

苍穹电子

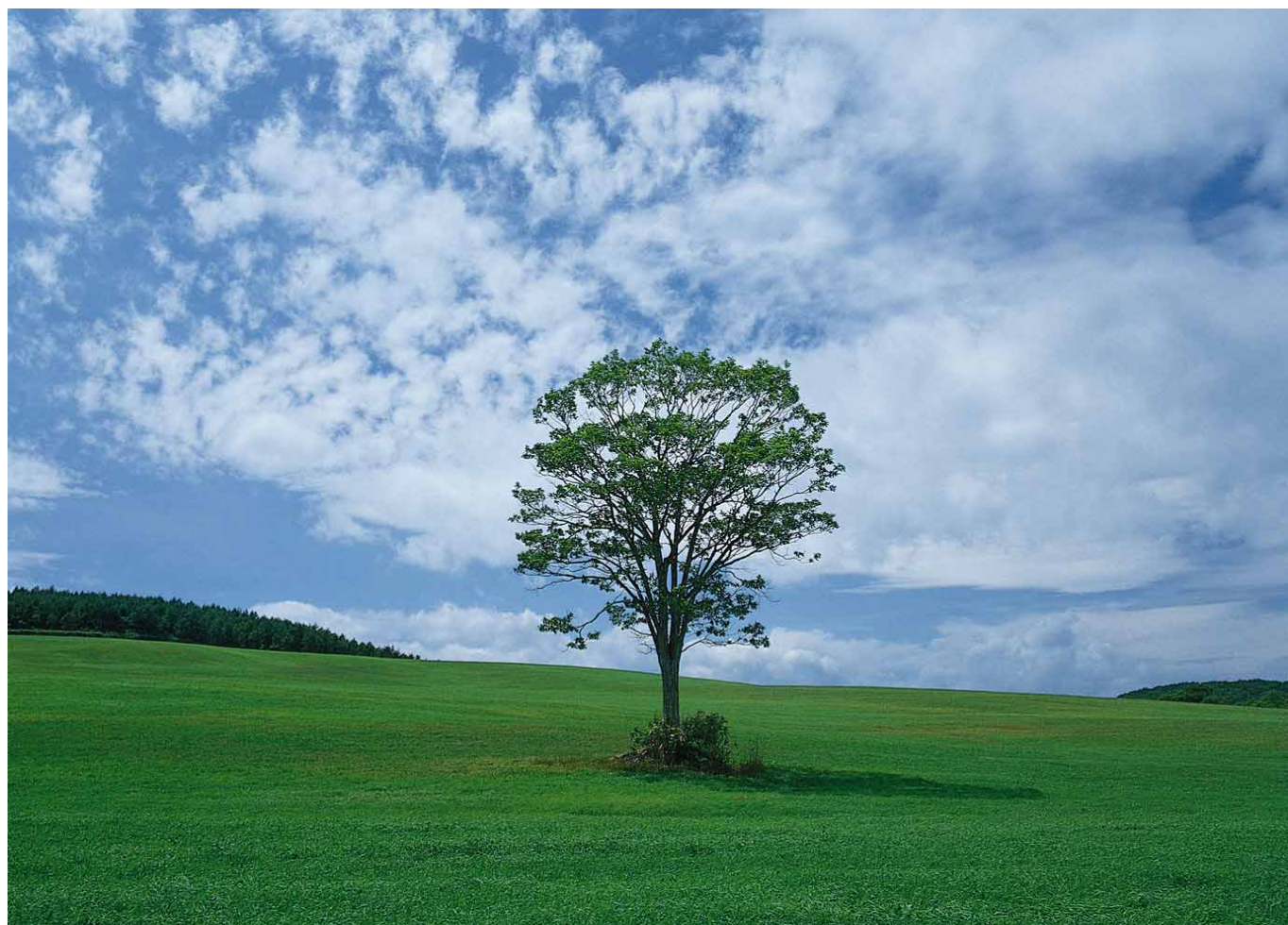
本期精华

2003年10月

总第1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

实用的无源可调恒流电子负载.....	6
自制3位半数字电压表.....	7
电动自行车调速控制电路.....	8
锂离子电池保护电路原理分析.....	10
开关电源音频噪声抑制技术.....	18
实用低成本3W开关电源.....	24
单片机实现低成本A/D转换之一.....	26
单个I/O口实现多个按键输入.....	29
EWB软件介绍与使用入门.....	30
PADS软件使用介绍.....	33
手机SIM卡相关知识.....	42



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

创刊词	4
征稿启事	5
实用电路	
实用的无源可调恒流电子负载.....	6
自制三位半数字电压表.....	7
电动自行车调速控制电路.....	8
热释电红外控制开关电路.....	9
电源	
锂离子电池保护电路原理分析.....	10
开关式稳压电源工作原理.....	13
开关电源音频噪声抑制技术.....	18
采用智能 IC 的低成本离线式 3W 开关电源.....	24
单片机应用	
普通单片机实现低成本 A/D 和 D/A 转换之一.....	26
单个 IO 口实现多个按键输入的妙法.....	29
EDA 软件	
Electronics WorkBench 软件介绍与使用入门.....	30
PADS 软件使用介绍 (一).....	33
元器件介绍与应用	
模拟开关介绍与应用.....	39
通信世界	
手机 SIM 卡相关知识.....	42
电子基础	
场效应管的判别、检测与使用注意.....	46

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 (续)

印制电路板设计

印制电路板设计经验点滴.....49

电子工艺

表面贴装焊接的不良原因和防止对策.....52

电子文摘

秘密的音乐空间_说长道短话耳机.....54

EDA 技术的发展与应用.....60

编后记.....64

本期附件

电路原理图：（采用智能 IC 的低成本离线式 3W 开关电源）

文件格式：Protel_sch 格式

VIPER12A 开关电源设计软件：VIPERSOFT.EXE

注：本期刊物文件大小在 1M 左右，由于考虑到有不少网友的信箱容量不大，且是拨号上网，其网络传输速度较慢，所收文件不宜过大，因此本期将附件与所提供的软件将放置在苍穹电子网（[HTTP://WWW.51CIRCUIT.COM](http://www.51circuit.com)）供网友们下载，不便之处，敬请原谅！

创刊词

《苍穹电子》是互联网上第一本有关电子技术的真正意义上的纯电子刊物，在互联网应用如火如荼的今天，它的推出彻底地颠覆了传统的期刊媒体，它不仅告别了纸张印刷，还抛弃了邮政发行渠道，而代之以低成本、快捷的方式走向读者，供人们在电脑或其它电子设备上阅读。

《苍穹电子》由许多电子设计经验丰富的工程师历经三年准备推出，它以实用电子技术为主，内容涵盖电子设计与制作、EDA 软件应用、电子工艺、电子元器件等方面，同时它还提供部分设计原文件，譬如原程序、软件流程图、电原理图、印制电路板图等等，利用这些文件，设计者甚至可以无需做任何改动就可以设计出电子产品，而这类设计原文件是传统媒体刊物所难以提供的。

《苍穹电子》将以 E-mail 的方式发行，它的文件格式为互联网上通用的 PDF 格式，它可以离线阅读，也可方便地在文档中打开各种链接进行阅读，还可便捷地对文档内容进行搜索和查找，同时也易于保存，并且不占用任何的物理空间，对于类似笔记本电脑的便携式设备，还有方便携带的优点。这些电子设计原文件通过压缩后提供，读者可通过修改原设计文件使之马上适用于自己的产品设计，这也是传统媒体所不具备的。

《苍穹电子》的办刊宗旨：推广电子技术、加快信息交流、提高设计水平、促进行业发展。

我们立志于将它办成一本内容实用、资料丰富、价格低廉、订阅方便的技术刊物，在刊物中我们将没有任何新闻稿，只提供给读者最需要的内容。《苍穹电子》必将成为广大电子设计从业人员和电子爱好者的良师益友。

衷心希望广大的电子设计工作者不吝赐教，积极参与进来，把这《苍穹电子》当作我们电子设计工作者交流工作心得的平台，交流心得，促进提高。对于在《苍穹电子》上摘录发表的文章我们将给予一定的稿费酬谢。

《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，本站的投稿邮箱为：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，请与本站联系。

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。

实用的无源可调恒流电子负载

作者：模子

在电子产品尤其是电源产品的生产检验过程中，经常需要对产品的各项电气性能进行测试，如输出特性参数等，其中经常要用到电子负载，象滑动变阻器就是最常用也是最简单的一种电子负载，但由于它不具有恒流负载的特性，在许多测试场合并不适用，同时由于它是绕制的，还带有一定的感性。为此有不少电子工程师购买了专用的有源电子负载，但这类设备通常比较昂贵，而且体积较大、携带不便，同时还必须在有外部电源的场合才能使用，本文给大家介绍一种无需外部电源的可调式恒流电子负载，其成本很低，电路体积小，具有纯阻特点，并且容易自制。

其电路如右下图所示：

图中的 N1 为三端可调精密稳压二极管 AZ432，其特性类似于 TL431，只是它的基准电压为 1.25V，而 TL431 为 2.5V，它的等效电路如右上图。当 AZ432 的 R 输入端电压大于 1.25V 的基准电压时，等效电路图中的运放输出电压变高，使 NPN 三极管由截止向导通转变，反之，当 R 端电压小于 1.25V 时，该三极管由导通向截止转变，使之达到调整的目的。

整个电路工作原理分析如下：

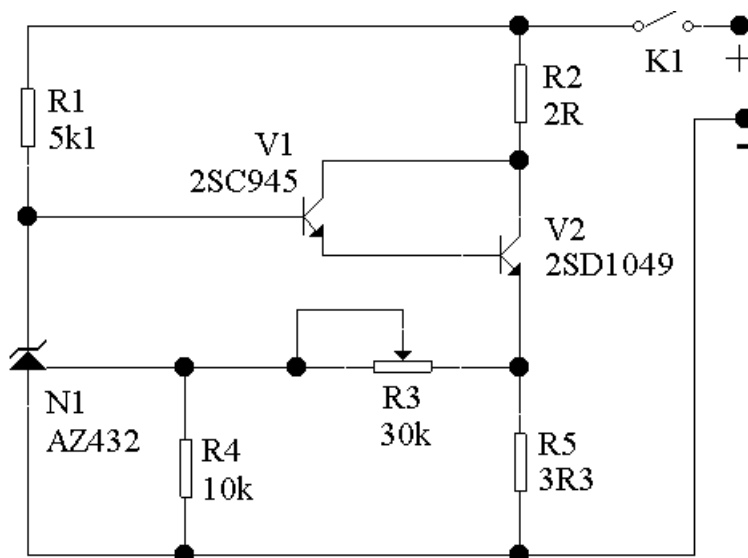
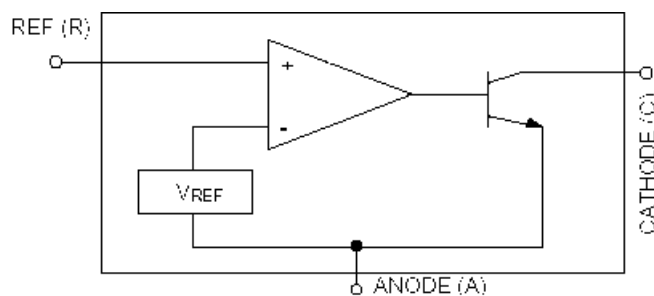
将电源按图示极性接入该电路，此时 N1 呈截止状态，V1 迅速导通，并使 V2 也导通，电流经 R2、V2 的 C 极、V2 的 E 极、R5 返回到电源负极。随着电流迅速增大，R5 上的电压也越来越

高，当 R5 两端的电压在 R3、R4 上的分压值达到 1.25V 时，N1 导通，使 V1 基极的电压下降，V1、V2 的基极电流都减小，流过 V2 的 C 极电流也随之减小，并保持恒定，使 N1 的 R 端保持在 1.25V，而一旦电流变大或变小，会使 N1 的 R 端电压偏离 1.25V，此时 N1 的导通状态就会改变，并控制 V1 与 V2 的基极电流，从而使 V2 的 C 极电流在 R5 上的压降保持恒定，成为一个非常稳定的恒流电子负载。

R3 起调节恒流值的作用，如图中所设参数，当 R3 为 0 时，该电子负载可设的最小恒流值为 $I_{min}=1.25V/R5=0.379A$ ，当 R3 为最大 30k 时，电子负载可设的最大恒流值为 $I_{max}=(R3+R4)/R4*1.25V/R5=1.51A$ 。通过调整 R3 或 R5，就可以改变可调整的恒流值范围。

该电路适用于给大于 4V 电压以上的电源作恒流电子负载，若电源电压较低，可调的恒流范围会比较有限，在电源电压较高时，由于 V2 工作在放大状态，管子上会有较大的功耗，因此需要加散热片，R2 电阻为帮助 V2 降低功耗用，可以不用，在电路中将其短路即可，这样电路的可调范围会更大。若所要求的电流负载电流较大，可以适当减小 R5 的阻值。

笔者曾用该电路对笔记本电脑电池进行恒流放电，计算其放电时间，可以得到电池准确的容量值。



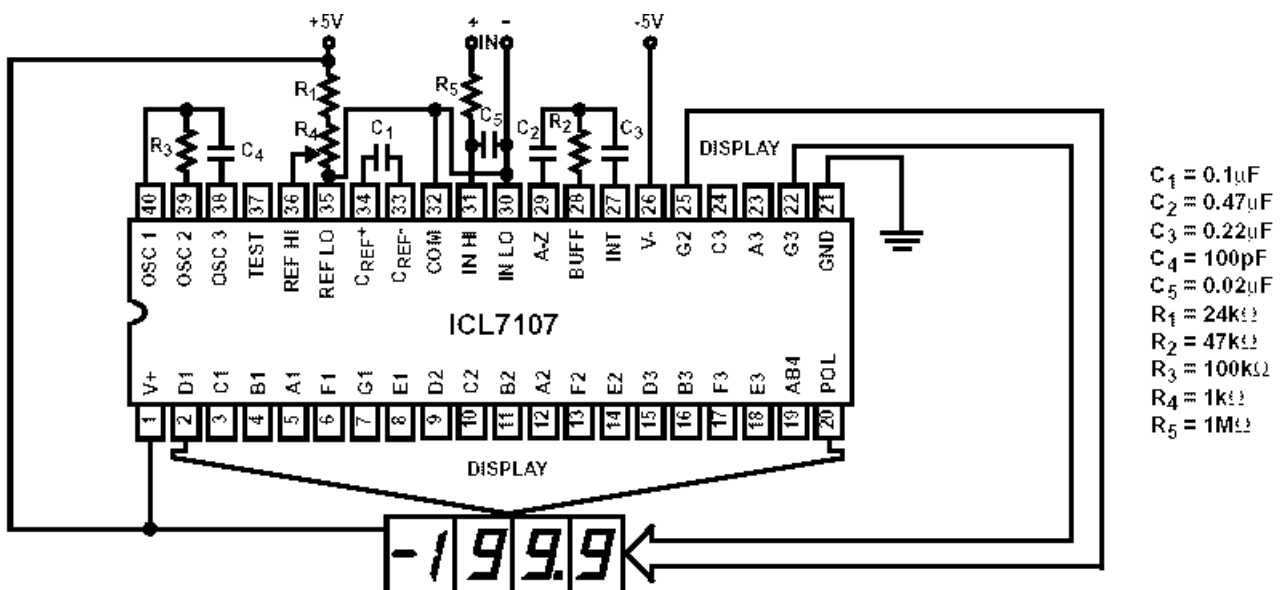
自制三位半数字电压表

作者：随风

在电子实验中，电压表是最常使用的测量仪器之一，目前市场上的数字电压表头已在逐渐取代以往的指针式表头，本文推荐一种市场上最常见的低成本数字电压表头电路，整个电路成本不到20元，读者们可按照该电路自制一个实用的3位半数字电压表。其电路如下图所示。

图中ICL7107是INTERSIL公司推出的带数字显示功能的高精度三位半A / D转换器，它内置时钟与高精度基准电压，可以直接驱动4位七段数码管，输入电流可以小至1pA，同时功耗可以低至10mW，MAXIM公司也有同类的产品，其典型应用电路如下图所示。由于ICL7107没有专门的小数点驱动信号，使用时可将公共阳极接V+，小数点接GND时点亮，接V+时熄灭。小数点位置可以固定，也可以通过转换开关进行选择。

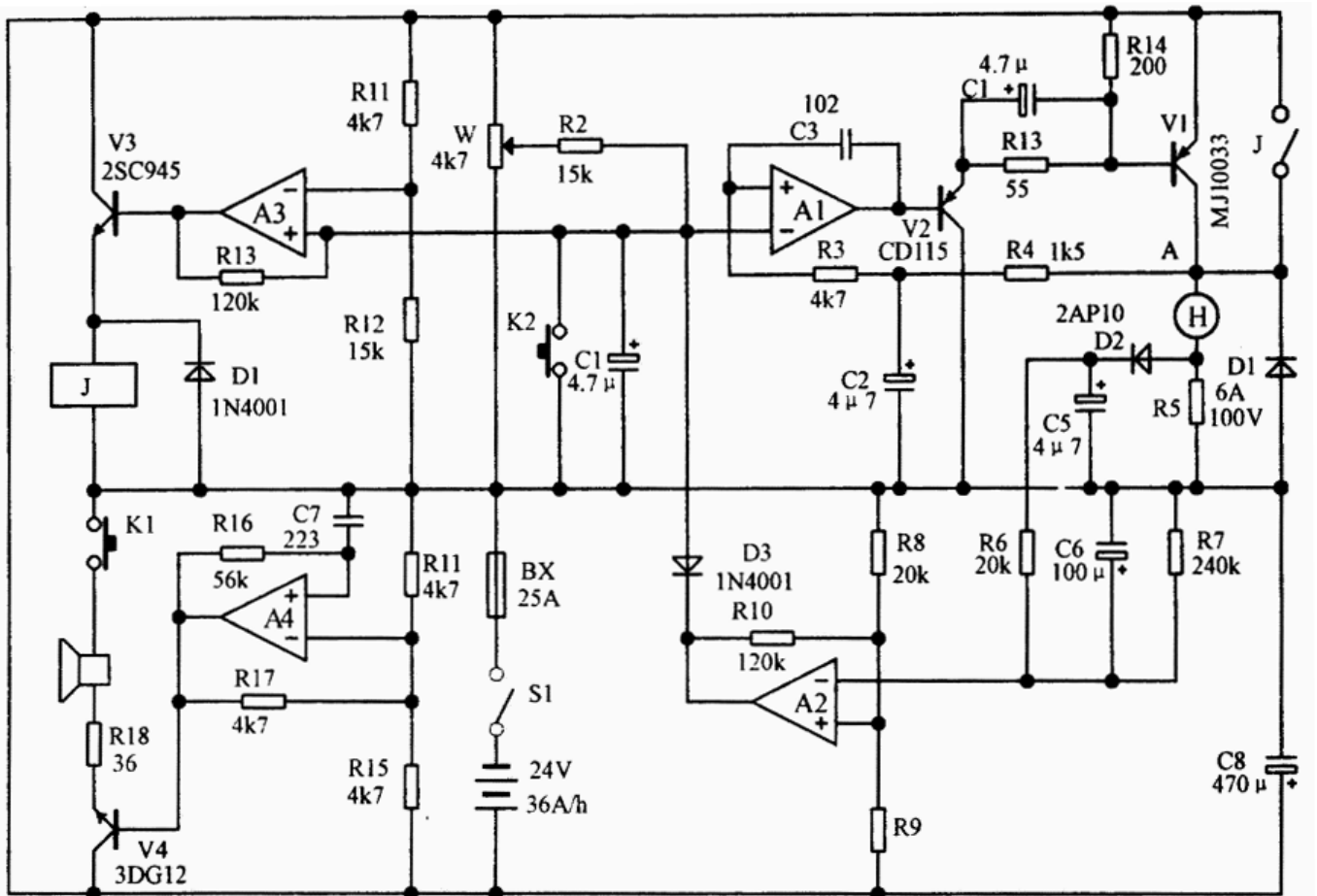
ICL7107详细的数据手册可以从[苍穹电子网](#)下载。



电动自行车调速控制电路

作者：地平线

随着社会发展与科技进步，电动自行车作为便捷的环保型交通工具已越来越普及，本文为大家推荐一种简单而实用的电动自行车调速控制电路。电路如下图所示，电路中使用运算放大器 LM324 或四比较器 LM339 作功能控制，调速原理采用了调频式电压反馈稳速方案。当电机负荷加重时转速下降，A 点的电压下降，经 R4 将此电压反馈给 A1，使振荡频率增高，流经电机的平均电流增加，使电机速度上升达到稳速目的。调整 W 改变了 A1 的参考电压，实现了电机的调速。由 V1、R1、C 组成的激励控制电路可使 V1 工作在脉冲电流 100A 时仍能获得很低的饱和压降和陡峭的输出波形上下沿。D2、R5、A2 等组成保护电路，对异常大电流或电瓶过放电情况均可断电保护。A2 接成施密特比较器，当异常大电流超过 50A 时 A2 翻转，输出低电平，通过 D3 将 A1 负输入、A3 正输入拉到地电位，此时 A1 输出高电平 V1 关闭，V3 输出低电平，继电器接点断开，停止向电机供电。为了对电瓶过放电情况进行保护，A2 基准电压采用浮动方式供给，电瓶电压越低，基准电压也越低，对电机最大工作电流限制点越低，防止电瓶在欠电情况下的大电流放电。A3、J 组成调速、全速自动转换电路，A3 为比较器，当调速电位器 W 滑臂电压超过 A1 基准电压时，A3 输出高电平，J 吸合，短路 V1，调速电路停止工作，电路向电机提供最大的功率。A4、V4 等组成喇叭电路。K1 为喇叭按钮，K2 刹车微动开关，刹车同时，微动开关动作，A1 负输入，A3 正输入接到地，电路停止向电机供电。

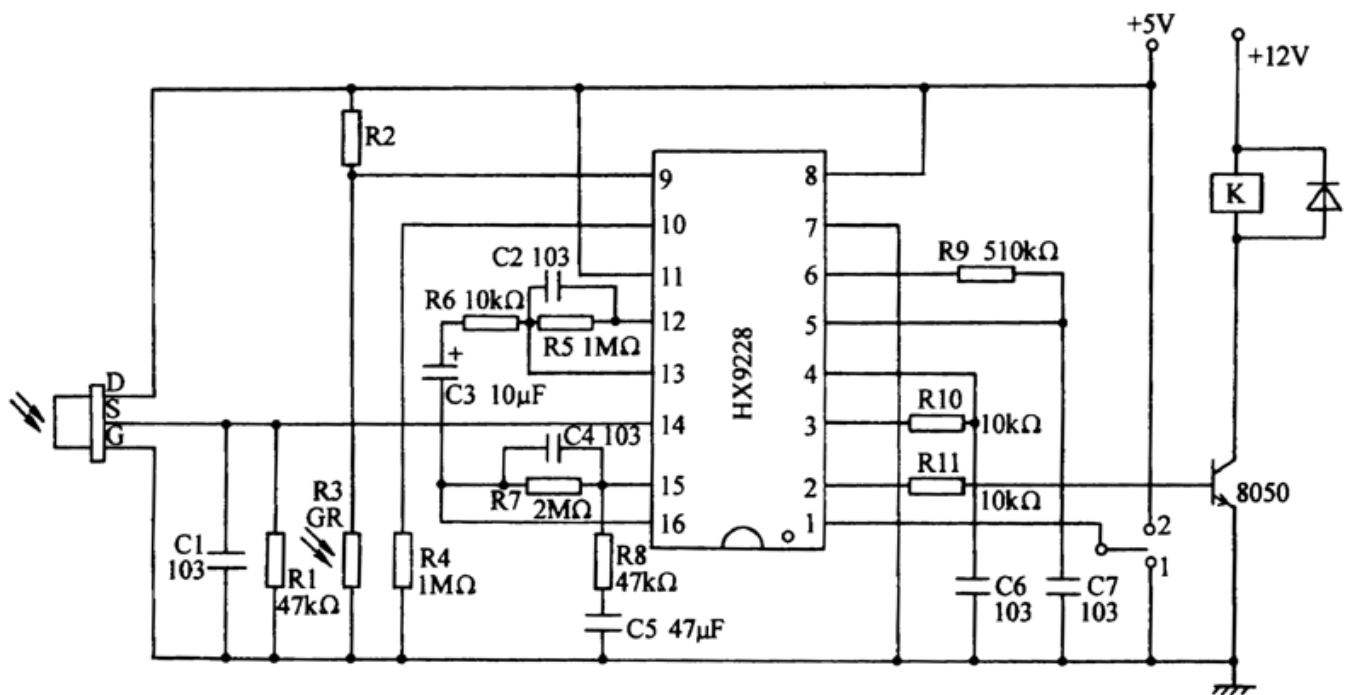


热释电红外开关电路

作者：小虫

红外控制电路在生活中应用很广，本文推荐一种实用的热释电红外开关电路，它适用于机电一体化装置、自动生产线及企事业、库房安全系统、自动灯光系统或其它自动控制系统等方面。

