍宽度)连接到机箱地。2. 从连接器出来的信号线和地线要直接接到瞬态保护器，然后才能接电路的其它部分。

E18. 在连接器处或者离接收电路 25mm(1.0 英寸)的范围内，要放置滤波电容。1. 用短而粗的线连接到机箱地或者接收电路地(长度小于 5 倍宽度，最好小于 3 倍宽度)。2. 信号线和地线先连接到电容再连接到接收电路。

E19. 要确保信号线尽可能短。

E20. 信号线的长度大于 300mm(12 英寸)时，一定要平行布一条地线。

E21. 确保信号线和相应回路之间的环路面积尽可能小。对于长信号线每隔几厘米或几英寸调换信号线和地线的位置来减小环路面积。

E22. 从网络的中心位置驱动信号进入多个接收电路。

E23. 确保电源和地之间的环路面积尽可能小,在靠近集成电路芯片每一个电源管脚的地方放置一个高频电容。

E24. 在距离每一个连接器 80mm(3 英寸) 范围以内放置一个高频旁路电容。

E25. 在可能的情况下,要用地填充未使用的区域,每隔 60mm 距离将所有层的填充地连接起来。

E26. 确保在任意大的地填充区(大约大于  $25 \times 6\text{mm}$ ( $1 \times 0.25$  英寸))的两个相反端点位置处要与地连接。

E27. 电源或地平面上开口长度超过 8mm(0.3 英寸)时,要用窄的线将开口的两侧连接起来。

E28. 复位线、中断信号线或者边沿触发信号线不能布置在靠近 PCB 边沿的地方。

E29. 将安装孔同电路公地连接在一起,或者将它们隔离开来。1. 金属支架必须和金属屏蔽装置或者机箱一起使用时,要采用一个零欧姆电阻实现连接。2. 确定安装孔大小来实现金属或者塑料支架的可靠安装,在安装孔顶层和底层上要采用大焊盘,底层焊盘上不能采用阻焊剂,并确保低层焊盘不采用波峰焊工艺焊接。

E30. 不能将受保护的信号线和不受保护的信号线并行排列。

E31. 要特别注意复位、中断和控制信号线的布线。1. 要采用高频滤波。2. 远离输入和输出电路。3. 远离电路板边缘。

E32. PCB 要插入机箱内,不要安装在开口位置或者内部接缝处。

E33. 要注意磁珠下、焊盘之间、可能接触到磁珠的信号线的布线。有些磁珠导电性能相当好,可能会产生意外的导电路径。

E34. 如果一个机箱或者主板要内装几个电路卡,应该将对静电最敏感的电路卡放在最中间。