电路的工作原理为：当红外传感处理专用芯片 HX9228 接收到红外传感器的输出信号时，经内部完成线性放大、双向鉴幅、信号处理、延迟定时、封锁定时等处理后，其脚 2 输出高电平使三极管 8050 导通，驱动继电器 K 吸合。再由继电器触点控制相应的被控对象。图中 R2 根据环境亮度进行调节选择，脚 9 端为低电位时，芯片不能触发。



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。

锂离子电池保护电路原理分析

作者：阿朱

摘要：锂离子电池特点 保护电路工作原理分析 常用控制 IC 介绍

关键词：锂离子电池 保护电路 控制 IC

随着科技进步与社会发展，象手机、笔记本电脑、MP3 播放器、PDA、掌上游戏机、数码摄像机等便携式设备已越来越普及，这类产品中有许多是采用锂离子电池供电，而由于锂离子电池的特性与其它可充电电池不同，内部通常都带有一块电路板，不少人对该电路的作用不了解，本文将对锂离子电池的特点及其保护电路工作原理进行阐述。

锂电池分为一次电池和二次电池两类，目前在部分耗电量较低的便携式电子产品中主要使用不可充电的一次锂电池，而在笔记本电脑、手机、PDA、数码相机等耗电量较大的电子产品中则使用可充电的二次电池，即锂离子电池。

与镍镉和镍氢电池相比，锂离子电池具备以下几个优点：

- 1、电压高，单节锂离子电池的电压可达到 3.6V，远高于镍镉和镍氢电池的 1.2V 电压。
- 2、容量密度大，其容量密度是镍氢电池或镍镉电池的 1.5-2.5 倍。
- 3、荷电保持能力强（即自放电小），在放置很长时间后其容量损失也很小。
- 4、寿命长，正常使用其循环寿命可达到 500 次以上。
- 5、没有记忆效应，在充电前不必将剩余电量放空，使用方便。

由于锂离子电池的化学特性，在正常使用过程中，其内部进行电能与化学能相互转化的化学正反应，但在某些条件下，如对其过充电、过放电和过电流将会导致电池内部发生化学副反应，该副反应加剧后，会严重影响电池的性能与使用寿命，并可能产生大量气体，使电池内部压力迅速增大后爆炸而导致安全问题，因此所有的锂离子电池都需要一个保护电路，用于对电池的充、放电状态进行有效监测，并在某些条件下关断充、放电回路以防止对电池发生损害。

下页中的电路图为一个典型的锂离子电池保护电路原理图。

如图中所示，该保护回路由两个 MOSFET (V1、V2) 和一个控制 IC (N1) 外加一些阻容元件构成。控制 IC 负责监测电池电压与回路电流，并控制两个 MOSFET 的栅极，MOSFET 在电路中起开关作用，分别控制着充电回路与放电回路的导通与关断，C3 为延时电容，该电路具有过充电保护、过放电保护、过电流保护与短路保护功能，其工作原理分析如下：

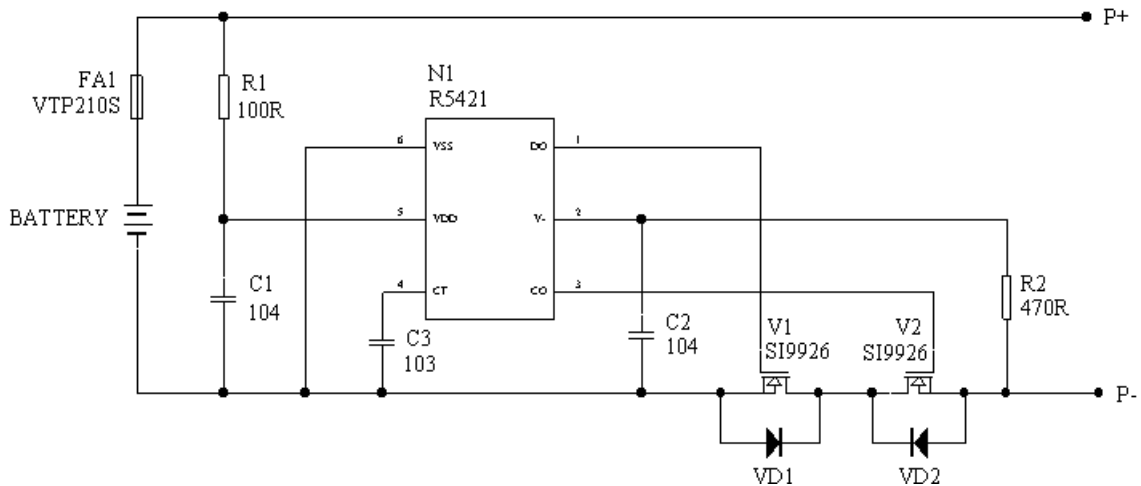
1、正常状态

在正常状态下电路中 N1 的“CO”与“DO”脚都输出高电压，两个 MOSFET 都处于导通状态，电池可以自由地进行充电和放电，由于 MOSFET 的导通阻抗很小，通常小于 30 毫欧，因此其导通电阻对电路的性能影响很小。

此状态下保护电路的消耗电流为 μ A 级，通常小于 7 μ A。

2、过充电保护

锂离子电池保护电路图



锂离子电池要求的充电方式为恒流 / 恒压，在充电初期，为恒流充电，随着充电过程，电压会上升到 4.2V (根据正极材料不同，有的电池要求恒压值为 4.1V)，转为恒压充电，直至电流越来越小。

电池在被充电过程中，如果充电器电路失去控制，会使电池电压超过 4.2V 后继续恒流充电，此时电池电压仍会继续上升，当电池电压被充电至超过 4.3V 时，电池的化学副反应将加剧，会导致电池损坏或出现安全问题。

在带有保护电路的电池中，当控制 IC 检测到电池电压达到 4.28V (该值由控制 IC 决定，不同的 IC 有不同的值) 时，其“CO”脚将由高电压转变为零电压，使 V2 由导通转为关断，从而切断了充电回路，使充电器无法再对电池进行充电，起到过充电保护作用。而此时由于 V2 自带的体二极管 VD2 的存在，电池可以通过该二极管对外部负载进行放电。

在控制 IC 检测到电池电压超过 4.28V 至发出关断 V2 信号之间，还有一段延时时间，该延时时间的长短由 C3 决定，通常设为 1 秒左右，以避免因干扰而造成误判断。

3、过放电保护

电池在对外部负载放电过程中，其电压会随着放电过程逐渐降低，当电池电压降至 2.5V 时，其容量已被完全放光，此时如果让电池继续对负载放电，将造成电池的永久性损坏。

在电池放电过程中，当控制 IC 检测到电池电压低于 2.3V (该值由控制 IC 决定，不同的 IC 有不同的值) 时，其“DO”脚将由高电压转变为零电压，使 V1 由导通转为关断，从而切断了放电回路，使电池无法再对负载进行放电，起到过放电保护作用。而此时由于 V1 自带的体二极管 VD1 的存在，充电器可以通过该二极管对电池进行充电。

由于在过放电保护状态下电池电压不能再降低，因此要求保护电路的消耗电流极小，此时控制 IC 会进入低功耗状态，整个保护电路耗电会小于 $0.1 \mu A$ 。

在控制 IC 检测到电池电压低于 2.3V 至发出关断 V1 信号之间，也有一段延时时间，该延时时间的长短由 C3 决定，通常设为 100 毫秒左右，以避免因干扰而造成误判断。

4、过电流保护

由于锂离子电池的化学特性，电池生产厂家规定了其放电电流最大不能超过 $2C$ （ C = 电池容量 / 小时），当电池超过 $2C$ 电流放电时，将会导致电池的永久性损坏或出现安全问题。

电池在对负载正常放电过程中，放电电流在经过串联的2个MOSFET时，由于MOSFET的导通阻抗，会在其两端产生一个电压，该电压值 $U=I * R_{DS} * 2$ ， R_{DS} 为单个MOSFET导通阻抗，控制IC上的“V-”脚对该电压值进行检测，若负载因某种原因导致异常，使回路电流增大，当回路电流大到使 $U>0.1V$ （该值由控制IC决定，不同的IC有不同的值）时，其“DO”脚将由高电压转变为零电压，使V1由导通转为关断，从而切断了放电回路，使回路中电流为零，起到过电流保护作用。

在控制IC检测到过电流发生至发出关断V1信号之间，也有一段延时时间，该延时时间的长短由C3决定，通常为13毫秒左右，以避免因干扰而造成误判断。

在上述控制过程中可知，其过电流检测值大小不仅取决于控制IC的控制值，还取决于MOSFET的导通阻抗，当MOSFET导通阻抗越大时，对同样的控制IC，其过电流保护值越小。

5、短路保护

电池在对负载放电过程中，若回路电流大到使 $U>0.9V$ （该值由控制IC决定，不同的IC有不同的值）时，控制IC则判断为负载短路，其“DO”脚将迅速由高电压转变为零电压，使V1由导通转为关断，从而切断放电回路，起到短路保护作用。短路保护的延时时间极短，通常小于7微秒。其工作原理与过电流保护类似，只是判断方法不同，保护延时时间也不一样。

以上详细阐述了单节锂离子电池保护电路的工作原理，多节串联锂离子电池的保护原理与之类似，在此不再赘述，上面电路中所用的控制IC为日本理光公司的R5421系列，在实际的电池保护电路中，还有许多其它类型的控制IC，如日本精工的S-8241系列、日本MITSUMI的MM3061系列、台湾富晶的FS312和FS313系列、台湾类比科技的AAT8632系列等等，其工作原理大同小异，只是在具体参数上有所差别，有些控制IC为了节省外围电路，将滤波电容和延时电容做到了芯片内部，其外围电路可以很少，如日本精工的S-8241系列。

除了控制IC外，电路中还有一个重要元件，就是MOSFET，它在电路中起着开关的作用，由于它直接串接在电池与外部负载之间，因此它的导通阻抗对电池的性能有影响，当选用的MOSFET较好时，其导通阻抗很小，电池包的内阻就小，带载能力也强，在放电时其消耗的电能也少。

随着科技的发展，便携式设备的体积越做越小，而随着这种趋势，对锂离子电池的保护电路体积的要求也越来越小，在这两年已出现了将控制IC和MOSFET整合成一颗保护IC的产品，如DIALOG公司的DA7112系列，有的厂家甚至将整个保护电路封装成一颗小尺寸的IC，如MITSUMI公司的产品。

开关式稳压电源的工作原理

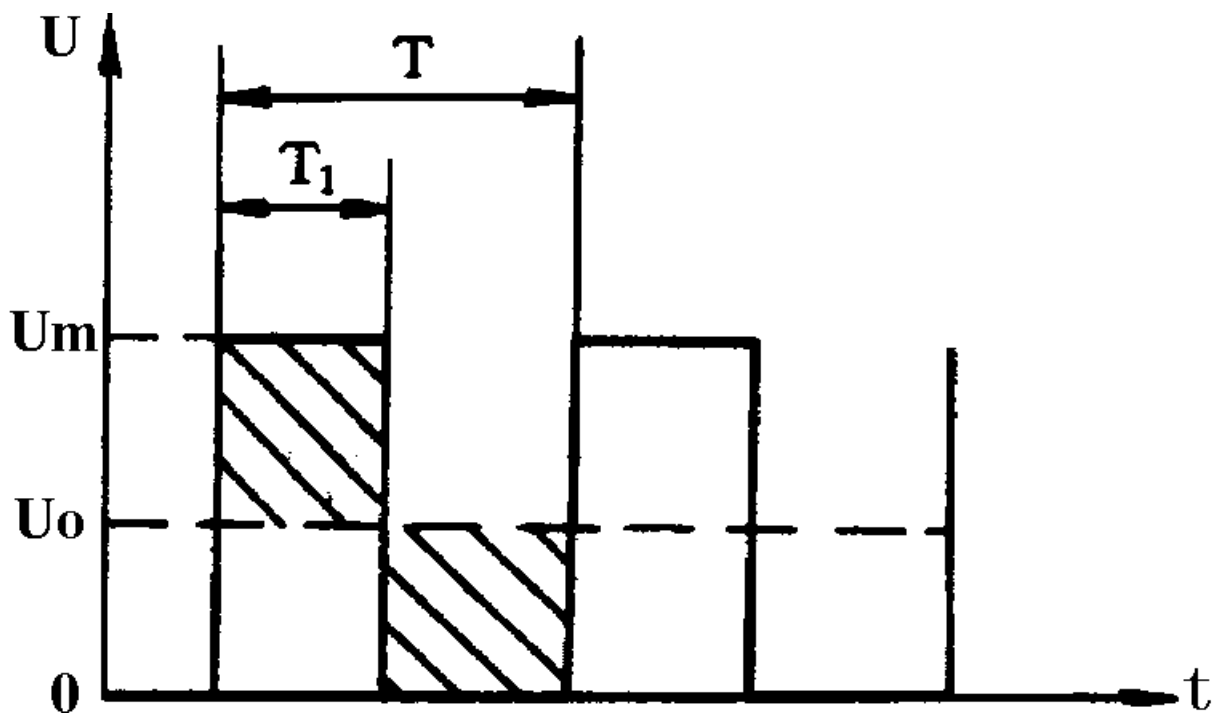
作者：小超

随着全球对能源问题的重视，电子产品的耗能问题将愈来愈突出，如何降低其待机功耗，提高供电效率成为一个急待解决的问题。传统的线性稳压电源虽然电路结构简单、工作可靠，但它存在着效率低（只有40% - 50%）、体积大、铜铁消耗量大，工作温度高及调整范围小等缺点。为了提高效率，人们研制出了开关式稳压电源，它的效率可达85%以上，稳压范围宽，除此之外，还具有稳压精度高、不使用电源变压器等特点，是一种较理想的稳压电源。正因为如此，开关式稳压电源已广泛应用于各种电子设备中，本文对各类开关电源的工作原理作一阐述。

一、开关式稳压电源的基本工作原理

开关式稳压电源接控制方式分为调宽式和调频式两种，在实际的应用中，调宽式使用得较多，在目前开发和使用的开关电源集成电路中，绝大多数也为脉宽调制型。因此下面就主要介绍调宽式开关稳压电源。

调宽式开关稳压电源的基本原理可参见下图。



对于单极性矩形脉冲来说，其直流平均电压 U_0 取决于矩形脉冲的宽度，脉冲越宽，其直流平均电压值就越高。直流平均电压 U_0 可由公式计算，

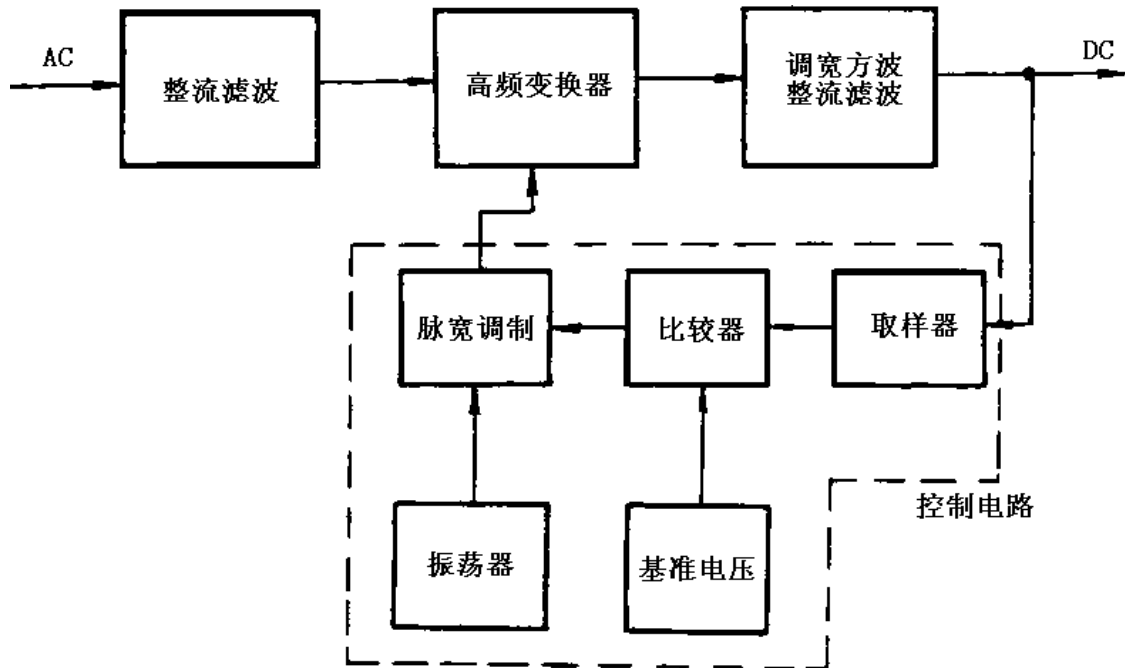
$$\text{即 } U_0 = U_m \times T_1 / T$$

式中 U_m 为矩形脉冲最大电压值； T 为矩形脉冲周期； T_1 为矩形脉冲宽度。

从上式可以看出，当 U_m 与 T 不变时，直流平均电压 U_0 将与脉冲宽度 T_1 成正比。这样，只要我们设法使脉冲宽度随稳压电源输出电压的增高而变窄，就可以达到稳定电压的目的。

二、开关式稳压电源的原理电路

1、基本电路



图二 开关电源基本电路框图

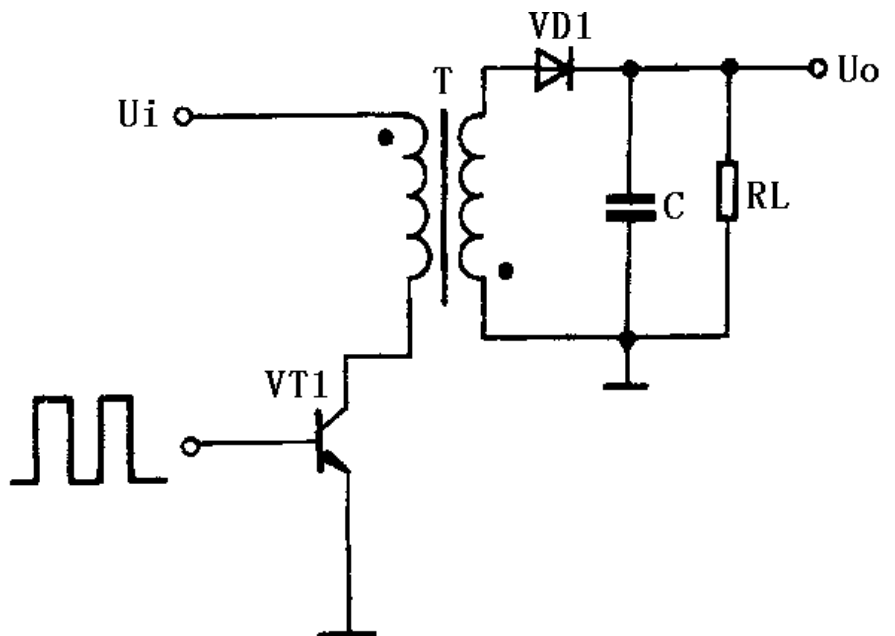
开关式稳压电源的基本电路框图如图二所示。

交流电压经整流电路及滤波电路整流滤波后，变成含有一定脉动成份的直流电压，该电压进入高频变换器被转换成所需电压值的方波，最后再将这个方波电压经整流滤波变为所需要的直流电压。

控制电路为一脉冲宽度调制器，它主要由取样器、比较器、振荡器、脉宽调制及基准电压等电路构成。这部分电路目前已集成化，制成了各种开关电源用集成电路。控制电路用来调整高频开关元件的开关时间比例，以达到稳定输出电压的目的。

2 . 单端反激式开关电源

单端反激式开关电源的典型电路如图三所示。电路中所谓的单端是指高频变换器的磁芯仅工作在磁滞回线的一侧。所谓的反激，是指当开关管 VT1 导通时，高频变压器 T 初级绕组的感应电压为上正下负，整流二极管 VD1 处于截止状态，在初级绕组中储存能量。当开关管 VT1 截止时，



图三 单端反激式开关电源

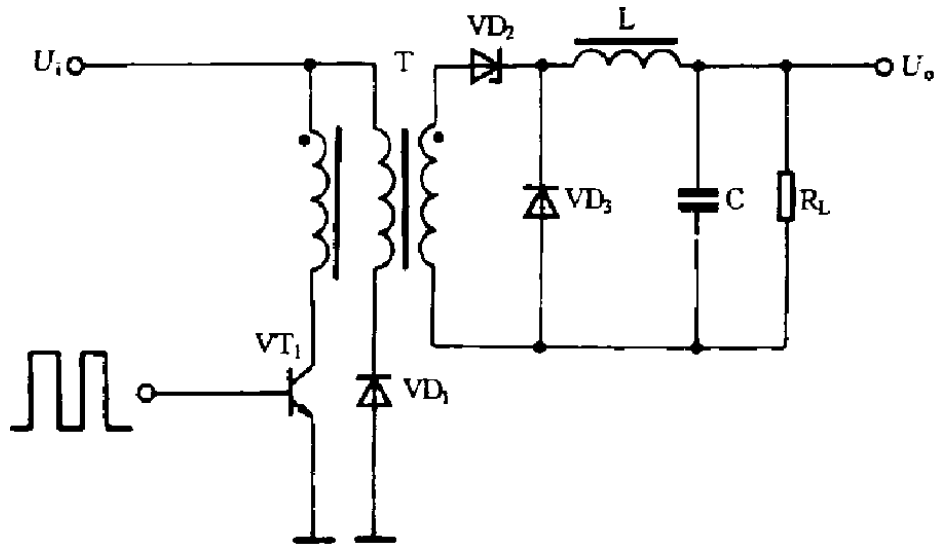
变压器T初级绕组中存储的能量，通过次级绕组及VD1整流和电容C滤波后向负载输出。

单端反激式开关电源是一种成本最低的电源电路，输出功率为20 - 100 W，可以同时输出不同的电压，且有较好的电压调整率。唯一的缺点是输出的纹波电压较大，外特性差，适用于相对固定的负载。

单端反激式开关电源使用的开关管VT1承受的最大反向电压是电路工作电压值的两倍，工作频率在20 - 200kHz之间。

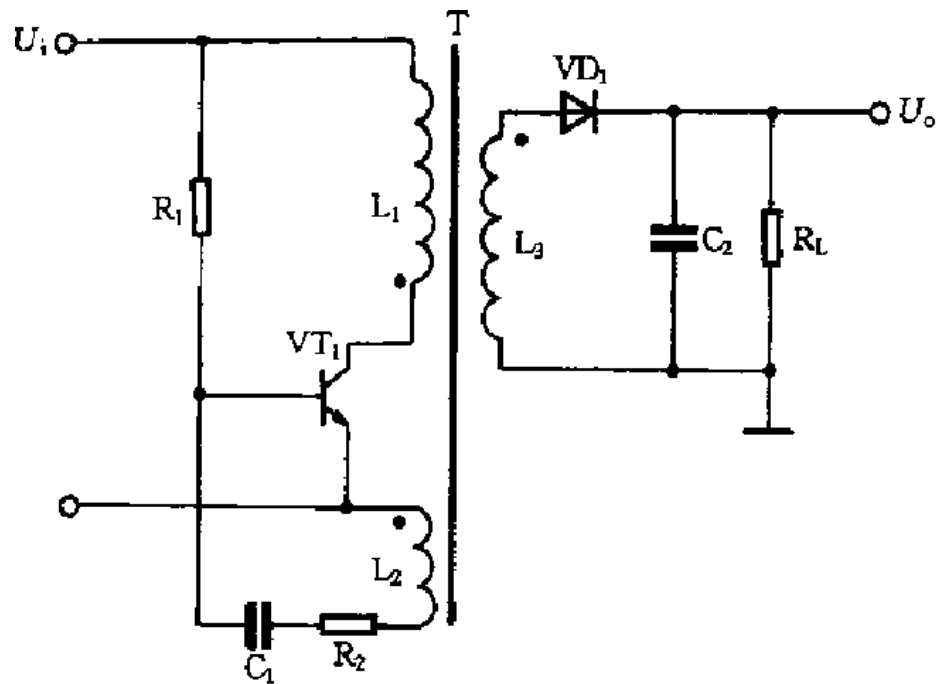
3. 单端正激式开关电源

单端正激式开关电源的典型电路如图四所示。这种电路在形式上与单端反激式电路相似，但工作情形不同。当开关管VT1导通时，VD2也导通，这时电网向负载传送能量，滤波电感L储存能量；当开关管VT1截止时，电感L通过续流二极管VD3继续向负载释放能量。



图四 单端正激式开关电源

在电路中还设有钳位线圈与二极管VD2，它可以将开关管VT1的最高电压限制在两倍电源电压之间。为满足磁芯复位条件，即磁通建立和复位时间应相等，所以电路中脉冲的占空比不能大于50%。由于这种电路在开关管VT1导通时，通过变压器向负载传送能量，所以输出功率范围大，可输出50 - 200 W的功率。电路使用的变压器结构复杂，体积也较大，正因为这个原因，这种电路的实际应用较少。



图五 自激式开关电源

4. 自激式开关稳压电源

自激式开关稳压电源的典型电路如图五所示。这是一种利用间歇振荡电路组成的开关电源，也是目前广泛使用的基本电源之一。

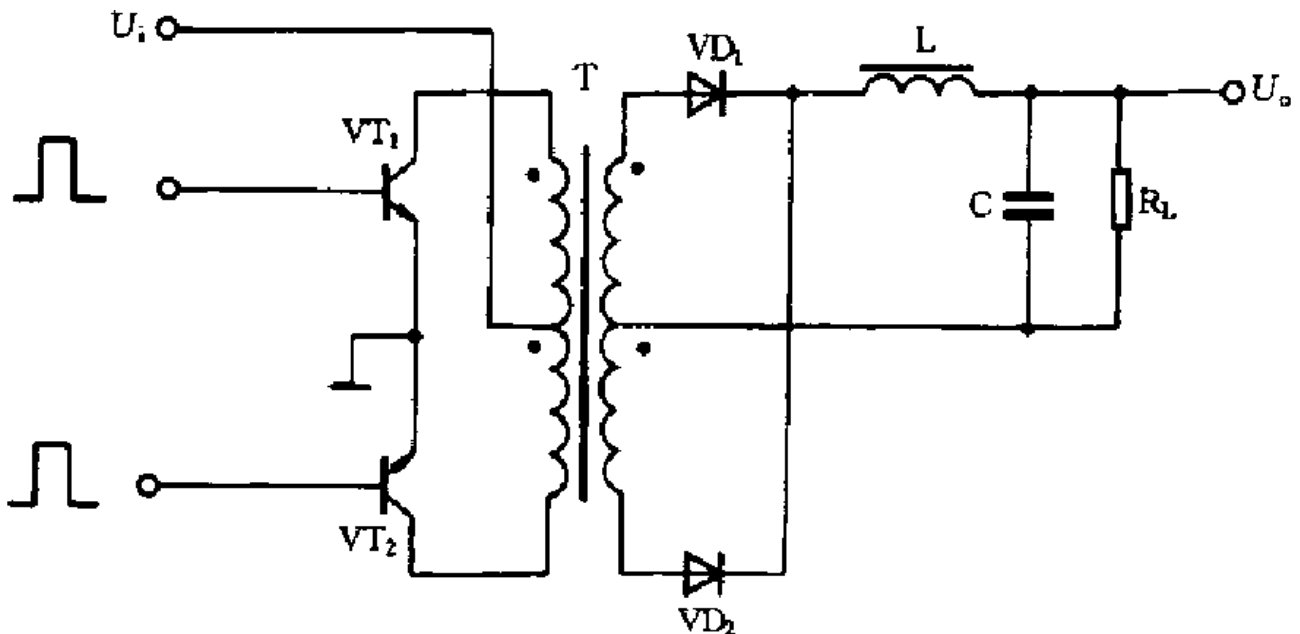
当接入电源后在R1给开关管VT1提供启动电流，使VT1开始导通，其集电极电流 I_c 在L1中线性增长，在L2中感应出使VT1基极为正，发射极为负的正反馈电压，使VT1很快饱和。与此同时，感应电压给C1充电，随着C1充电电压的增高，VT1基极电位逐渐变低，致使VT1退出饱和区， I_c 开始减小，在L2中感应出使VT1基极为负、发射极为正的电压，使VT1迅速截止，这时二极管VD1导通，高频变压器T初级绕组中的储能释放给负载。在VT1截止时，L2中没有感应电压，直流供电输入电压又经R1给C1反向充电，逐渐提高VT1基极电位，使其重新导通，再次翻转达到饱和状态，电路就这样重复振荡下去。这里就像单端反激式开关电源那样，由变压器T的次级绕组向负载输出所需要的电压。

自激式开关电源中的开关管起着开关及振荡的双重作用，也省去了控制电路。电路中由于负载位于变压器的次级且工作在反激状态，具有输入和输出相互隔离的优点。这种电路不仅适用于大功率电源，亦适用于小功率电源*

5. 推挽式开关电源

推挽式开关电源的典型电路如图六所示。它属于双端式变换电路，高频变压器的磁芯工作在磁滞回线的两侧。电路使用两个开关管VT1和VT2，两个开关管在外激励方波信号的控制下交替的导通与截止，在变压器T次级绕组得到方波电压，经整流滤波变为所需要的直流电压。

这种电路的优点是两个开关管容易驱动，主要缺点是开关管的耐压要达到两倍电路峰值电压。电路的输出功率较大，一般在100-500W范围内。



图六 推挽式开关电源

6. 降压式开关电源

降压式开关电源的典型电路如图七所示。当开关管VT1导通时，二极管VD1截止，输入的整流电压经VT1和L向C充电，这一电流使电感L中的储能增加。当开关管VT1截止时，电感L感应出左负右正的电压，经负载RL和续流二极管VD1释放电感L中存储的能量，维持输出直

流电压不变。电路输出直流电压的高低由加在VT1基极上的脉冲宽度确定。

这种电路使用元件少，它同下面介绍的另外两种电路一样，只需要利用电感、电容和二极管即可实现。

7. 降压式开关电源

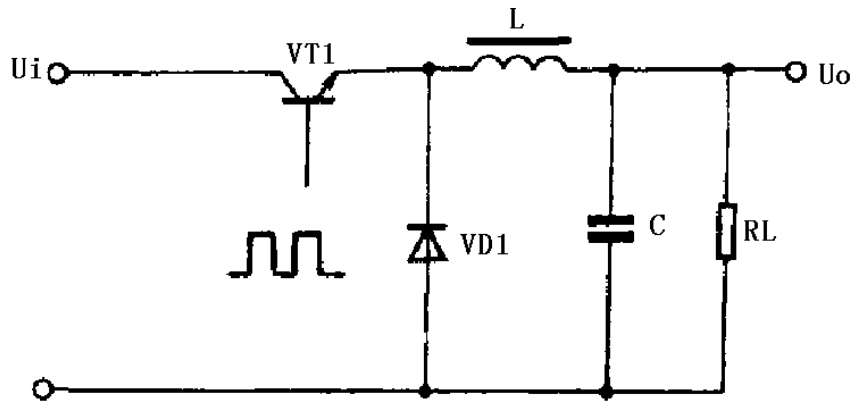
降压式开关电源的稳压电路如图八所示。当开关管VT1导通时，电感L储存能量。当开关管VT1截止时，电感L感应出左负右正的电压，该电压叠加在输入电压上，经二极管VD1向负载供电，使输出电压大于输入电压，形成升压式开关电源。

8. 反转式开关电源

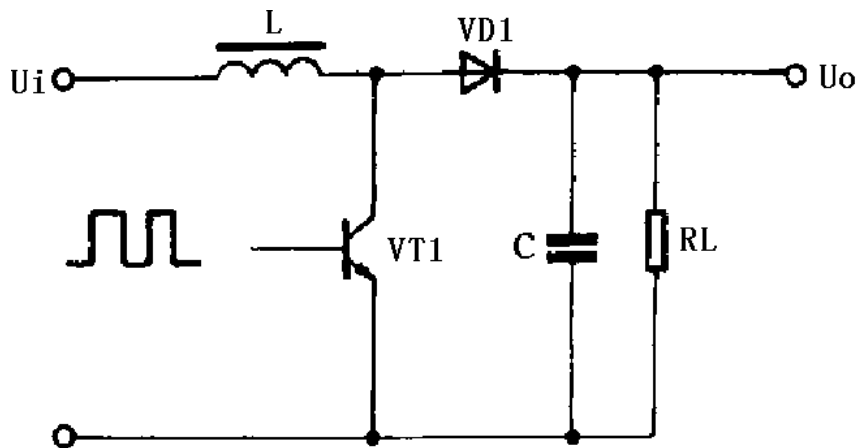
反转式开关电源的典型电路如图九所示。这种电路又称为升降压式开关电源。无论开关管VT1之前的脉动直流电压高于或低于输出端的稳定电压，电路均能正常工作。

当开关管VT1导通时，电感L储存能量，二极管VD1截止，负载RL靠电容C上次的充电电荷供电。当开关管VT1截止时，电感L中的电流继续流通，并感应出上负下正的电压，经二极管VD1向负载供电，同时给电容C充电。

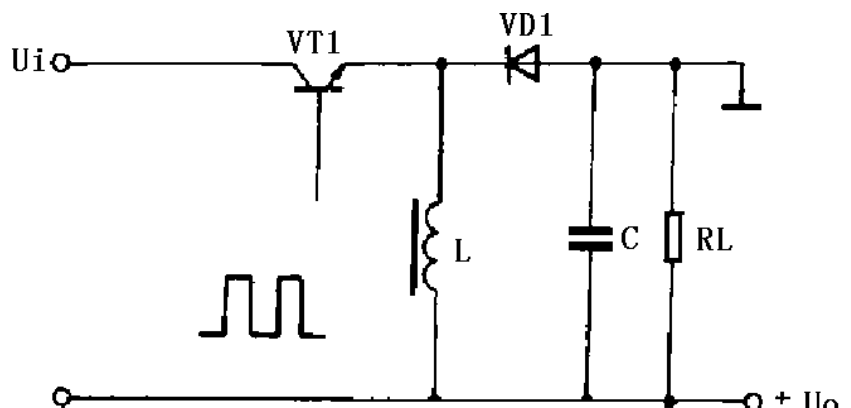
以上介绍了脉冲宽度调制式开关稳压电源的基本工作原理和各种电路类型，在实际应用中，会有各种各样的实际控制电路，但无论怎样，也都是在这些基础上发展出来的。



图七 降压式开关电源



图八 升压式开关电源



图九 反转式开关电源

开关电源音频噪声抑制技术

作者：林森

电子和磁性元件的振荡频率在人耳听觉范围内时，会产生能听见的信号。这种现象在电力变换研究初期已为人知。以 50 和 60 Hz 工频工作的变压器常常产生讨厌的交流噪声。如果负载以音频元件调制，以恒定超声频率工作的开关功率转换器也会产生音频噪声。

低功率电平时，音频信号通常与转换器无关。但是，设计人员可能希望降低其电路的声波发射。低功率 AC-DC 转换器中，将 50 或 60 Hz 变压器的铁心薄片焊接在一起，能使交流噪声降至容许的水平。高频开关转换器中的铁氧体变压器也采用了类似的技术。

过去常用高级音频工程设备来研究开关电源的声波辐射。这种装置可以非常精确地测量绝对声压级和声谱，但人类对声音的感觉是很主观的。很难说多大的声音是能听到的，更难以确定的是在特定应用中多大的声音会被认为是难以忍受的噪声。

声波辐射与电磁辐射相似，但没有用于衡量听觉容忍度的通用基准。因此，设计者可以依据以下方针来处理与音频噪声相关的问题，减少产品的声音辐射。

电容噪声

所有的绝缘材料在电场的压力下均会变形，这种电致伸缩效应与电场强度的平方成正比。有些绝缘介质还呈现压电效应，即与电场强度成正比的线性位移。压电效应通常是电容产生噪声的主要途径。

廉价的小陶瓷电容中的非线性绝缘材料通常含有大比例的钛酸钡，在正常工作温度下产生压电效应。因而，这些元件会比线性绝缘成份的电容产生更多的噪声。开关电源中，电压偏移最大的箝位电路中的电容最有可能产生音频噪声。

要确定陶瓷电容是否主要噪声源，可以用不同绝缘体的电容来替换。薄膜电容是性价比不错的替代品。但应注意替换品是否能经受得住反复的尖峰电流和电压应力。

另一种具有价格竞争力的选择是用齐纳箝位电路来替代 R C D 箝位电路。齐纳箝位的价格已与 R C D 箝位的相当，但占用的空间小得多而效率更高。

变压器噪声

在大多数反激式转换器应用中，变压器是主要的音频噪声源。试验板上第一个变压器原型产生的噪声往往令人吃惊。采用众所周知的恰当的结构技巧将基本上消除噪声而不增加额外的费用。在装配原型变压器时要注意成品性能的可重复性。

有一些机制会产生变压器噪声，每种都会产生发出声音的机械位移。这些机制包括：

- _ 相对运动 — 磁芯两部分间的吸引力使其移动，压迫将其分隔的介质。
- _ 撞击 — 如果两块磁芯的表面能接触，它们响应磁通激励而移动会使二者碰撞或刮擦。
- _ 弯曲 — 仅在 E E 或 E I 结构的磁芯中间腿存在的裂隙，可使磁芯各部分沿其间吸引力的方向弯曲。
- _ 磁致伸缩 — 磁芯材料的尺寸随磁通密度变化。普通功率的铁氧体的变化率小于 1ppm。
- _ 骨架移动 — 磁芯片的位移可通过骨架传送和放大。

线圈移动——线圈中的电流产生移动这些导线的吸引力和排斥力。

移动源共同作用，形成了复杂的机械系统，它能在人耳听力范围内的一个或几个频点上，产生强烈的共振。10 W以下离线反激式转换器常用的结构一般产生10k Hz到20k Hz的共振。当磁通激励的基频或其谐波经过机械共振区域时，移动发出声音。设计者应全程变换负载以检验音频噪声，特别是需要动态负载时。

这些机制产生噪声的大小根据各自所处的不同位置决定。幸运的是，设计者可以应用简单的结构技术来有效衰减各种机制产生的音频噪声。

结构技术

几种可以降低变压器音频噪声的方法在制作时都需要正确使用恰当的粘合剂。

变压器制造商和用户的评价证明这些技术适于大批量消费类应用。

本文详细描述了两种结构技术供喜爱其它电源的用户参考，但客户应充分测试其应用所需的所有元件。

变压器用粘合剂

制作变压器时使用粘合剂是业界所周知的。不同的胶、粘合剂、涂层和封装能帮助变压器抵受机械冲击，排除环境污染，达到安全标准。针对这些目的，在使用粘合剂来降低音频噪声时有一些特定的注意事项。

粘合剂应是刚性的。硬环氧树脂类通常能提供所需特性，而诸如硅树脂等软性化合物却无效。变压器制造商们处在可以根据需要选择适当材料的有利地位，因为他们通常有最适合其独特工序的特定用途惯用粘合剂列表。

粘合剂的主要用于防止两块磁芯间以及磁芯和骨架间的相对移动，另外也可以衰减变压器的机械共振。

但是，误用，粘合剂会产生折断磁芯的机械应力。温度变化时，变压器结构材料的尺寸变化不同。如果各部分不能靠移动补偿这些尺寸变化，就会产生机械应力。铁氧体、骨架和粘合剂的有限移动也会产生足以导致材料失效的应力。因此，粘合剂过多或太少都不能将音频噪声降到最低。

本文讲述了两在构造变压器时使用粘合剂的技巧。第一种方法避免了所有与机械应力相关的问题。它可以用于各种两片式磁芯结构，甚至在音频噪声无关紧要的应用中也非常有用。另一种技术必须在设计进行适当的温度测试后小心使用。

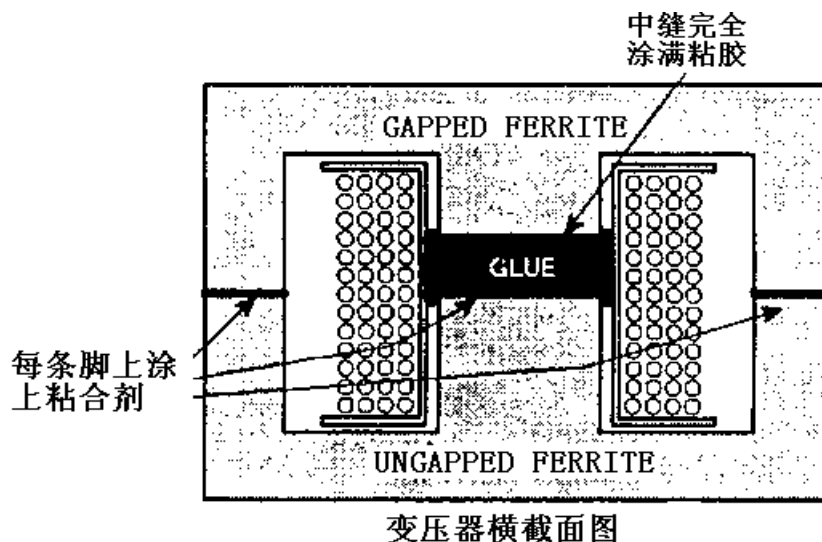
采用玻璃珠的变压器

降低变压器音频噪声最有效的方法是用刚性粘合剂粘合铁氧体块的配合面。对称结构变压器中配合面间距均匀，使铁氧体和粘合剂的尺寸变化独立，防止机械应力。所需的均匀间距可通过粘合剂与玻璃隔珠的混合物可方便地得至。

图一表明了在使用两个相同E型磁芯的变压器结构中如何使用玻璃隔珠。粘合剂中的玻璃小球使磁芯各条腿的两部分保持均匀间距。此间距保持恰当的非磁通道距离，以获得所需电感。粘合剂和铁氧体可延展不同尺寸而保持安全地粘合在一起。

图中还可看到从磁芯中腿间隙有少量粘合剂粘接到骨架上。重要的是不能沿整个骨架长度粘合，此结构必须允许骨架和磁芯随温度变化而独立改变尺寸。

此技术也适用于 EI 结构。EE 结构中的各磁芯脚等长，无需在任何一条中磨出间隙。粘合剂中的玻璃珠保持确定电感所需的的间距。



图一 采用玻璃珠的结构

用玻璃隔珠设计和构造变压器的过程很简单、直接、经济。下一节将讲述此主题。

用玻璃隔珠设计和构造变压器

用玻璃隔珠来界定粘合层是业界通用的惯例。一些制造商提供不同规格和尺寸容差的原材料。本文附录给出通用规格和知名供应商信息，但这些产品都是按同一标准筛选出来，而不包括一些质量控制更严格或客差更严格的供应商的产品。用户在选择供应商前最好先检查指标。

如何选择适当尺寸的玻璃珠

气隙尺寸的计算通常假设所有磁通局限在磁芯范围内。由于总会有部分磁通溢出磁芯外，这种采用理想模型的计算并不准确。因此，设计者通常用计算好的 AL（电感每匝平方）代替物理尺寸作为给定磁芯尺寸的设计参数。

当气隙长度标准时，采用玻璃胶和采用磁芯中缝的设计过程相同。设计使用玻璃胶结构的变压器时，必须知道各磁芯的 AL 和准备选用的玻璃珠的规格。工艺、过程和磁芯成分的不同会改变表中的值，完全有可能需要不同尺寸的玻璃球才能获得最佳设计。因此，设计者可能需要与自己特定工艺相配合的改进的 AL 表。

装配使用玻璃胶的变压器

用玻璃胶装配变压器的最佳方法随特定的生产环境而不同。例如，在高度自动化的生产线上进行的大批量生产所用的最佳方法就不同于大部分工作由手工完成的小批量生产的方法。一者主要的差别在于选择不同的粘合剂，以及混合的细节。

大批量自动化生产可选用在常温下能很快凝固的 AB 胶。玻璃珠与粘合剂的混合比例与机械特性相关。

小批量生产更适用单一粘合剂，它在 100 以上温度的凝固时间超过 1 小时。玻璃珠在使用前与粘合剂混合，或从供应商处购买适当的已混合好的产品。

粘合剂的粘性应足以保持玻璃球形成均匀分散的悬浮体。附录列出了一些实验用和中型批量效果良好的产品。类似丙烯脂等凝固快速而粘性低的粘合剂不适用。粘合剂的额定温度范围也必须能用在应用的温度极限值。

玻璃珠与粘合剂 10% 按重量混合，能提供大多数应用所需的高性能。尽管在此理论中各磁芯腿仅需一粒以保持所需间距，但实际上每条引脚中仍应有足够的珠子来保持粘合剂接触面平行。据估计，混合的玻璃珠少于 5% 时，很可能有的引脚没有玻璃珠，而超过 20% 的混合物会因过于浓稠而无法可靠应用和粘合。最后的结果会根据粘合剂的不同特性而改变。

变压器中玻璃珠的成本是可以忽略的。EE16 型变压器约需要 20 毫克玻璃胶。如果玻璃的混合比例是 10%，EE16 磁芯的变压器约需 2 毫克玻璃。假设在最贵的情况下每磅需要 100 美元（每克 0.22 美元），一个变压器中玻璃珠的成本为 0.00044 美元，即 0.044 美分。

构造提示

用玻璃胶装配变压器的方法有多种。本节对实验室正样和小批量试生产给出了一些可行的建议。

— 制造一个带永磁体的装置来粘接和固定变压器。从安装固化炉的铁片或支架开始，将钮扣磁铁以适当间距阵列粘合在支架上。交替磁体的南北朝向来获得最强磁场。

— 各磁铁 E 型磁芯腿朝上放置。在各条腿涂上粘合剂和玻璃珠的混合物。在构造过程中使用一次性塑料注射器（又称移液吸管）可很好地分配。

— 每个位置上的粘合剂必须足以完全填满两个配合面间的气隙。气泡会使变压器产生更多的音频噪声。但应注意中间引脚上不要使用过多的粘合剂。

— 将骨架放在涂有胶水的 E 型磁芯中，将另一个铁氧体磁芯（E 或 I 型）与之装配好。以一定的压力按压铁氧体顶部，确保两部分间距仅一层玻璃珠将安装好变压器的托盘放置在固化炉中。无需使用胶带或夹具，磁铁能提供将磁片粘合在一起的压力。

在粘合时变压器的电感可能改变，特别是用较小尺寸玻璃珠的设计中。可以预期的变化量由加工过程决定，但如果过程控制良好，结果是可以始终如一的。特殊的胶水、混合、装配技巧和夹紧的方法都能影响固化后的最终电感。

铁氧体材料渗透性的常有 25% 的变化率，这能使采用最小的磁芯和玻璃珠的变压器电感变化 6%。使用较大磁芯和玻璃珠的设计的渗透性变化不那么敏感，设计者应确保固化后的电感在限定的范围内。在最后的电感测试时能发现磁芯外侧腿上没有玻璃珠的少见情形。

使用中缝胶的变压器

虽然使用玻璃隔珠在很多方面优于其它结构，还是有一些制造厂商使用粘合剂和传统的中缝结构。此变通办法能有效地降低音频噪声的产生，但用户必须对每个设计进行测试以确保在预期的极限温度下，机械应力不会导致应用中的结构失效。

由于不同供应商的磁芯强度相差很大，用户必须去信任铁氧体材料的来源。各变压器的磁芯强度必须足以承受磁芯中腿气隙结构中无可避免的机械应力。

各设计的合格证明应包括覆盖最终产品和变压器本身运输所需整个温度范围内的热应力测试。比如，最终产品所需的最低工作温度可能为 0℃，但产品或变压器的空运将使其暴露在 -40℃ 的低温中。

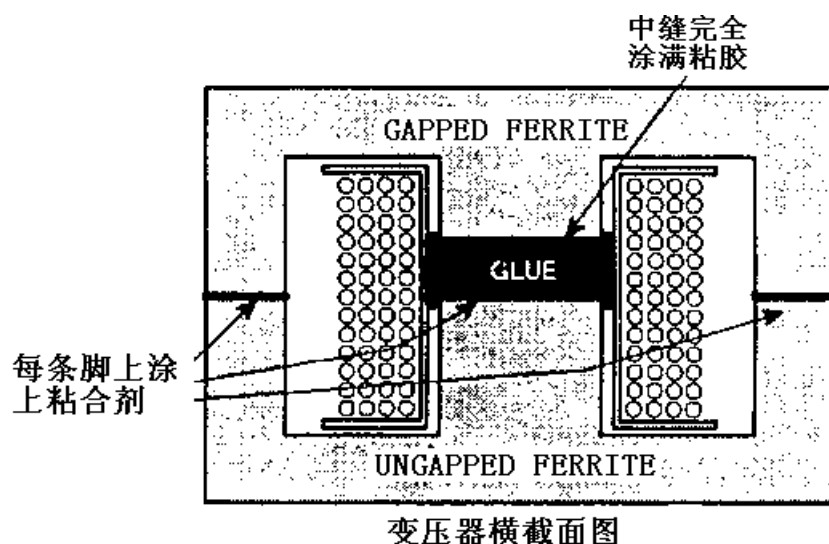
手持式设备的电源充电器和交流适配器等合格产品通常需要经过热冲击试验，此指标通常要求32个从-40到85间的温度周期。每个周期中，在两种极限温度下各保持一小时，而在15秒以内转换到另一种温度。某些应用要求在-40到100极限值间变换。

用户应彻底了解其应用以确定正确的测试条件。几百个不同设计的变压器均按上述指标执行温冲试验。可以看到许多采用中缝填硬胶的变压器发生失效，特别是中缝大于0.1mm的。与此相反，采用推荐的使用玻璃珠的结构却没有失效的现象。

采用气隙设计的变压器在大批见生产时，也有较小但仍不可接受的失效率。因此，大失效可以由外部裂纹观察到，但外部检查无法探测到内部失效，但可由工作中音频噪声增大判定。

中缝小于0.1mm的变压器失效的风险较小。热膨胀系数很高的硬胶会使间隙较小的磁芯破裂。由于机械应力比使用硬胶小得多，使用软胶没有裂纹问题，但软胶衰减音频噪声的效果差得多。

使用中缝胶构造变压器



图二 中心腿上带通常气隙的结构

图二显示了中心腿上带通常气隙的变压器横截面。两个粘合在一起的E型磁芯片的每条腿上涂上粘合剂。对带中缝的EE磁芯结构来说，最重要的是中缝必须完全涂满粘胶，而且粘性材料将磁芯各脚的整个配合面紧紧粘合在一起。

图中显示中缝中的少量粘胶将骨架粘合在一起。在使用玻璃珠的结构中，没有沿整个骨架长度粘合是很重要的。结构必须允许骨架和磁芯相应温度变化独立改变其尺寸。

粘合过程

粘胶的应用和过程很重要，特别是在面包板上的变压器原型的制造过程中，此过程由手工完成且是粗略的。

尽管变压器制造商可能很熟悉在制造过程中特殊材料的使用，让他们获悉工序的目的并始终使用足量的粘胶仍很重要。粘胶不足可能可以将铁片粘合在一起，但无法按预期衰减噪声。必须保持粘合过程的一致性，才能产生噪声极低的变压器。

带中缝的变压器装配中也可采用先前所述的用于玻璃隔珠的结构技巧。

配合面间增加粘胶可以减少变压器由于胶水固化时膨胀而产生的电感，特别是最初的缺口很小时。设计者应确保固化后电感在限定范围内。开始时中间腿应留下一个小缺口，以补偿外侧腿上粘胶的厚度。

如果变压器原型在涂上胶水以后仍有噪声，切开骨架检查中间腿上的胶水。大多数有噪声的变压器的中缝都没有完全填满。如果中间腿的胶水没有空隙，分离磁芯片露出外侧脚的配合面。检查整个表面的粘合情况。

由于胶水的特性决定铁氧体的机械应力，进行热测试的原型变压器使用的粘合剂必须与大批量生产时使用的完全相同。

其它结构技术

需要完全密封”(陶封)的磁性元件的应用通常无需降低音频噪声的额外处理。制造商有时用密封来满足特殊环境要求，或在空间狭窄的应用中满足绝缘要求。如果需要，密封还可作为成本稍高的噪声降低技术。

音频测量显示密封可与玻璃珠和中缝填胶一样有效衰减音频噪声。制造商应该了解到变压器的结构应努力达成衰减噪声的目的，确保在生产中保持一致。可以制造密封的变压器，符合任何常规环境要求，但在音频噪声方面变化仍很大。

有些制造商拥有有效衰减音频噪声的专利技术，但这些技术和其它一些变通办法一样，在产品合格验证时应在整个预期温度范围内测试。

变压器制造商常常使用清漆来改善可靠性，它可以隔离湿气，为细线增加耐久性。虽然清漆有益于降低音频噪声，设计者应慎重使用清漆浸渍。

虽然与音频噪声无关，用户还是应该了解清漆的高介电常数会导致初级绕组电容增大。这会降低变压器的自谐振频率，增大电源开关导通时的尖峰电流，降低电源的功效。

变压器设计中的注意事项

低峰值磁通密度产生的噪声较低。如果需要更大地降低给定结构的变压器的音频噪声，设计者可以降低峰值磁通密度。变压器的磁芯片间如果没有粘合剂，峰值磁通密度从3000高斯降为2000高斯即可将发出的声波降低10到15dB。恰当的粘合可使同一变压器的噪声降低约5dB。通常人类对10dB的声压级变化感知为2倍的声响。

注意低峰值磁通密度的设计需要更多匝数和更大的气隙，以给定的磁芯提供更大的输出功率。匝数更多会使漏感增大，需要改变电路元件值以使其保持在器件规定范围内，满足产品的指标要求。

音频噪声的大小既取决于通量持续时间，也取决于峰值磁通密度。对于给定的峰值磁通密度，从零到峰值再回到零的时间越短，产生的音频噪声越小。设计用于高频工作的变压器在功率转换时受音频信号激励产生的音频噪声较小。

电路包装注意事项

设计者在下与音频噪声相关的决定时应考虑其电路的封装。任何封装都能显著地削减电路插板发出的音频噪声。普通的不通风的塑封能削弱约20dB的声音。客户应当在评估封装对电路中所有元件的热特性方面的影响。

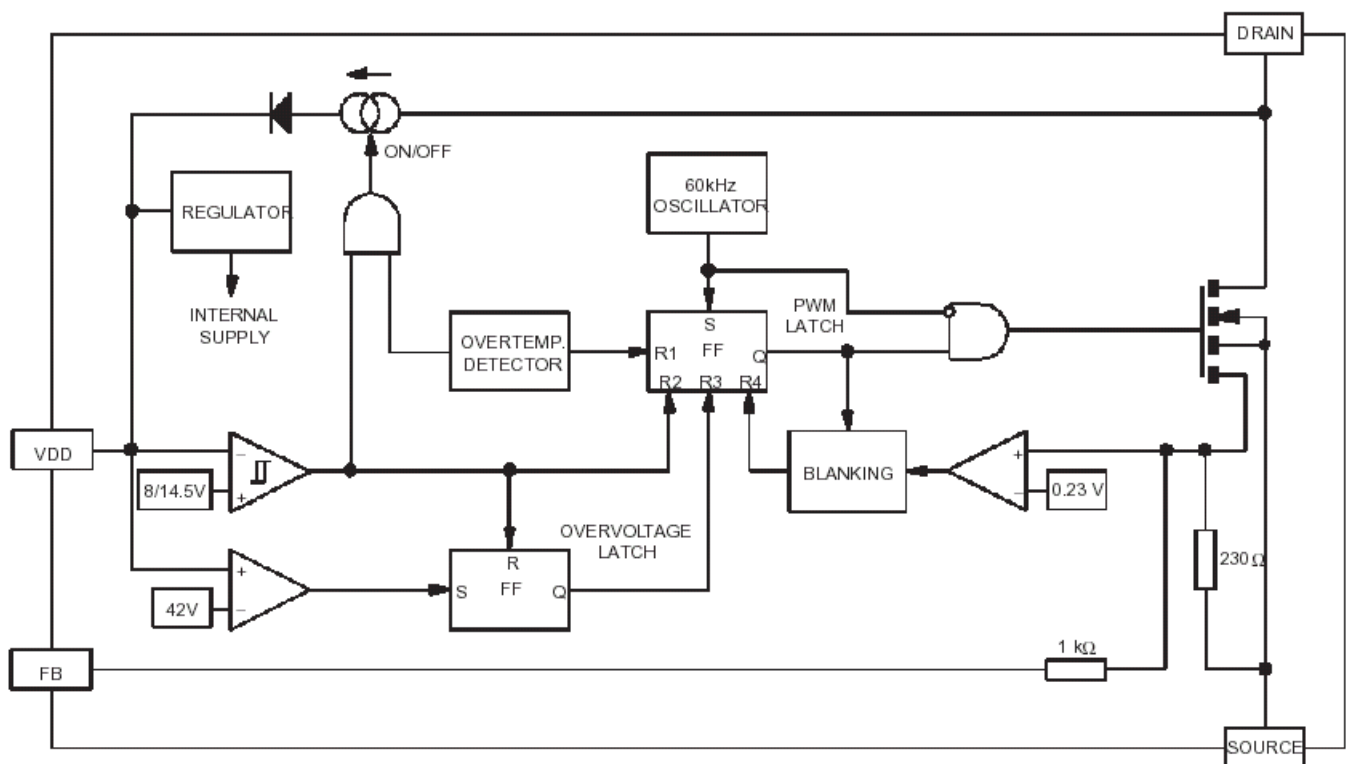
采用智能电源 IC 的低成本离线式 3W 开关电源

作者：茶

随着开关电源技术应用的越来越普及，近年来在小功率电源市场上也产生了以降低变压器尺寸和成本为目标，从线性电源向开关电源转变的趋势。市场上的单片集成开关电源芯片也越来越多，象 PI、Fairchild、ON、ST、Philips 等公司都提供此类的集成电源芯片，通常称之为智能电源 IC。

智能电源 IC 的控制器和功率器件完全集成在单芯片内，而且不必考虑功率器件驱动及有关电源核心部分的布局问题，因此，智能功率技术进一步简化了这种电源的设计和开发过程。由 ST 公司（意法半导体公司）开发的 VIPer12A 就是一款低成本的单片智能电源 IC，其组件包括一个 60kHz 的集成脉宽调制控制器和一个击穿电压为 730V 的高压功率 MOSFET。本文将向大家推荐一个采用该 IC 构成的 3W 输出功率的离线式开关电源电路，其输入电压范围为交流市电电压，范围为 85V-265V，输出为 5V/600mA。

VIPer12A 的内部功能如下面框图，整个开关电源的电路图如下页所示。



图中的变压器参数为初级绕组 196T、电感量 2.3mH，次级绕组 16T，反馈绕组 33T。

整个电路效率超过 60%，待机功耗小于 0.2W。

对采用 VIPer12A 的开关电源有专用的设计软件，只有输入相关信息即可自动生成电路参数，如变压器匝数、电感量、线径等等。该软件可到苍穹电子网上下载，地址为：

<http://www.51circuit.com/>

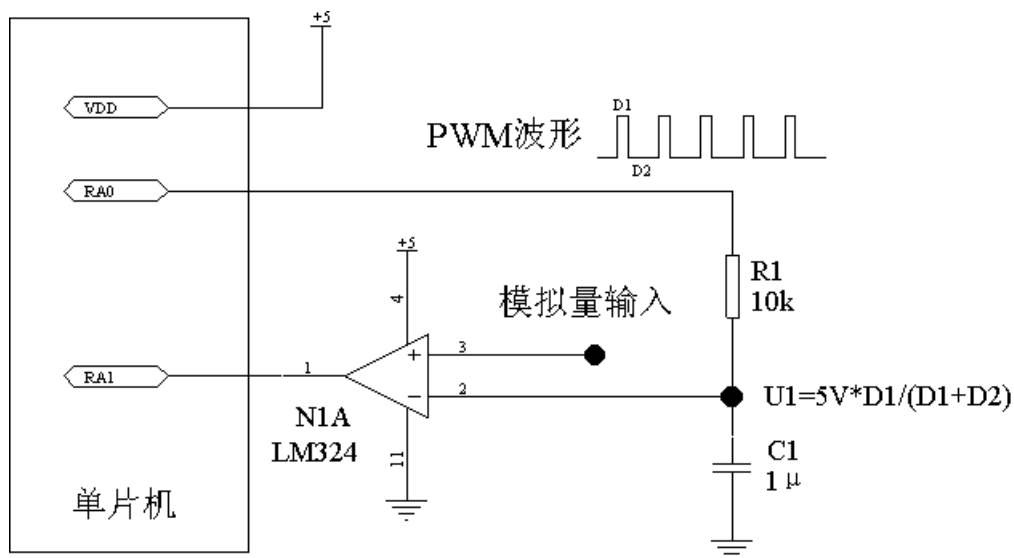
用普通单片机实现低成本高精度 A/D 与 D/A 转换

作者：秋水

摘要：用普通单片机实现低成本的多路 A/D 与 D/A 转换，其转换结果为 8bit 或更高。

关键词：单片机 A/D 转换 D/A 转换 PWM（脉冲宽度调制） 比较器

目前单片机在电子产品中已得到广泛应用，许多类型的单片机内部已带有 A/D 转换电路，但此类单片机会比无 A/D 转换功能的单片机在价格上高几元甚至很多，本文给大家提供一种实用的用普通单片机实现的 A/D 转换电路，它只需要使用普通单片机的 2 个 I/O 脚与 1 个运算放大器即可实现，而且它可以很容易地扩展成带有 4 通道 A/D 转换功能，由于它占用资源很少，成本很低，其 A/D 转换精度可达到 8 位或更高，因此很具有实用价值。



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“RA0”和“RA1”为单片机的两个 I/O 脚，分别将其设置为输出与输入状态，在进行 A/D 转换时，在程序中通过软件产生 PWM，由 RA0 脚送出预设占空比的 PWM 波形。RA1 脚用于检测比较器输出端的状态。

R1、C1 构成滤波电路，对 RA0 脚送出的 PWM 波形进行平滑滤波。RA0 输出的 PWM 波形经过 R1、C1 滤波并延时后，在 U1 点产生稳定的电压值，其电压值 $U1 = VDD * D1 / (D1 + D2)$ ，若单片机的工作电压为稳定的 +5V，则 $U1 = 5V * D1 / (D1 + D2)$ 。

图一中的 LM324 作为比较器使用，其输入负端的 U1 电压与输入正端的模拟量电压值进行比较，当 U1 大于模拟量输入电压时，比较器的输出端为低电平，反之为高电平。

2、A/D 转换过程：

如果使 RA0 输出 PWM 波形，其占空比由小到大逐渐变化，则 U1 的电压会由小到大逐渐变化，当 U1 电压超过被测电压时，比较器的输出端由高电平变为低电平，因此可以认为在该变化的瞬间被测的模拟量与 U1 的

电压相等。

由于U1的电压值 $=VDD * D1 / (D1 + D2)$ ，当VDD固定时，其电压值取决于PWM波形的占空比，而PWM的占空比由单片机软件内部用于控制PWM输出的寄存器值决定，若软件中用1个8位寄存器A来存放RA0输出的PWM的占空比值D1，因此在RA1检测到由“1”变为“0”的瞬间，A寄存器的值D1即为被测电压的A/D转换值，其A/D转换结果为8位。如果用16位寄存器来作输出PWM的占空比，则A/D转换值可达到16位。

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电压是造成A/D转换误差的主要原因，如果使VDD电压精度做到较高，则A/D转换误差可以做到很小，在VDD电压精度为0.5%情况下，实际的A/D转换误差小于1%。
- (2) 软件产生的PWM占空比：若用于产生PWM的软件设计不良，会使存放占空比的寄存器值与实际输出的PWM占空比不一致，这会导致测量误差。
- (3) 比较器输入端的失调电压：该电压对A/D转换精度有一定影响，但影响较小。
- (4) RC滤波电路的纹波：在R1、C1取值不当的情况下，U1处的电压纹波较大，并且延时时间不够，会使A/D转换产生误差，因此R1、C1取值不能太小，但太大又会影响到A/D转换速度，推荐使用图一中所示的R1、C1参数，在纹波合理的情况下，其转换误差也可通过软件消除。

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，它相当于A/D转换的基准电压。
- (2) 对于软件中PWM设计不良导致的误差，可修改软件进行解决，本文提供了用软件产生PWM的程序流程图，实际使用中可按此流程设计程序。
- (3) 对比较器及RC滤波电路的纹波导致的误差，在软件中可通过上、下检测法进行消除，即先将PWM的占空比由小到大变化，使U1电压由低往高逐渐变化，在比较器输出端变化时记录其A/D转换值，再将PWM的占空比由大到小变化，使U1电压由高到低变化，在比较器输出端变化时记录其A/D转换值，将两次的A/D转换值进行平均，可有效地消除这两种误差。
- (4) 对A/D转换值进行数字滤波，如多次转换求平均值等。数字滤波消除误差的方法很多，在此不再赘述。

4、A/D转换速度及提高办法：

由于该A/D转换是通过PWM滤波后再进行比较来完成的，其PWM的产生与滤波都需要一定的时间，因此其A/D转换速度较慢，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) 单片机的运行速度：单片机的运行速度越高则PWM的频率可以越高，RC值就可以取得越小，其延时时间也可以更短，转换速度就更快。
- (2) 被测电压值的大小：由于U1电压时是由小到大逐渐加大的，当被测电压值较小时，U1电压上升到相应值的时间就越短，完成A/D转换的速度就越快。
- (3) 初始占空比：初始占空比越高，U1电压较大，其上升到被测电压值的时间也就会越短，完成A/D转换的速度也就越快。

由上所述，A/D转换的速度可以通过提高单片机的工作频率，并在预知被测电压范围时尽可能地设置较高的初始占空比值来加快转换速度，如果所要求的A/D转换精度要求不高，还可以在软件中缩短PWM输出的延时时间来提高A/D转换速度。若单片机带有外部电平变换中断和定时器中断，其A/D转换的精度和速度还可以得到提高。

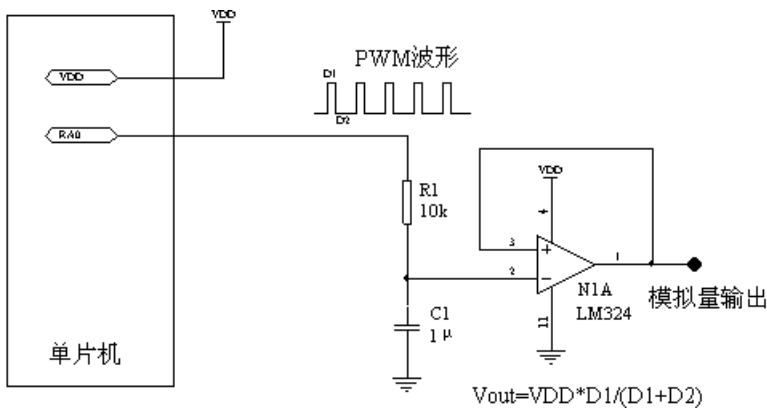
5、输入电压的测量范围：

A/D转换的输入电压测量范围为0V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、A/D 转换通道的多路扩展：

图中所用的运算放大器为LM324，该集成电路内部带有4个运放，其余3个运放的输入端可分别作为另外3个A/D转换通道，其输出端与单片机连接，在软件上略作修改，就可以在不增加成本的情况下实现4路A/D转换。

7、用同样的工作原理实现D/A转换：



图二

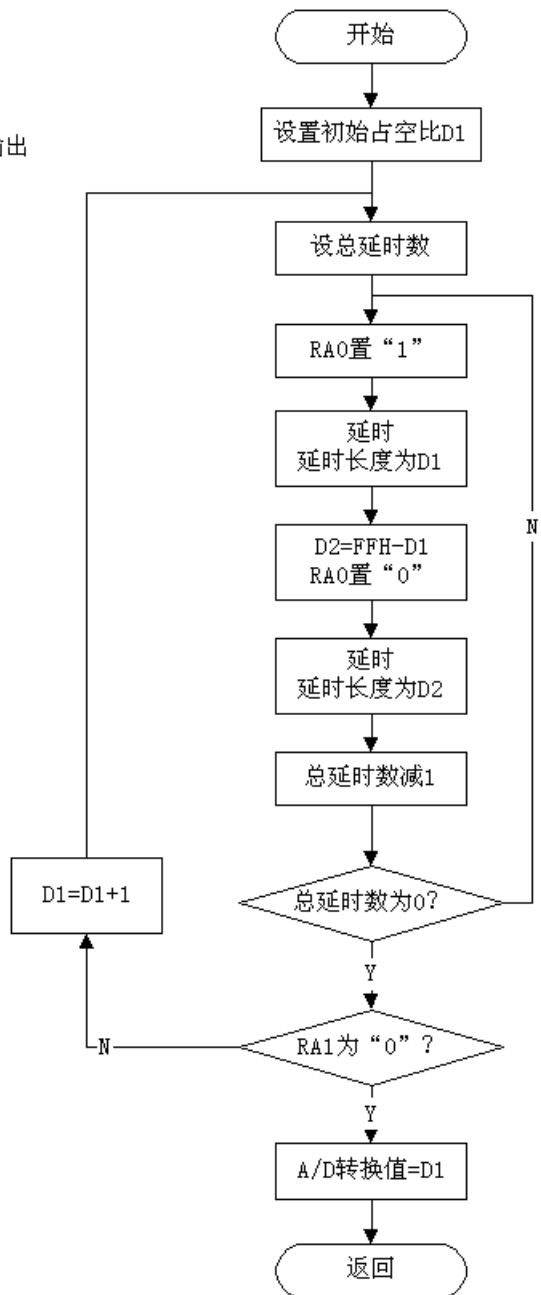
如图二所示，可使该电路很容易地只用单片机的一个I/O脚实现D/A转换功能。其输出的模拟量电压 $V_{out} = V_{DD} * D1 / (D1 + D2)$ 。该输出电压带有纹波，当RC值足够大时，该纹波值几乎为零，可忽略不计。

8、单片机的A/D转换软件程序流程图：

对于无任何中断功能的单片机，如MICROCHIP的PIC16C5X系列程序可按右边的流程图所示进行编写，对于带有外部中断功能的，程序可以更为简单。

如果单片机带有定时器中断功能，PWM可以用定时器中断来产生，其A/D转换频率可以做得较高，转换速度也可以更快，相应地其A/D转换的位数可做到与定时器位数一样。

该A/D转换非常适用于被测量变化缓慢的场合，如温度测量，按键扫描（在下一篇《单个I/O口实现多个按键输入》中有详述），充电器电压检测等等。

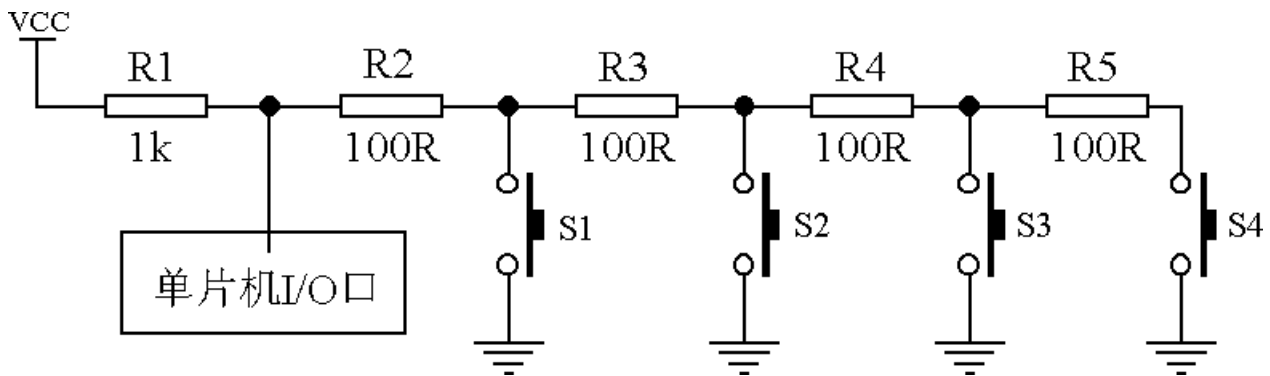


单个 I/O 口实现多按键输入的妙法

作者：小苏

在单片机应用中，经常要用到按键输入，在有较多按键输入的情况下，通常会使用矩阵式扫描方法来完成，例如对于 16 个按键输入的场所，会使用 4×4 矩阵键盘，这需要占用较多的 I/O 口（如 8 个），而对于单片机来说，其 I/O 口资源非常有限，当 I/O 口资源紧缺时，只好选用成本更高的具有更多 I/O 口的单片机来使用，本文介绍一种只用一个或两个 I/O 口实现多按键输入的方法。

对于使用一个 I/O 口来实现多按键输入，有个前提条件，就是这个 I/O 口具有 A/D 转换功能，只要使不同的键按下时，A/D 转换输入端的电压不同，就可识别出所按的键，其电路如下图所示。



在无键按下时，I/O 口端电压为电源电压 V_{cc} ，当 S1 键按下时，I/O 口端电压最低，是电阻 R1 和 R2 的分压，当 S2 键按下时，I/O 口端电压变高，是电阻 R1 和 $(R2+R3)$ 的分压，同理，当 S3、S4 按下时，电压会更高，通过对该 I/O 口的 A/D 转换值的大小进行判断，就可以得知所按下的哪一个键。

图中只列出了 4 个按键的例子，在实际使用中，适当调整电阻值，可使按键数增加很多，在 8 位 A/D 转换中，按键数甚至达到上百个。

对于无 A/D 转换功能的单片机，可通过使用 2 个 I/O 口达到以上同样的功能，其 A/D 转换的方法可参见本期中《用普通单片机实现低成本高精度 A/D 与 D/A 转换》一文。

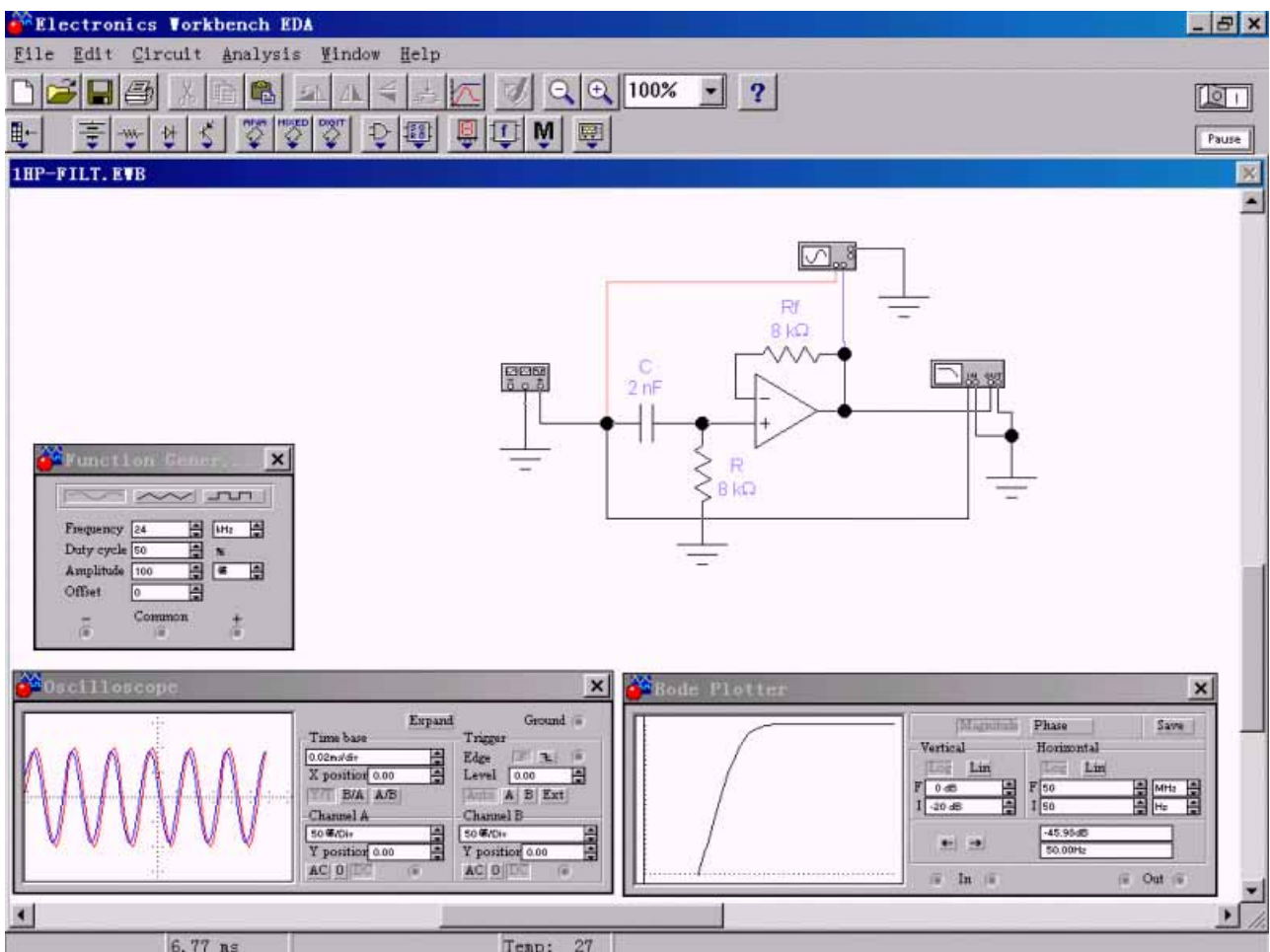
电子设计者的好帮手

ELECTRONICS WORKBENCH EDA 工具介绍和使用入门

在电子设计行业，EDA 工具越来越多地为广大电子设计者所使用，本文为大家介绍一个小巧但功能强大的模拟与数字电路混合仿真软件，它就是 ELECTRONICS WORKBENCH EDA5.0 软件。

ELECTRONICS WORKBENCH (以下简称 EWB) 软件是 IIT 公司于 88 年推出的模拟电路和数字电路混合仿真的 EDA 软件，常用版本为 EWB5.0C，在 6.0 版本后它改名为 Multisim，由于 EWB5.0C 在国内最为普及，且在互联网可下载到，因此本文只对其进行介绍，以后会针对 Multisim 进行专门介绍。EWB 的仿真功能十分强大，可以几乎 100% 地仿真出真实电路的结果。而且它在桌面上提供了各种各样的电子工具，如万用表、示波器、信号发生器、逻辑分析仪等等，它的器件库中则包含了许许多多公司的晶体管元器件、集成电路和数字门电路，器件库中没有的元器件，还可以由外部模块导入，在众多的电路仿真软件中，EWB 是最容易学会的，它的工作界面非常直观，原理图和各种工具都在同一个窗口内，未接触过它的人稍加学习就可以很熟练地使用该软件，对于电子设计工作者来说，它是个极好的 EDA 工具，许多电路你无需动用烙铁就可得知它的结果，而且若想更换元器件或改变元器件参数，只需点点鼠标即可，它也可以作为电学知识的辅助教学软件使用，利用它可以直接从屏幕上看到各种电路的输出波形。下面简单介绍一下 EWB 的操作：














1. 用户介面：EWB 启动后的用户介面如下图所示：






其用户介面类似于 WINDOWS95 下的大多数应用软件的介面，最上面是标题栏，下面是菜单栏，再下面是工具栏，工具栏右边是一个启动按钮，启动按钮下面是暂停按钮，中间是工作区，工作区的下面和右面是屏幕滚动条，最下面是状态栏。

2. 元器件和仪器的放置：

EWB 的电路图就在工作区中绘制，绘制时用户从工具栏的各个按钮中选取要放置的元器件和仪器仪表，用鼠标拖放到工作区中。EWB 中图标所对应的元器件类如下列所示：

-  为电源类：有各种各样的交直流电源如电池、恒流源、地、压控电流源等等。
-  为基本元件类：有电阻、电容、电感、电解电容、变压器、继电器、电位器等等。
-  为二极管类：有二极管、稳压管、整流桥堆、发光二极管、可控硅等等。
-  为晶体管类：有 PNP 三极管、NPN 三极管、场效应管等等。
-  为模拟集成电路类：有运算放大器、比较器、锁相环等等。
-  为模拟与数字混合集成电路类：有模数转换器、数模转换器、555 时基电路等等。
-  为数字集成电路类：有各种 CMOS 和 TTL 数字电路。
-  为逻辑门电路类：有与门、与非门、或门、或非门等等。
-  为触发器类：有 RS 触发器、D 触发器、JK 触发器等等。
-  为指示器件类：如安培表、伏特表、七段数码管等等。
-  为控制器件类：如微分器、积分器、除法器等等。
-  为杂类：如晶振、保险丝等。
-  为各种仪器：如示波器、万用表、信号发生器等。

元器件放置到工作区后，可以根据需要对元器件进行旋转、左右翻转、上下翻转、移动等操作，工具栏上的    三个按钮分别对应旋转、左右翻转、上下翻转操作，操作时用户先选定元器件，此时该元器件会变成红色表示已被选取，用户再按下相应的操作按钮。

当用户移动鼠标到元器件上时，鼠标图形会变成手的形状，此时用户按下鼠标按钮即可选取该元器件，同时也可以移动它。

当用户要选取多个元器件或电路的一部分时，也可以用鼠标在屏幕上拉出一个窗口，此时在窗口中的元器件和电路就都被选取。

3. 元器件与仪器的连线：

当元器件和仪器放置好后，就可对元器件和仪器开始连线。先移动鼠标到要连接的元器件的端点，此时鼠标会变成一个小黑圆点，按下鼠标并拖动它，当拖动到另一元器件端点时鼠标又变成小黑圆点形状，此时松开鼠标按键，则两个元器件间就建立了一根连线。当从一个元器件端点往一根连线上连线时，拖动鼠标靠近该线时线上会出现一个小黑圆点，此时松掉鼠标则该元器件会连接到该连线上，并自动产生一个节点。同样，当往一个节点上连线时也是作同样的操作。只是线与节点上可以产生不止一个小黑圆点，分别对应不同的方向，连线时应注意小黑圆点的朝向。

4. 元器件参数的编辑与修改：

用鼠标双击要编辑的元器件就会弹出该元器件的参数对话框，用户可在该对话框中对它的各种参数进行修改。

5. 仿真环境的设定：

用户在对电路进行仿真之前，要先对仿真分析环境进行设定。在菜单栏上依次选取 ANALYSIS、ANALYSIS - OPTION，则弹出 ANALYSIS - OPTION 对话框，用户可对其中的仿真环境参数进行设定，如环境温度，绝对电流误差等。

6. 对绘制好的电路进行仿真：

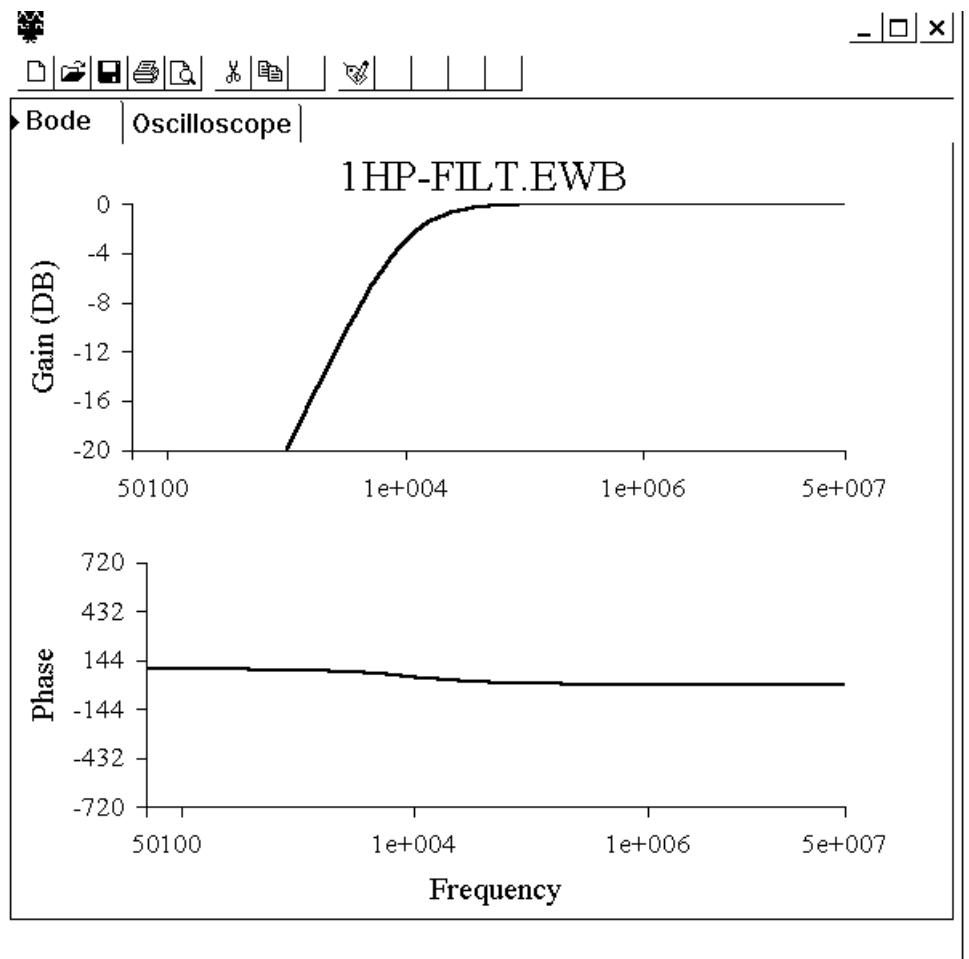
在上述步骤完成后，按下启动按钮即可进行电路仿真。此时用户可以对电路的工作进行各种分析，如付里叶分析，噪声分析等等，用鼠标双击电路中的仪器可以打开仪器面板，通过改变面板上的参数来改变电路输入状态或查看电路仿真结果，如改变信号发生器的输出波形、幅度和频率等来改变电路的输入状态，用户也可以查看它的仿真结果，如查看万用表上的指示值，查看示波器上的波形等。

EWB 中的仪器是非常直观的，其仪器面板几乎和我们平时所用的仪器一样，用户会发觉这些仪器比实际使用中的那些仪器还要好用，比如示波器，它不仅无需进行同步调整，而且它还有波形记忆功能，用户可以随时查看仿真过程中任一时该的输出波形。

当电路中有使用到如示波器或扫频仪等仪器时，按下工具栏上的分析按钮就会弹出如下图所示的 ANALYSIS GRAPHS 窗口，用户可以清楚地看到电路中的波形状态。当仿真时间很长时，整个仿真过程的波形会都存在屏幕上，此时波形可能看不清楚，但用户可以用鼠标从该屏幕上拉出一小块窗口，则选定区域就会放大到整个窗口。

7. 仿真出错处理：

当电路有问题时，EWB 仿真过程中会产生出错信息，并出现在 ANALYSIS GRAPHS 窗口上，用户可从出错信息中找到出错原因和故障所在，再修改电路或



参数，改完后再进行仿真，直到正确为止。用户也可以在仿真的同时对电路参数进行修改，此时电路的状态和输出波形也会动态随之更改。

PADS 软件使用介绍(一)

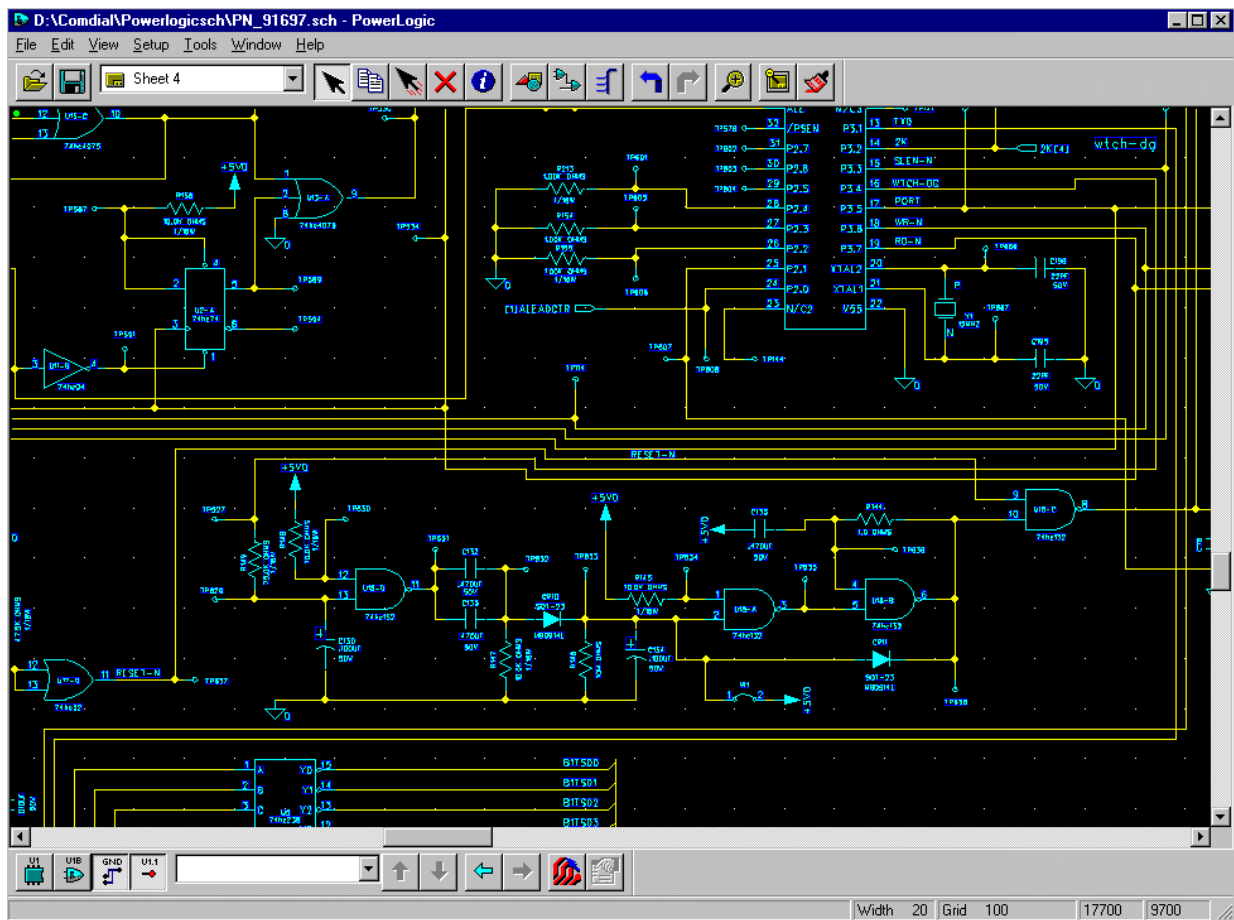
作者：PADS

进入九十年代以来，电子技术高速发展，新技术、新工艺的不断涌现，使得EDA的范围在不断地扩大。PADS软件是在PCB设计和分析领域市场占有率很高的EDA软件，目前在国内的使用人数也日渐增多，本文对PADS软件的使用作一全面介绍。

PADS软件运行在Windows 95、98、ME和NT操作环境中，其使用介绍如下：

一、原理图输入工具

PADS - PowerLogic



界面与操作方法：运行于Windows95和Windows NT环境下。具有Windows标准的图形界面，支持标准的Windows操作方式，具有命令行和通配符、层次化的菜单、功能键、工具箱、状态栏等操作方法；可以对所选对象进行多重选择、移动、拷贝、镜像、旋转和粘贴；可定义并保存用户宏命令，便于完成重复操作；用缩放(Zoom)、光标键、滚动条、微缩指示图等工具控制视图；具有Redo/Undo功能，以便恢复错误的操作过程。可定义设计元素的显示颜色和尺寸等参数；具有完整的在线帮助系统。

数据库：采用分辨率为2 mil精度的数据库；可完成多达128页原理图和16,384根电气连接线的大规模设计；支持各种图纸规格，并可真正实现多幅图纸的同时调入、单文件作业保存；可实现多图页之间的查找、切换和设计检查，并可以文本格式保存设计以及设计作业合并；可进行设计作业的自动备份，并可定义备份时间间隔。可以由用户定义元器件的各种属性。

设计方法：采用平面分图和自顶向下的层次设计方法，并可进行混合应用；可定义有层次的宏器件，并逐步细化至板级元器件原理图，以完成复杂的电子系统设计。设计环境中嵌入了Sax Basic Engine，用户可以

根据自己的需要定制自己的设计和输出。

— 电原理路绘制：放置元器件时可自动进行器件编号，并可定义编号内容和方法；可实现元器件的拷贝、移动、旋转、镜像和在线切换器件封装形式；绘制电气连接线时，自动捕获并对中管脚；自动添加连接节点；自动添加电源和接地符号，可由用户定义多种电源、地线和页面之间连接符号；自动避免回路和不同网络连接；支持任意角度绘图；支持总线、分支形总线和任何复杂总线的定义；具有在线设计安全性检查，对于引起网络特性变化的操作，自动给出提示；进行移动、删除操作时，相关元素自动跟随和延伸而不会间断；进行移动、拷贝、删除、编辑等操作时自动识别元素类型并进行相应功能的操作，实现单命令操作。

— 绘图：可用文字、二维线(2D-Line)作出任意复杂的图形和边框，具有角度、半径、长度和镜像等指示，并可存入线形库内，以便日后调用；支持汉字输入和标注。

— 设计工程变更：对原理图或PCB版图所进行的修改，如增加或删除元器件、网络；门和管脚交换；元器件编号重新排列等作出记录，并实现双向对应修改，保证设计的一致性和安全性。

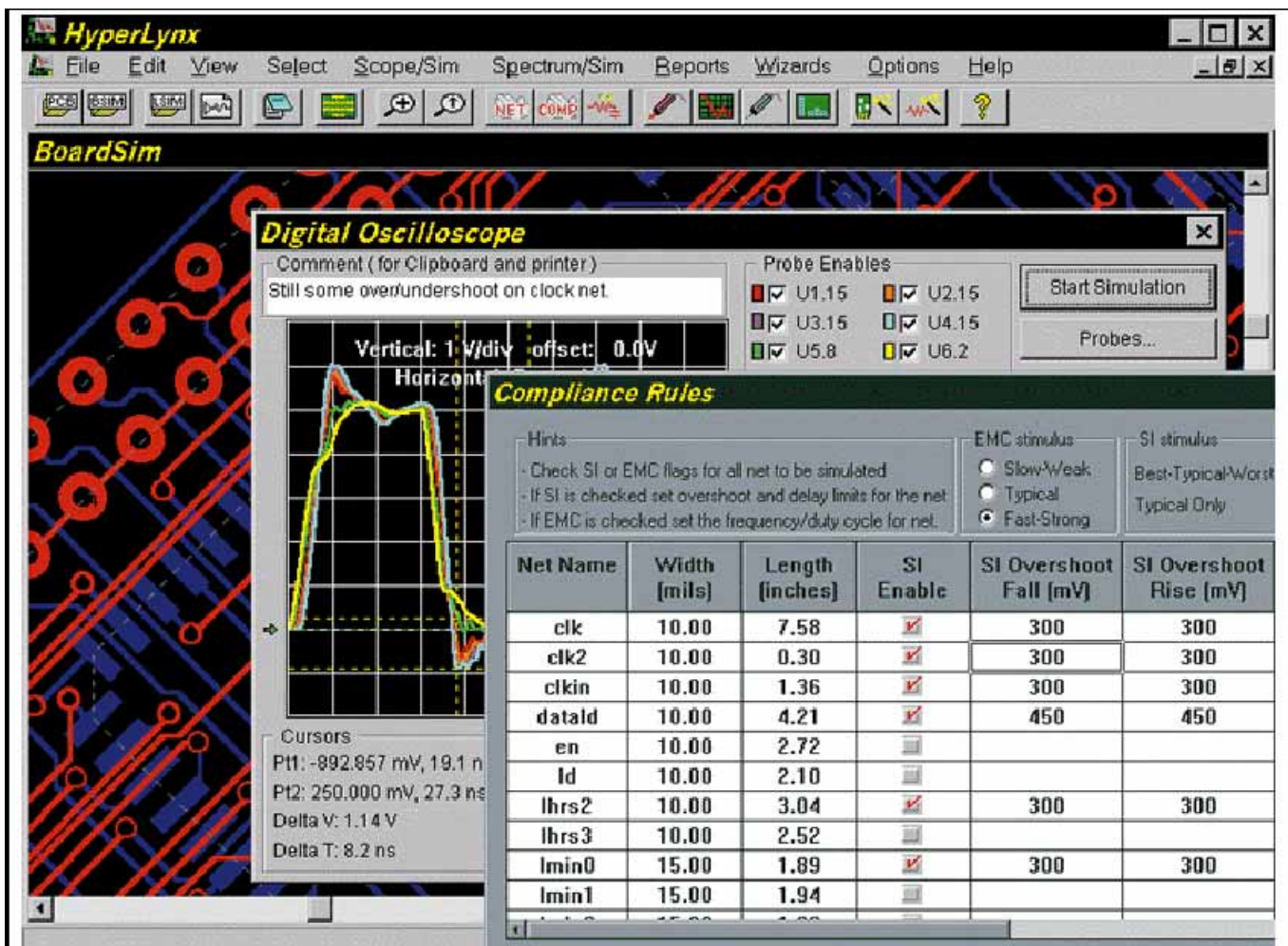
— 元器件库：采用数值化和图形化混合建库方法，可根据管脚数自动生成封装；可定义门、管脚的类型和可交换信息；支持字母管脚编号；可定义一个元器件多个门、复杂的门和元器件的多种封装形式；可实现元器件的再线编辑，并可进行快速浏览、查找；可产生库内容的列表；支持以文本方式输入/输出元器件；与PCB系统实现库共享。缺省提供多达6MB容量的标准库。

— 检查与报告：具有高亮网络、查询网络和元器件状态等热键功能；可产生元器件列表、设计规模统计、元器件状态表、网络状态表、网络表(Net List)、未用信息表、页面连接符表等完整的输出报告。

— 绘图输出：支持各种打印机、绘图机、光绘机；可进行在线和脱机两种方式的高速输出。

二、布局局 / 布线前信号完整性分析、电磁兼容分析和串扰分析

信号完整性分析(LineSim)



LineSim 是 PCB 布局 / 布线设计前进行门特性、传输线特性、信号完整性分析工具。它具有 Windows 标准的图形用户界面和完整的在线帮助系统(On-line Help);支持标准的 Windows 图形剪贴板;在布局 / 布线之前提供布局 / 布线指导。

门特性：可选择和定义元器件的物理模型。

传输线特性：可定义传输线长度、延时和阻抗。

信号激励：可提供上升沿、下降沿、频率和占空比可调的方波激励信号。

PCB 板模型：可定义 PCB 板各信号层和介质层的参数。

电磁兼容性分析(LineSim EMI)

根据根据元器件的输入 / 输出管脚特性, LineSim EMC 自动对信号进行时域上的计算和仿真, 分析传输线、门特性对系统时序及信号质量的影响。通过加在被分析网络上各点的多通道波形显示器观察过冲、下冲、扰动和振荡等现象。

LineSim EMC 的时域波形显示器支持对数坐标和线性坐标。

模型与输入: LineSim EMC 无需前端设计工具, 可直接用图形输入法建立仿真分析模型。

LineSim EMC 支持 IBIS 标准的元器件模型。

LineSim EMC 自动将信号仿真结果通过频谱分析仪在频域上进行变换和映射。可提供上升沿、下降沿、频率和占空比可调的方波激励信号, 可定义射频分析中心频率和带宽。LineSim EMC 通过分析结果迅速侦探出设计中存在的电磁兼容性问题。LineSim EMC 的频域波形显示器支持对数坐标和线性坐标。

串扰分析工具(LineSim Crosstalk)

LineSim Corsstalk 采用内置的电磁场分析工具和耦合方式模拟仿真器, 可以进行多个高速信号之间的串扰分析。既可以进行正向的串扰分析, 也可以进行反向的串扰分析。

三、PCB 布局 / 布线设计工具

PowerPCB 设计平台

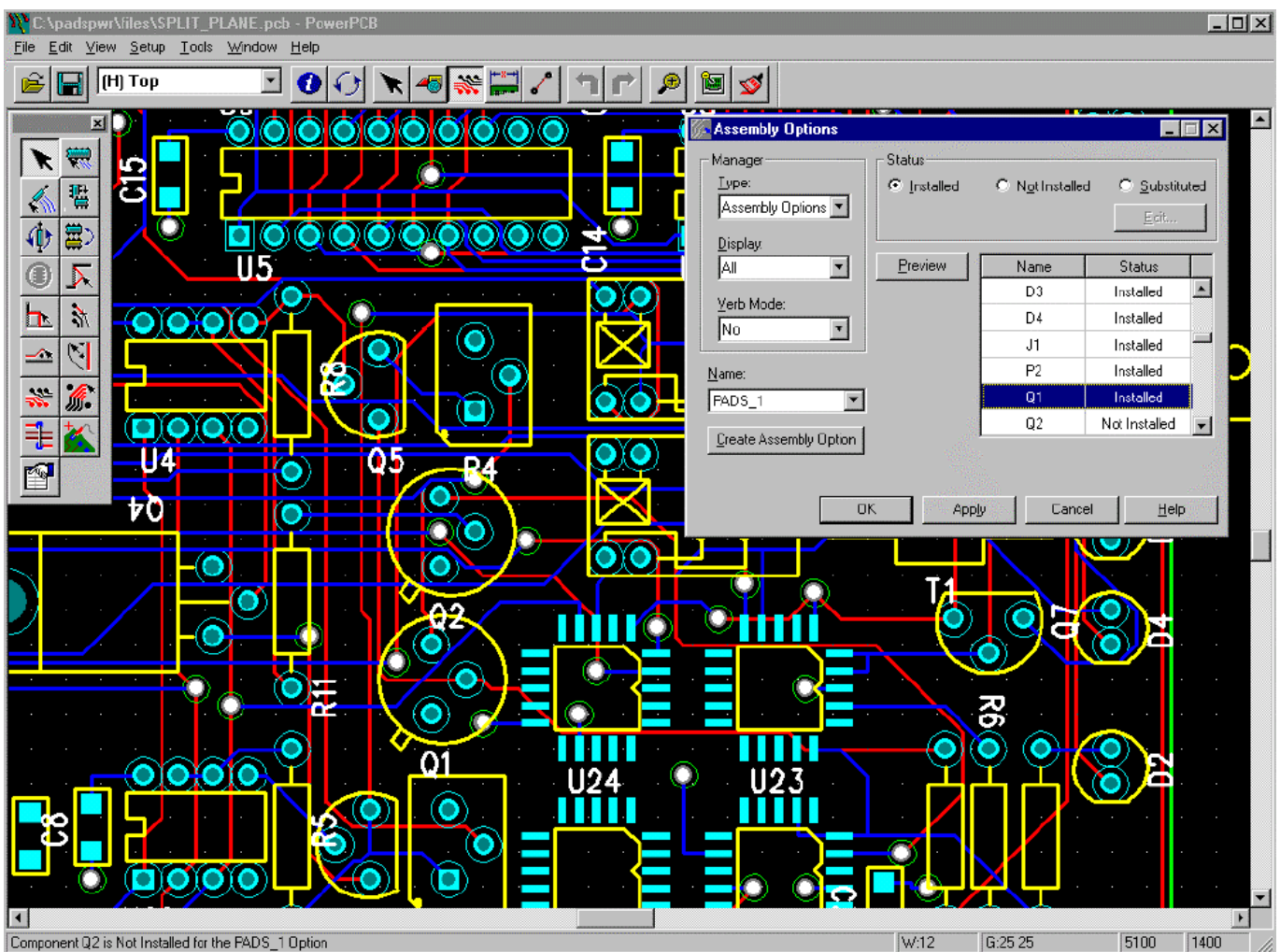
图形界面与操作方法: 具有标准的 Windows 图形用户界面; 面向目标的数据库和操作方法; 支持被选元素的多重选择、移动、拷贝、Windows 图形剪贴板的剪切拷贝和粘贴、命令行通配符、被选元素过滤器; 采用菜单、工具箱、状态条、热键命令等多种操作方式; 具有完整的在线帮助系统; 可定义用户宏命令, 便于完成重复操作; 多重 Undo / ReDo 功能便于恢复误操作。

数据库: 采用以外形为基础(Shape-Base)的描述方法; 系统最小数据单位为 0.01mil; 实现以外形为基础无网格、面向对象数据库; 数据库具有亚微米分辨率的设计精度, 能够使用 mil、毫米和英寸三种进行设计, 并可自动进行数据转换, 且换算精度都在 0.01mm 以内; 可采用坐标值输入进行精确定位; 系统具有自动定时备份功能, 并可由用户定义备份文件的数量、名称和时间间隔。

视图控制: 用放大镜、Zoom、光标键、滚动条和微缩指示图等工具控制视图, 可指示缩放比例; 可定义多个视图, 以便于反复查看; 可定义网络显示属性、显示颜色; 设计元素的显示颜色多达 256 色, 支持 Windows 调色板进行自定义显示颜色; 可显示钻孔孔径。

设计方法: 采用规则驱动的设计方法。通过对 PowerPCB 基本规则集和扩展规则集(选件) 的设置, 将导线的线宽以及线宽的最小值和最大值定义、各类元素间的间距、布线方式(星形布线和链式布线、布线顺序、过孔以及埋孔和盲孔定义等)、高速电路布线规则(线间平行长度、信号屏蔽、布线延时、分布电容和对地电阻等参数定义)、PCB 电特性参数等内容进行设置, 并将这些参数传递到 PCB 布线设计中, 对布线进行约束设计, 以保证快速准确地完成高速电路的设计。设计环境中嵌入了 Sax Basic Engine, 用户可以根据自己的需要定制自己的设计和输出。

布局: 使用 Find 工具进行元器件的迅速查找、多重选择和顺序移动; 具有元器件的自动推挤、自动排齐、器件位置互换、任意角度旋转、极坐标方式布局在线切换 PCB 封装、镜像、粘贴等功能, 元器件移动时动态飞线重连、相关网络自动高亮、指示最佳位置和最短路径, 飞线长度优化工具指示每次飞线重连后的长度优化比率; 支持 ECL 布线; 通过打开原理图设计工具(PADS -PowerLogic 或 ViewLogic-ViewDraw), 在 OLE 环境下利用原理图进行元器件布局。



布线：利用鼠标手动牵引布线，支持45度、90度和任意角度(0.001°)布线，自动添加任意圆弧以及导线和圆弧的平滑连接；交互式全自动布线（管脚间自动布线）；自动的有过孔或无过孔结束布线；布线时网络自动高亮；动态飞线重连时指示最短布线路径；支持T型、环路、SMD布线；重新布线时，自动删除原布线具有布线拷贝功能，并可自动重复相同形状布线；支持多种过孔以及支持埋孔和盲孔；可实现测试点自动添加；通过网络属性将焊盘、导线和过孔有机地连接在一起，移动时自动延伸和跟随，不会间断；最大布线层数达30层；可自动完成多层板电源层或地线层；在修改布线线宽时应遵循约束规则；采用覆铜方式可实现任意形状布线，并具有网络特性，特别实用于模拟电路设计；自动将90度角转换为45度倒角或圆弧倒角，并可移动倒角大小或恢复成90度角。

绘图：可输入文字和二维线(2D-Line)，可用二维线作出任意复杂图形；自动产生45度倒角或圆弧倒角，并有角度、半径、长度和镜像指示；可自动测量任意两点间直线距离和X、Y方向上的距离。可在PCB图中直接标注汉字。

智能覆铜：可定义任意复杂形状的覆铜区、覆铜规则以及网络特性，自动生成屏蔽区，自动热焊盘连接(Thermal)到指定的屏蔽网络，与其它网络自动避让；可定义覆铜填充形状和最小覆铜区域。

设计工程变更：对原理图或PCB版图所进行的修改，如增加或删除元器件、网络；门和管脚交换；元器件编号重新排列等作出记录，并实现双向对应修改，保证设计的一致性和安全性。

元器件库：采用数值化建库工具 Wizard，只需通过输入尺寸参数，即可自动建立DIP、QFP和PLCC等器件的封装图形，这些建库工作都是在瞬间完成并在线浏览；亚微米精度公英混合制保证在全部建库过程中的误差在0.01mil以内；支持圆焊盘、方焊盘、椭圆焊盘、长方形焊盘、环形焊盘和丁字形焊盘，并可支持偏心焊盘，可定义任意复杂形状的焊盘，并可自动重复放置焊盘；支持字母管脚；增加或删减焊盘时，

自动编排管脚序号；可实现器件在线编辑，对器件的电参数进行编辑并与原理图共享。缺省提供多达 15MB 容量各大元器件厂商的器件库，封装形式包括 DIP、QFP、PGA 和 PLCC 等。

_ 检查和报告：可进行全部或部分的设计规则检查、多层板电源或地检查、断线检查、与原理图网表对应检查，在错误位置显示不同标记并有文字解释；能自动寻找错误位置并将视图移至屏幕中心，方便修改；可自动产生元器件清单、设计规模报告、设计状态表、网络表、测试点报告等标准文档，并可定义报告内容和格式。

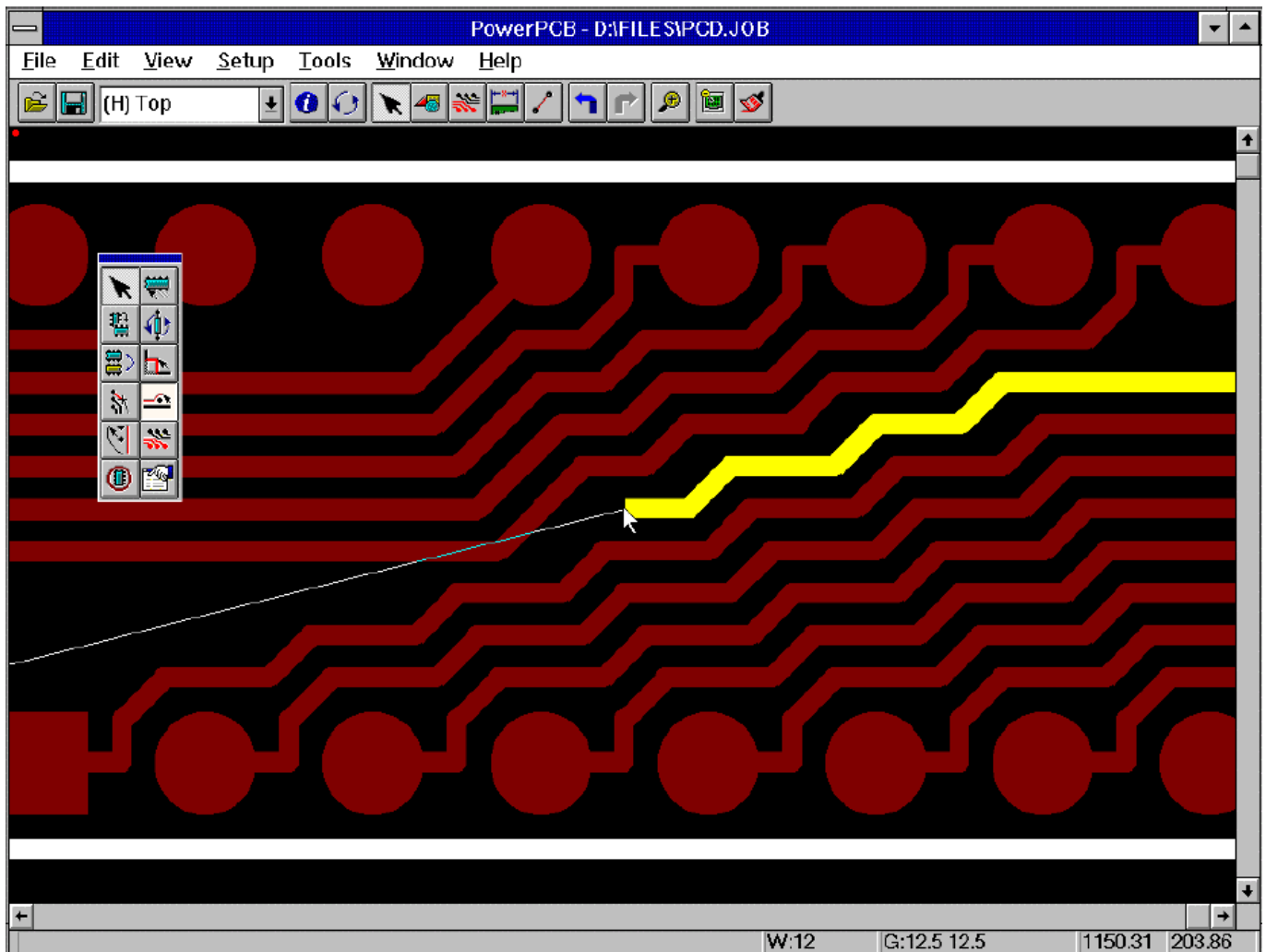
_ CAM：支持各类打印机、绘图机、光绘机和数控钻床，产生 PCB 设计所需各类文档和加工数据，并可进行在线预览，保证 PCB 制造的准确无误，可实现在线和脱机两种方式的高速打印输出。

在线设计规则检查(On-line DRC)

在线设计规则检查(On-line DRC)能够对 PowerPCB 基本规则集和扩展规则集中所定义的有关线宽、间距、层以及过孔的规则进行在线设计规则检查：即在布局布线过程中对设计进行实时约束，从而保证了设计的每一步都能达到预期的要求；可在布局时自动防止器件重叠或过近；在布线时防止焊盘重叠或过近；自动避免非同名网络粘连、交叉以及其它间距错误的发生。在线设计规则检查可缩短完成布线后进行 Batch DRC 时出错再修改的时间。

在线设计规则检查(On-line DRC)状态下，可使用平滑(Smooth)优化功能，自动将所选择的一条、多条或一个区域内的导线按照多种方式(45度、90度或任意角度)进行重布或路径优化等平滑处理，以消除不必要的冗余线路并美化线形。

在线设计规则检查(On-line DRC)可在 Prevent 实时作用、Warn 给出告警和 Ignore 忽略规则错误等三种模式下工作，并可自由切换。在 Prevent 模式下，系统将拒绝执行违反设计规则的操作；在 Warn



模式下，系统将对违反设计规则的操作给出警告；使用 Ignore 模式，系统将忽略 DRC 错误。

动态布线编辑器(Dynamic Route Editor)

动态布线编辑器(DRE)使用无网格(Gridless)和以外形为基础(Shape Base)的布线技术，系统最小栅格可定义为 0.01mil。使用 DRE 布线时自动进行在线设计规则检查(On-line DRC)，并可用鼠标牵引动态进行自动绕过障碍物的布线，动态推挤其它网络和过孔，以开辟新的布线路径，遵守预先定义的设计规则，从而避免了手工布线时寻找路径、拆线、重新布线等一系列复杂过程；可实现 45 度、90 度和任意角度动态布线；可使用草图法(Sketch)用鼠标给出布线路径进行重新布线，并自动优化布线路径。动态布线编辑器的总线布线(Bus Route)功能，将一组总线以某一根导线为指导进行一组线的同时动态布线，并可以同时添加过孔同时并举完成布线。

DRE 特别适合于高密度、复杂规则、SMD/QFP/PLCC 封装器件、总线布线和 LCD 布线以及布线设计修改，并具有 On-line DRC 的全部功能。

簇布局工具(Cluster Placement)

簇布局工具(Cluster Placement)是一个交互的或全自动的多遍无矩阵布局器，它采用概念定义、交互操作和智能识别等方法，用以实现大规模、高密度和复杂电路的设计，以及大量采用表面安装器件(SMD)和 PGA 器件设计的自动布局。

概念定义：单元(Unions)：元器件位置相对固定的器件组合，如集成电路芯片与滤波电容。智能簇布局器允许人工定义单元以及模板，并能根据模板自动定义所有相似单元。单元具有整体性。

簇(Cluster)：以元器件、单元和簇(子簇)为元素的集合。如一个功能模块内的所有集成电路芯片和电阻、电容等离散器件的组合。簇的特点是具有精密的不可分隔的电气和逻辑关系，并完成某一特定的功能。表现为簇内元素彼此之间的连线繁多，而簇间连线较单一。智能簇布局器允许人工定义簇的种子元素，并可根据种子元素以半自动或自动的方式编辑定义一个簇。同时，智能簇布局器也提供了全自动建立簇的手段。簇有强、弱之分。簇具有整体性。

禁布区：用封闭的禁布线实现在某层或全部平面上布局禁布区。

元素的状态：元素由单元、簇和器件组成。可将元素做粘贴、旋转和镜像处理。

元素的延伸范围：可定义元素的延伸范围，从而确定元素间在布局时应保持的距离。

智能簇布局器是一个交互式 / 全自动多遍无矩阵布局器。可进行半自动或全自动的概念定义和布局操作，可人工、半自动或全自动地进行簇的布局、子簇的布局，打开簇进行单元和器件的布局和调整，以及布局优化等工作，也可单独使用其中的某一遍或几遍、反复调整，使布局效果最佳。智能簇布局器还具有复杂的可定义参数策略，完善的当前操作相关状态指示和动态飞线指示用以控制布局器达到最佳布局效果。智能布局器模拟人的思维方式并考虑将来的布线工作，作出最佳的布局调整，尤其适合大规模、高密度电子设计。

扩展规则集(Extended Rules Set)

PowerPCB 扩展规则集(ERS)将 PowerPCB 基本规则集(缺省和网络)扩展为支持 Class 类(网络的集合)、PinPair 管脚对和 Group 组(管脚对的集合)规则。这些规则仍分为 Clearance(间距阵列)、Routing(布线方法)和 Hi-Speed(高速电路规则)三个部分。另外，ERS 同时还提供条件控制规则(Conditional Rules)和不同网络和管脚对规则(Differential Pair)。这样，ERS 将 PowerPCB 的设计约束规则扩展到 30 个层次的规则集。

条件控制规则的含义是将 PinPair、Group、Net、Class 和 Default 等层次之间在 Layer(层)上进行约束：若源层次与对比层次在指定层次上相遇，则源层需遵循重新定义的间距和高速设计规则。不同网络和管脚对规则定义了不同网络和管脚对之间所能平行布线的长度范围和距离。ERS 为高速电路和复杂电路设计提供了更为完善的约束设计手段。

模拟电路设计工具(Analog Tool Kit)

模拟电路设计工具(ATK)提供了用于模拟电路设计和单面板设计强有力的能力。ATK 支持导线 45 度、90 度和任意角度布线，支持任意圆弧以及直线和圆弧的光滑连接；ATK 支持泪滴焊盘，并可对泪滴焊盘进行形状和大小编辑；ATK 支持单面布线，可自动增加跳线(Jumper)并自动产生丝印标记，跳线的长度可以直接进行控制；极坐标方式的元器件布局(Radial Array Placement)。(待续)

模拟开关介绍与应用

作者：萧华

模拟开关是一种三稳态电路，它可以根据选通端的电平，决定输入端与输出端的状态。当选通端处在选通状态时，输出端的状态取决于输入端的状态；当选通端处于截止状态时，则不管输入端电平如何，输出端都呈高阻状态。模拟开关在电子设备中主要起接通信号或断开信号的作用。由于模拟开关具有功耗低、速度快、无机械触点、体积小和使用寿命长等特点，因而，在自动控制系统和计算机中得到了广泛应用。

一、模拟开关的电路组成及工作原理

模拟开关电路由两个或非门、两个场效应管及一个非门组成，如图一所示。模拟开关的真值表见表一。

表一

E	A	B
1	0	0
1	1	1
0	0	高阻状态
0	1	高阻状态

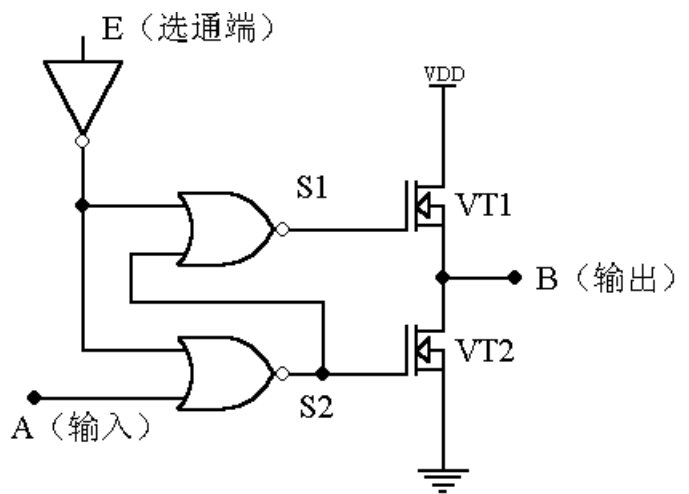
模拟开关的工作原理如下：

当选通端E和输入端A同为1时，则S2端为0，S1端为1，这时VT1导通，VT2截止，输出端B输出为1，A=B，相当于输入端和输出端接通。

当选通E为0时，而输入端A为0时，则S2端为1，S1端为0，这时VT1截止，VT2导通，输出端B为0，A=B，也相当于输入端和输出端接通。

当选通端E为0时，这时VT1和VT2均为截止状态，电路输出呈高阻状态。

从上面的分析可以看出，只有当选通端E为高电平时，模拟开关才会被接通，此时可从A向B传送信息；当输入端A为低电平时，模拟开关关闭，停止传送信息。



图一

二、常用的CMOS模拟开关集成电路

根据电路的特性和集成度的不同，MOS模拟开关集成电路可分为很多种类。现将常用的模拟开关集成电路的型号、名称及特性列入表二中。

表二 常用的模拟开关

类别	型号	名称	特点
模拟开关	CD4066	四双向模拟开关	四组独立开关，双向传输
多路模拟开关	CD4051	8选1模拟开关	电平位移，双向传输，地址选择
	CD4052	双4选1模拟开关	电平位移，双向传输，地址选择

CD4053	三路2组双向模拟开关	电平位移, 双向传输, 地址选择
CD4067	单16通道模拟开关	电平位移, 双向传输, 地址选择
CD4097	双8通道电路模拟开关	电平位移, 双向传输, 地址选择
CD4529	双四路或单八路模拟开关	电平位移, 双向传输, 地址选择

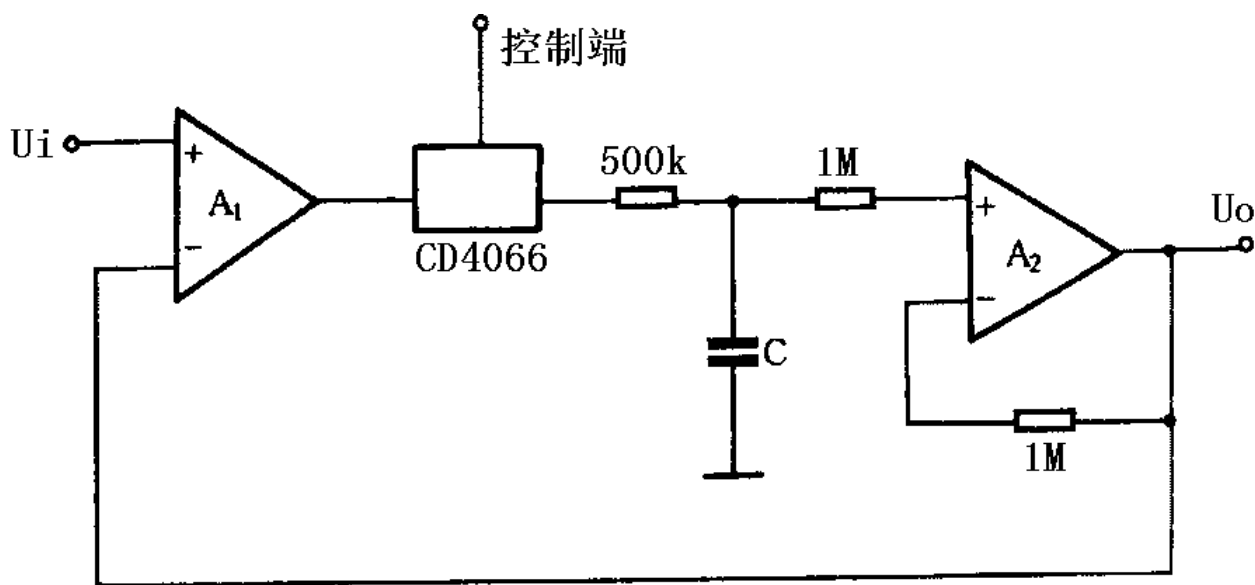
三、CD4066 模拟开关集成电路的应用举例

CD4066 是一种双向模拟开关, 在集成电路内有 4 个独立的能控制数字及模拟信号传送的模拟开关。每个开关有一个输入端和一个输出端, 它们可以互换使用, 还有一个选通端 (又称控制端), 当选通端为高电平时, 开关导通; 当选通端为低电平时, 开关截止。使用时选通端是不允许悬空的。

下面介绍 CD4066 模拟开关的两个应用实例。

1. 采样信号保持电路

采样信号保持电路如图二所示。



图二 采样信号保持电路

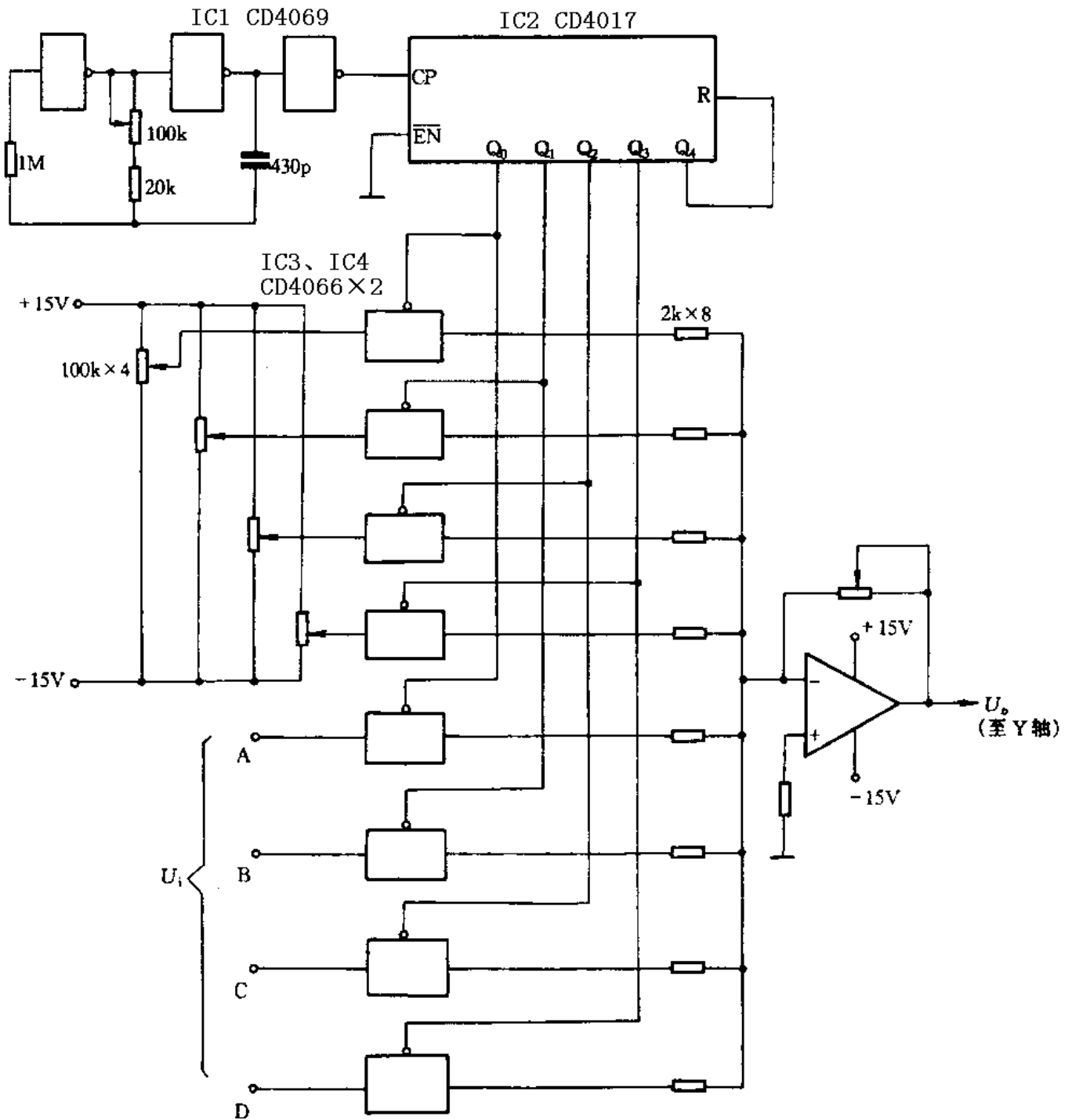
模拟信号 U_i 从运算放大器的同相输入端输入。当模拟开关控制端为高电平时, 模拟开关导通, 电容 C 被充电至 U_i , 这个过程叫做输入信号的采样。当采样结束时, 使模拟开关控制端为低电平, 模拟开关断开。由于模拟开关断开时的电阻高达 100M 以上, 且运放 A_2 的输入阻抗也极高, 故电容 C 上可以保持采样信号。

2. 四路信号交替显示装置

一般的单线示波器只能显示一路连续信号, 如果使用该装置, 便能够用单线示波器同时显示出四路连续信号, 在需要对不同信号的时间关系进行比较时, 是十分方便的。

图三是该装置的电路图, 它采用 CD4017 计数器和振荡器组成四节拍电路, 控制两个 CD4066 内的 4 对模拟开关, 使其依次导通。在每一对模拟开关上, 分别加有可调直流电平和一路输入信

号，当模拟开关的选通端为高电平1时，模拟开关导通，直流电平和输入信号则经运算放大器反相求和后送到示波器的Y轴输入端。由于四路信号对应不同的直流电平，所以在示波器上将四路信号上下分开。虽然四对模拟开关是受计数器的Q0、Q1、Q2、Q3输出端控制的，它们依次一个个地导通或截止，但由于振荡器的振荡频率较高，使人眼感觉不到波形的闪烁。



图三 四路信号交替显示装置电路图

手机 SIM 卡相关知识

作者：李捷

移动电话机与 SIM 卡共同构成移动通信终端设备。无论是 GSM 系统还是 CDMA 系统，数字移动电话机用户在“入网”时会得到一张 SIM 卡或 UIM 卡，SIM 卡或 UIM 卡是“用户识别模块”的意思。

SIM 卡上存储了所有属于本用户的信息和各种数据，使用 GSM 标准移动台都要插入 SIM 卡。每一张 SIM 卡对应一个移动用户电话号码。现行网络运营商提供的号码都是 11 位的，如 13615040138、13032566168 等。SIM 卡的应用，使移动电话机不固定地“属于”一个用户，一个移动用户用自己的 SIM 卡可以使用任何不同的移动电话机，实现“移动电话机号码随卡不随机的功能”。若将别人的“SIM”卡插进移动电话机打电话，营业部门只收该卡产权用户的话费，换句话说，就是插谁的卡打电话，就收谁的费。GSM 系统是通过 SIM 卡来识别 GSM 移动电话机用户，而不是靠移动电话机来识别用户，实现了“认人不认机”的构想。只有在处理异常的紧急呼叫（如拨打 112）时可以不插入 SIM 卡操作移动电话机。维修者也可以在无卡的情况下，通过拨打“112”来判断移动电话机发射是否正常。

SIM 卡中的各种数据不是一成不变的，它与 GSM 系统的发展同步，分阶段地增强新特性、新功能，逐步完善。

1、SIM 卡的内容

SIM 卡是一张符合 GSM 规范的“智慧”卡，它内部包含了与用户有关的、被存储在用户这一方的信息，它内部保存的数据可以归纳为以下四种类型。

（1）由 SIM 卡生产商存入的系统原始数据，如生产厂商代码、生产序号、SIM 卡资源配置数据等基本参数。

（2）由 GSM 网络运营商写入的 SIM 卡所属网络与用户有关的、被存储在用户这一方的网络参数和用户数据等，包括：

鉴权和加密信息 K_i （ K_c 算法输入参数之一：密钥号）；

国际移动用户号（IMSI）；

A3，IMSI 认证算法；

A5，加密密钥生成算法；

A8，密钥（ K_c ）生成前，用户密钥（ K_c ）生成算法；

移动电话机用户号码、呼叫限制信息等。

（3）由用户自己存入的数据。如缩位拨号信息、电话号码簿、移动电话机通信状态设置等。

（4）用户在使用 SIM 卡过程中自动存入及更新的网络接续和用户信息。如临时移动台识别码（TMSI）、区域识别码（LAI）、密钥（ K_c ）等。上面第一类属永久数据，第二类数据只

有 GSM 网络运营商才能查阅和更新。

SIM 卡分为“大卡”和“小卡”，大卡尺寸 54mm × 84mm（约为名片大小），小卡尺寸为 25mm × 15mm（比普通邮票还要小）。其实“大卡”上面真正起作用的还是它上面的一张“小卡”。目前国内流行样式是“小卡”，小卡也可以换成大卡，只要购买个卡托就可以了。大卡只在部分摩托罗拉移动电话机中使用。

个人识别码（PIN）是 SIM 卡内部的一个存储单元，PIN 密码锁定的是 SIM 卡。若将 PIN 密码设置开启，则该卡无论放入任何移动电话机，每次开机均要求输入 PIN 密码，密码正确后，才可进入 GSM 网络。若错误地输入 PIN 码 3 次，将会导致“锁卡”的现象，此时只要在移动电话机键盘上输入一串阿拉伯数字（PUK 码，即帕克码），就可以解锁。但是用户一般不知道 PUK 码。要特别注意：如果尝试输入 10 次仍未解锁，就会“烧卡”，就必须再去买张新卡了。设置 PIN 可防止 SIM 卡未经授权而被使用。

SIM 卡在一部移动电话机上可以用而在另一部移动电话机上不能用，有可能是因为在移动电话机中已经设置了“用户限制”功能。这时可通过用户控制码（SPCK）取消该移动电话机的限制功能。例如，三星 600、摩托罗拉 T2688 等机型，移动电话机的“保密菜单”可进行 SIM 卡限定设置，即设置后的移动电话机只能使用限定的 SIM 卡。设置后的移动电话机换用其他 SIM 卡时会被要求输入密码，密码输入正确方可进入网络。如果密码忘记，则只能用软件故障维修仪重写移动电话机“码片”进行解锁。而设置后的 SIM 卡能在其他移动电话机中正常使用，不会提问密码，即“用户限制”功能用密码锁定的是移动电话机。

在我国，有一些移动电话机生产商或经销商，把移动电话机与“中国移动”或“中国联通”的 SIM 卡做了捆绑销售（价格相对较便宜），那么，移动电话机在使用时就只能使用“中国移动”或“中国联通”的 SIM 卡，这不是故障，而是使用了“网络限制”功能，即“锁网”。这时可通过 16 位网络控制码（NCK）来解除锁定，但需通过 GSM 网络运营商才能解决。

上述“PIN 码”、“用户限制”密码和“网络限制”密码均为不同的概念，同时与“话机锁”密码也不同。设置“话机锁”密码可防止移动电话机未经授权而使用。许多款移动电话机出厂时的话机锁密码为“1234”，也有是全“0”的等等。

2、SIM 卡的构造

SIM 卡是带有微处理器的芯片，包括五个模块，每个模块对应一个功能：微处理器、程序存储器、工作存储器、数据存储器 and 串行通信单元。最少有五个端口：电源；时钟；数据；复位；接地端。如图一所示为 SIM 卡触点端口功能。

SIM 卡座在移动电话机中提供移动电话机与 SIM 卡通信的接口，通过卡座上的弹簧片与 SIM 卡接触，如果弹簧片变形，会导致 SIM 卡故障，如显示“检查卡”、“插入卡”等。早期生产的移动电话机设有卡开关，卡开关是判断卡是否插入的检测点，如摩托罗拉 328 移动电话机，由于卡开关的机械动作，造成开关损坏的很多。现在新型的移动电话机已经将此去除了，通过数据的收

集来识别卡是否插入，减少了卡开关不到位或损坏造成的问题。

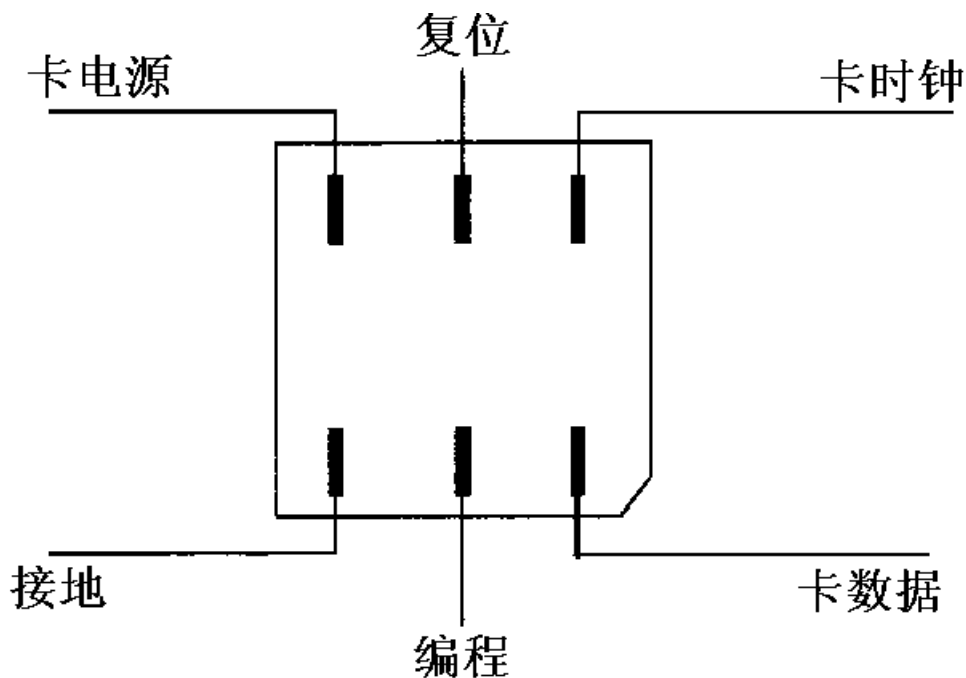
卡电路中的电源 SIMVCC、SIMGND 是卡电路工作的必要条件。卡电源用万用表就可以检测到。SIM 卡插入移动电话机后，电源端口提供电源给 SIM 卡内的单片机。检测 SIM 卡存在与否的信号只在开机瞬时产生，当开机检测不到 SIM 卡存在时，将提示“Insert Card (插入卡)”；如果检测 SIM 卡已存在，但机卡之间的通信不能实现，会显示“Check Card (检查卡)”；当 SIM 卡对开机检测信号没有响应时，移动电话机也会提示“Insert Card (插入卡)”。SIM 卡的供电分为 5V (1998 年前发行)、5V 与 3V 兼容、3V、1.8V 等，当然这些卡必须与相应的移动电话机配合使用，即移动电话机产生的 SIM 卡供电电压与该 SIM 卡所需的电压要匹配。

对于卡电路中的 SIM I/O、SIMCLK、SMRST，全部是由 CPU 的控制来实现的。虽然基站与网络之间的

数据沟通随时随地进行着，但确定哪个时刻数据沟通往往很难。有一点可以肯定，当移动电话机开机时刻与网络进行鉴权时必有数据沟通，这时尽管时间很短，但测量一定有数据，所以我们在判定卡电路故障时，在这个时隙上进行监测为最佳监测时间。正常开机的移动电话机，在 SIM 卡座上用示波器可以测量到 SIM I/O、SIMCLK、SIMRST 信号，它们一般是一个 3V 左右的脉冲。若测不到，说明 SIM 卡座供电开关管周边电阻、电容元件脱焊、SIM 卡座脱焊，也有可能是卡座接触不良，SIM 卡表面脏或使用废卡。使用 SIM 卡时要小心，不要用手去触摸上面的触点，以防止静电损坏，更不能折叠。如果 SIM 卡脏了，可用酒精棉球轻擦。

SIM 卡的存储容量有 3kB、8kB、16kB、32kB、64kB 等。STK 卡是 SIM 卡的一种，它能为移动电话机提供增值服务，如移动电话机银行等。

每当移动用户重新开机时，GSM 系统要自动鉴别 SIM 卡的合法性，GSM 网络的身份鉴权中心对 SIM 卡进行鉴权，即与移动电话机对一下“口令”，只有在系统认可之后，才为该移动用户提供服务。系统分配给用户一个临时号码 (TMSI) 在待机、通话中使用的仅为这个临时号码，这就增加了保密度。



图一 SIM卡触点功能

目前，网络运营商在用户入网时没有对移动电话机的国际移动设备识别码（IMEI 码）实行鉴别，如果实行鉴别，带机入网的用户数量可能会下降，不利于吸引更多的用户使用GSM移动电话机。

3、与SIM卡有关的其它知识

（1）国际移动设备识别码（IMEI 码）

在移动电话机背面标签上有一些代码，这些代码有其特殊的含义。首先是15位数字组成的国际移动设备识别码（IMEI 码），每部移动电话机出厂时设置的该号码是全世界唯一的，作为移动电话机本身的识别码，不仅标在机背的标签上，还以电子方式存储于移动电话机中，具体地说是在移动电话机电路板中的电可擦除存储器（EEPROM）中。IMEI 码各部分含义如下：

第1~6位数字：TAC（6位），型号批准号，由欧洲型号批准中心分配；

第7~8位数字：FAC（2），最后装配号码，表示生产厂家或最后装配所在地，由厂家进行编码；

第9~14位数字：SNR（6位），序号码，这个独立序号惟一地识别每个TAC和FAC中的每个移动设备；

第15位数字：SP（1位），备用，一般为0。

在移动电话机开机的状态下，甚至不需要插卡，从键盘上输入“*’“#’“0”“6”“#’，就会在屏幕上显示移动电话机中存储的IMEI码。

（2）开户管理

开户管理主要是在办理登记和购机时选定移动电话机号码。只有在运营商指定的业务处，或电信管理部门授权允许经营移动电话机的商业点购机，才给予办理入网登记手续，允许入网使用。但是目前各地市场对此有不同程度的放开。这虽然起到活跃市场，促进竞争的作用，但是也带来一些管理上的新问题。

（3）收费管理

收费管理目前分为开户入网收费和通话计费管理。开户入网费包括开户费和SIM卡费，不同的GSM网络运营商的此项费用价格也不同，而且和地区也有关。在归属区内拨打长途电话时，就应计入长途通话话费。当移动电话机处在漫游状态时，拨叫漫游区的电话用户需要收取漫游费，而拨打归属区内其他非当前服务区的长途电话还应计入长途通话费。国内运营商正考虑将通话计费实行单向收费，但具体实施的时间仍没有明确的安排。

场效应管的判别、检测与使用注意

作者：蓝调

一、用指针式万用表对场效应管进行判别

(1) 用测电阻法判别结型场效应管的电极

根据场效应管的PN结正、反向电阻值不一样的现象，可以判别出结型场效应管的三个电极。具体方法：将万用表拨在 $R \times 1k$ 档上，任选两个电极，分别测出其正、反向电阻值。当某两个电极的正、反向电阻值相等，且为几千欧姆时，则该两个电极分别是漏极D和源极S。因为对结型场效应管而言，漏极和源极可互换，剩下的电极肯定是栅极G。也可以将万用表的黑表笔（红表笔也行）任意接触一个电极，另一只表笔依次去接触其余的两个电极，测其电阻值。当出现两次测得的电阻值近似相等时，则黑表笔所接触的电极是栅极，其余两电极分别为漏极和源极。若两次测出的电阻值均很大，说明是PN结的反向，即都是反向电阻，可以判定是N沟道场效应管，且黑表笔接的是栅极；若两次测出的电阻值均很小，说明是正向PN结，即是正向电阻，判定为P沟道场效应管，黑表笔接的也是栅极。若不出现上述情况，可以调换黑、红表笔按上述方法进行测试，直到判别出栅极为止。

(2) 用测电阻法判别场效应管的好坏

测电阻法是用万用表测量场效应管的源极与漏极、栅极与源极、栅极与漏极、栅极G₁与栅极G₂之间的电阻值同场效应管手册标明的电阻值是否相符去判别管的好坏。具体方法：首先将万用表置于 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 档，测量源极S与漏极D之间的电阻，通常在几十欧到几千欧范围（在手册中可知，各种不同型号的管，其电阻值是各不相同的），如果测得阻值大于正常值，可能是由于内部接触不良；如果测得阻值是无穷大，可能是内部断极。然后把万用表置于 $R \times 10k$ 档，再测栅极G₁与G₂之间、栅极与源极、栅极与漏极之间的电阻值，当测得其各项电阻值均为无穷大，则说明管是正常的；若测得上述各阻值太小或为通路，则说明管是坏的。要注意，若两个栅极在管内断极，可用元件代换法进行检测。

(3) 用感应信号输入法估测场效应管的放大能力

具体方法：用万用表电阻的 $R \times 100$ 档，红表笔接源极S，黑表笔接漏极D，给场效应管加上1.5V的电源电压，此时表针指示出的漏源极间的电阻值。然后用手捏住结型场效应管的栅极G，将人体的感应电压信号加到栅极上。这样，由于管的放大作用，漏

源电压 V_{DS} 和漏极电流 I_b 都要发生变化，也就是漏源极间电阻发生了变化，由此可以观察到表针有较大幅度的摆动。如果手捏栅极表针摆动较小，说明管的放大能力较差；表针摆动较大，表明管的放大能力大；若表针不动，说明管是坏的。

根据上述方法，我们用万用表的 $R \times 100$ 档，测结型场效应管 3DJ2F。先将管的 G 极开路，测得漏源电阻 R_{DS} 为 600Ω ，用手捏住 G 极后，表针向左摆动，指示的电阻 R_{DS} 为 $12k \Omega$ ，表针摆动的幅度较大，说明该管是好的，并有较大的放大能力。

运用这种方法时要说明几点：首先，在测试场效应管用手捏住栅极时，万用表针可能向右摆动（电阻值减小），也可能向左摆动（电阻值增加）。这是由于人体感应的交流电压较高，而不同的场效应管用电阻档测量时的工作点可能不同（或者工作在饱和区或者在不饱和区）所致，试验表明，多数管的 R_{DS} 增大，即表针向左摆动；少数管的 R_{DS} 减小，使表针向右摆动。但无论表针摆动方向如何，只要表针摆动幅度较大，就说明管有较大的放大能力。第二，此方法对 MOS 场效应管也适用。但要注意，MOS 场效应管的输入电阻高，栅极 G 允许的感应电压不应过高，所以不要直接用手去捏栅极，必须用于握螺丝刀的绝缘柄，用金属杆去碰触栅极，以防止人体感应电荷直接加到栅极，引起栅极击穿。第三，每次测量完毕，应当 G-S 极间短路一下。这是因为 G-S 结电容上会充有少量电荷，建立起 V_{GS} 电压，造成再进行测量时表针可能不动，只有将 G-S 极间电荷短路放掉才行。

（4）用测电阻法判别无标志的场效应管

首先用测量电阻的方法找出两个有电阻值的管脚，也就是源极 S 和漏极 D，余下两个脚为第一栅极 G_1 和第二栅极 G_2 。把先用两表笔测的源极 S 与漏极 D 之间的电阻值记下来，对调表笔再测量一次，把其测得电阻值记下来，两次测得阻值较大的一次，黑表笔所接的电极为漏极 D；红表笔所接的为源极 S。用这种方法判别出来的 S、D 极，还可以用估测其管的放大能力的方法进行验证，即放大能力大的黑表笔所接的是 D 极；红表笔所接的是 S 极，两种方法检测结果均应一样。当确定了漏极 D、源极 S 的位置后，按 D、S 的对应位置装入电路，一般 G_1 、 G_2 也会依次对准位置，这就确定了两个栅极 G_1 、 G_2 的位置，从而就确定了 D、S、 G_1 、 G_2 管脚的顺序。

（5）用测反向电阻值的变化判断跨导的大小

对 V MOS N 沟道增强型场效应管测量跨导性能时，可用红表笔接源极 S、黑表笔接漏极 D，这就相当于在源、漏极之间加了一个反向电压。此时栅极是开路的，管的反向电阻值是很不稳定的。将万用表的欧姆档选在 $R \times 10k \Omega$ 的高阻档，此时表内电压较高。

当用手接触栅极G时，会发现管的反向电阻值有明显地变化，其变化越大，说明管的跨导值越高；如果被测管的跨导很小，用此法测时，反向阻值变化不大。

二、场效应管的使用注意事项

- (1) 为了安全使用场效应管，在线路的设计中不能超过管的耗散功率，最大漏源电压、最大栅源电压和最大电流等参数的极限值。
- (2) 各类型场效应管在使用时，都要严格按照要求的偏置接入电路中，要遵守场效应管偏置的极性。如结型场效应管栅源漏之间是PN结，N沟道管栅极不能加正偏压；P沟道管栅极不能加负偏压，等等。
- (3) MOS场效应管由于输入阻抗极高，所以在运输、贮藏中必须将引出脚短路，要用金属屏蔽包装，以防止外来感应电势将栅极击穿。尤其要注意，不能将MOS场效应管放入塑料盒子内，保存时最好放在金属盒内，同时也要注意管的防潮。
- (4) 为了防止场效应管栅极感应击穿，要求一切测试仪器、工作台、电烙铁、线路本身都必须有良好的接地；管脚在焊接时，先焊源极；在连入电路之前，管的全部引线端保持互相短接状态，焊接完后才把短接材料去掉；从元器件架上取下管时，应以适当的方式确保人体接地如采用接地环等；当然，如果能采用先进的气热型电烙铁，焊接场效应管是比较方便的，并且确保安全；在未关断电源时，绝对不可以把管插入电路或从电路中拔出。以上安全措施在使用场效应管时必须注意。
- (5) 在安装场效应管时，注意安装的位置要尽量避免靠近发热元件；为了防管件振动，有必要将管壳体紧固起来；管脚引线在弯曲时，应当大于根部尺寸5毫米处进行，以防止弯断管脚和引起漏气等。

对于功率型场效应管，要有良好的散热条件。因为功率型场效应管在高负荷条件下运用，必须设计足够的散热器，确保壳体温度不超过额定值，使器件长期稳定可靠地工作。

总之，确保场效应管安全使用，要注意的事项是多种多样，采取的安全措施也是各种各样，广大的专业技术人员，特别是广大的电子爱好者，都要根据自己的实际情况出发，采取切实可行的办法，安全有效地用好场效应管。

印制线路板设计经验点滴

作者：小麟

1. 板的布局：

1.1 印制线路板上的元器件放置的通常顺序：

1.1.1 放置与结构有紧密配合的固定位置的元器件，如电源插座、指示灯、开关、连接件之类，这些器件放置好后用软件的 LOCK 功能将其锁定，使之以后不会被误移动；

1.1.2 放置线路上的特殊元件和大的元器件，如发热元件、变压器、IC 等；

1.1.3 放置小器件。

1.2 元器件离板边缘的距离：可能的话所有的元器件均放置在离板的边缘 3mm 以内或至少大于板厚，这是由于在大批量生产的流水线插件和进行波峰焊时，要提供给导轨槽使用，同时也为了防止由于外形加工引起边缘部分的缺损，如果印制线路板上元器件过多，不得已要超出 3mm 范围时，可以在板的边缘加上 3mm 的辅边，辅边开 V 形槽，在生产时用手掰断即可。

1.3 高低压之间的隔离：在许多印制线路板上同时有高压电路和低压电路，高压电路部分的元器件与低压部分要分隔开放置，隔离距离与要承受的耐压有关，通常情况下在 2000V 时板上要距离 2mm，在此之上以比例算还要加大，例如若要承受 3000V 的耐压测试，则高低压线路之间的距离应在 3.5mm 以上，许多情况下为避免爬电，还在印制线路板上的高低压之间开槽。

2. 印制线路板的走线：

2.1. 印制导线的布设应尽可能的短，在高频回路中更应如此；印制导线的拐弯应成圆角，而直角或尖角在高频电路和布线密度高的情况下会影响电气性能；当两面板布线时，两面的导线宜相互垂直、斜交、或弯曲走线，避免相互平行，以减小寄生耦合；作为电路的输入及输出用的印制导线应尽量避免相邻平行，以免发生回授，在这些导线之间最好加接地线。

印制导线的宽度：导线宽度应以能满足电气性能要求而又便于生产为宜，它的最小值以承受的电流大小而定，但最小不宜小于 0.2mm，在高密度、高精度的印制线路中，导线宽度和间距一般可取 0.3mm；导线宽度在大电流情况下还要考虑其温升，单面板实验表明，当铜箔厚度为 50 μ m、导线宽度 1~1.5mm、通过电流 2A 时，温升很小，因此，一般选用 1~1.5mm 宽度导线就可能满足设计要求而不致引起温升；印制导线的公共地线应尽可能地粗，可能的话，使用大于 2~3mm 的线条，这点在带有微处理器的电路中尤为重要，因为当地线过细时，由于流过的电流的变化，地电位变动，微处理器定时信号的电平不稳，会使噪声容限劣化；在 DIP 封装的 IC 脚间走线，可应用 10 - 10 与 12 - 12 原则，即当两脚间通过 2

- 2.1. 根线时，焊盘直径可设为 50mil、线宽与线距都为 10mil，当两脚间只通过 1 根线时，焊盘直径可设为 64mil、线宽与线距都为 12mil。
- 2.2. 印制导线的间距：相邻导线间距必须能满足电气安全要求，而且为了便于操作和生产，间距也应尽量宽些。最小间距至少要能适合承受的电压。这个电压一般包括工作电压、附加波动电压以及其它原因引起的峰值电压。如果有关技术条件允许导线之间存在某种程度的金属残粒，则其间距就会减小。因此设计者在考虑电压时应把这种因素考虑进去。在布线密度较低时，信号线的间距可适当地加大，对高、低电平悬殊的信号线应尽可能地短且加大间距。
- 2.3. 印制导线的屏蔽与接地：印制导线的公共地线，应尽量布置在印制线路板的边缘部分。在印制线路板上应尽可能多地保留铜箔做地线，这样得到的屏蔽效果，比一长条地线要好，传输线特性和屏蔽作用将得到改善，另外起到了减小分布电容的作用。印制导线的公共地线最好形成环路或网状，这是因为当在同一块板上有许多集成电路，特别是有耗电多的元件时，由于图形上的限制产生了接地电位差，从而引起噪声容限的降低，当做成回路时，接地电位差减小。另外，接地和电源的图形尽可能要与数据的流动方向平行，这是抑制噪声能力增强的秘诀；多层印制线路板可采取其中若干层作屏蔽层，电源层、地线层均可视为屏蔽层，一般地线层和电源层设计在多层印制线路板的内层，信号线设计在内层和外层。

2. 焊盘：

- 3.1 焊盘的直径和内孔尺寸：焊盘的内孔尺寸必须从元件引线直径和公差尺寸以及搪锡层厚度、孔径公差、孔金属化电镀层厚度等方面考虑，焊盘的内孔一般不小于 0.6mm，因为小于 0.6mm 的孔开模冲孔时不易加工，通常情况下以金属引脚直径值加上 0.2mm 作为焊盘内孔直径，如电阻的金属引脚直径为 0.5mm 时，其焊盘内孔直径对应为 0.7mm，焊盘直径取决于内孔直径，如下表：

孔直径	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
焊盘直径	1.5		1.5	2	2.5	3.0	3.5	4

注： 1. 当焊盘直径为 1.5mm 时，为了增加焊盘抗剥强度，可采用长不小于 1.5mm，宽为 1.5mm 和长圆形焊盘，此种焊盘在集成电路引脚焊盘中最常见。

2. 对于超出上表范围的焊盘直径可用下列公式选取：

直径小于 0.4mm 的孔： $D / d = 0.5 \sim 3$

直径大于 2mm 的孔： $D / d = 1.5 \sim 2$

式中： $(D - \text{焊盘直径}, d - \text{内孔直径})$

- 3.2 有关焊盘的其它注意点：

- 3.2.1 焊盘内孔边缘到印制板边的距离要大于 1mm，这样可以避免加工时导致焊盘缺损。
- 3.2.2 焊盘的开口：有些器件是在经过波峰焊后补焊的，但由于经过波峰焊后焊盘内孔被锡封住，使器件无法插下去，解决办法是在印制板加工时对该焊盘开一小口，这样波峰焊时内孔就不会被封住，而且也不会影响正常的焊接。
- 3.2.3 焊盘补泪滴：当与焊盘连接的走线较细时，要将焊盘与走线之间的连接设计成水滴状，这样的好处是焊盘不容易起皮，而是走线与焊盘不易断开。
- 3.2.4 相邻的焊盘要避免成锐角或大面积的铜箔，成锐角会造成波峰焊困难，而且有桥接的危险，大面积铜箔因散热过快会导致不易焊接。
4. 大面积敷铜：印制线路板上的大面积敷铜常用于两种作用，一种是散热，一种用于屏蔽来减小干扰，初学者设计印制线路板时常犯的一个错误是大面积敷铜上没有开窗口，而由于印制线路板板材的基板与铜箔间的粘合剂在浸焊或长时间受热时，会产生挥发性气体无法排除，热量不易散发，以致产生铜箔膨胀，脱落现象。因此在使用大面积敷铜时，应将其开窗口设计成网状。
5. 跨接线的使用：在单面的印制线路板设计中，有些线路无法连接时，常会用到跨接线，在初学者中，跨接线常是随意的，有长有短，这会给生产上带来不便。放置跨接线时，其种类越少越好，通常情况下只设 6mm，8mm，10mm 三种，超出此范围的会给生产上带来不便。
6. 板材与板厚：印制线路板一般用覆箔层压板制成，常用的是覆铜箔层压板。板材选用时要从电气性能、可靠性、加工工艺要求、经济指标等方面考虑，常用的覆铜箔层压板有覆铜箔酚醛纸质层压板、覆铜箔环氧纸质层压板、覆铜箔环氧玻璃布层压板、覆铜箔环氧酚醛玻璃布层压板、覆铜箔聚四氟乙烯玻璃布层压板和多层印制线路板用环氧玻璃布等。由于环氧树脂与铜箔有极好的粘合力，因此铜箔的附着强度和工作温度较高，可以在 260 的熔锡中浸焊而无起泡。环氧树脂浸渍的玻璃布层压板受潮湿的影响较小。超高频印制线路最优良的材料是覆铜箔聚四氟乙烯玻璃布层压板。在有阻燃要求的电子设备上，还要使用阻燃性覆铜箔层压板，其原理是由绝缘纸或玻璃布浸渍了不燃或难燃性的树脂，使制得的覆铜箔酚醛纸质层压板、覆铜箔环氧纸质层压板、覆铜箔环氧玻璃布层压板、覆铜箔环氧酚醛玻璃布层压板，除了具有同类覆铜箔层压板的相似性能外，还有阻燃性。

印制线路板的厚度应根据印制板的功能及所装元件的重量、印制板插座规格、印制板的外形尺寸和所承受的机械负荷来决定。多层印制板总厚度及各层间厚度的分配应根据电气和结构性能的需要以及覆箔板的标准规格来选取。常见的印制线路板厚度有 0.5mm、1mm、1.5mm、2mm 等。

表面贴装焊接的不良原因和防止对策

作者：SMT_Master

随着电子产品的小型化趋势，表面贴装工艺的采用已日益普及，但有不少制造厂家在表面贴装工艺的使用中会遇到各种困难和问题，其中最常见的就是焊接不良，如何解决这类问题成为提高生产效率与产品质量的当务之急。本文针对表面贴装过程中出现的焊接不良原因作一分析，并提供防止对策。

表面贴装中出现的焊接不良主要有以下几种：

一、润湿不良

润湿不良是指焊接过程中焊料和基板焊区，经浸润后不生成金属间的反应，而造成漏焊或少焊故障。其原因大多是焊区表面受到污染，或沾上阻焊剂，或是被接合物表面生成金属化合物层而引起的，例如银的表面有硫化物，锡的表面有氧化物等都会产生润湿不良。另外，焊料中残留的铝、锌、镉等超过 0.005% 时，由焊剂吸湿作用使活性程度降低，也可发生润湿不良。波峰焊接中，如有气体存在于基板表面，也易发生这一故障。因此除了要执行合适的焊接工艺外，对基板表面和元件表面要做好防污措施，选择合适的焊料，并设定合理的焊接温度与时间。

二、桥连

桥连的发生原因，大多是焊料过量或焊料印刷后严重塌边，或是基板焊区尺寸超差，SMD 贴装偏移等引起的，在 SOP、QFP 电路趋向微细化阶段，桥连会造成电气短路，影响产品使用。要防止桥连，可以采用以下几种措施：

- 1、要防止锡浆（焊膏）印刷时塌边不良。
- 2、基板焊区的尺寸设定要符合设计要求。
- 3、SMD 的贴装位置要在规定的范围内。
- 4、基板布线间隙，阻焊剂的涂敷精度，都必须符合规定要求。
- 5、制订合适的焊接工艺参数，防止焊机传送带的机械性振动。

三、裂纹

焊接 PCB 在刚脱离焊区时，由于焊料和被接合件的热膨胀差异，在急冷或急热作用下，因凝固应力或收缩应力的影响，会使 SMD 基本产生微裂，焊接后的 PCB，

在冲切、运输过程中，也必须减少对 SMD 的冲击应力。弯曲应力。

表面贴装产品在设计时，就应考虑到缩小热膨胀的差距，正确设定加热等条件和冷却条件。选用延展性良好的焊料。

四、焊料球

焊料球的产生多发生在焊接过程中的加热急速而使焊料飞散所致，另外与焊料的印刷错位，塌边。污染等也有关系。

防止出现焊料球的主要措施有：

- 1.避免焊接加热中的过急不良，按设定的升温工艺进行焊接。
- 2.对焊料的印刷塌边，错位等不良品要删除。
- 3.焊膏的使用要符合要求，无吸湿不良。
- 4.按照焊接类型实施相应的预热工艺。

五、曼哈顿现象（通常也称墓碑或吊桥）

曼哈顿现象是指元器件的一端离开焊区而向上方斜立或直立，产生的原因是加热速度过快，加热方向不均衡，焊膏的选择问题，焊接前的预热，以及焊区尺寸，SMD 本身形状，润湿性有关。

防止出现曼哈顿现象的主要措施有：

- 1.SMD 的保管要符合要求
- 2.基板焊区长度的尺寸要适当制定。
- 3.减少焊料熔融时对 SMD 端部产生的表面张力。
- 4.焊料的印刷厚度尺寸要设定正确。
- 5.采取合理的预热方式，实现焊接时的均匀加热。

秘密的音乐空间

— 说长道短话耳机

老龙摘自《现代音响技术》2003年第5期 原作者：王可可

编者按：一副好的耳机与一对好的音箱一样，都具有“提神醒脑”的作用。如何选一副适合个人聆听习惯的耳机？从这篇文章中可看出，这中间的学问还真不浅。当然，你在阅读时不必细研某些细节，但一些关键的选择要点，却是必需要掌握的。编发此文的另一个背景是，目前阶段，使用耳机来欣赏音乐的发烧友似乎日趋增多，我们在此诚恳地希望有倾诉个人使用感受的和愿意笔耕的读者赐稿，告诉大家你是如何来为自己度身定做一个私密音乐空间的。

耳机的分类

按振膜单元技术分类

耳机的分类首先是根据它们所采用的振膜单元（耳机喇叭）技术、然后是佩戴的方式来区分的。挑选耳机就象萝卜白菜各有所爱一样，一种型号的耳机不可能适合所有的人。选择耳机最好的方法可以从一个人耳朵的大小和形状来入手，接下来考虑什么时候、在什么场合使用，当然还要考虑耳机的音质。专业音响技术人员和耳机迷们是使用耳机最多的人，他们评价耳机有其不同的标准。

动态型耳机。这种耳机是最常见的一类，形状有各种各样，从轻巧的可折叠式耳机到笨重的录音棚监听耳机，也称作移动线圈式耳机。它们有振膜单元，也就是微缩了的喇叭单元。单元中有一个和中央声音线圈相连接的振膜，在一个由永久性磁铁所产生的磁场内来回移动而产生声音。这类耳机效率非常高，也容易驱动，用一台接收机或其它音频器材上标准的耳机插孔就能来推它。动态式耳机非常可靠，在录音棚里及其它领域中最常见。

等磁力线动态型耳机。这种耳机的振动单元就象微型化的磁力平板式音箱。它们有一个薄薄的振动膜，里面嵌着声音线圈拖拖筒，线圈以均衡地分配驱动力。在振动膜两侧的磁力组件提供磁场，振膜就在这个磁场中振动。等磁力线振膜耳机不象静电式耳机那么轻，但是有同样大的辐射区域和非常相似的声音保真度，它们不如动态式耳机效率高，播放的声音也不那么大。

静电式耳机。这类耳机有一个很薄很轻的振膜，它在一个静电场内振动。它们重放音乐可以有非常丰富的细节和特别低的失真，这是因为其响应速度非常快所致。一个分离的高电压直流电源（激励器）使振膜产生极性，振膜会悬浮在两片金属片中间。极化（或偏移）电压最常见是基于直流电源的，但是也有靠电源供电的激励器。

当一个音频信号加到定子上后，它就会调节静电场，移动振膜。做一个单定子的振膜单元是可能的，但双定子振膜的推挽式运动的失真度最低。这类耳机必须由特殊的功放驱动，这种功放将音频信号放大到几百伏。作为昂贵的电子器件的替代品，一种连接到普通功放输出端的设置变压器（安装在一个适配器盒中）也能管用。静电式耳机一般都很昂贵，声音也不象动态式耳机那么大。这种耳机在发烧系统中很多见。

驻极体耳机（也称作固定式静电式耳机）这类耳机有永久性的极化振膜（或是由一个极化材

料所构建出的一个静电场支撑)。所以它就不需要偏移电压。但是,它仍需要由同样的高电压功放或一个连接到功放上的变压器所产生的高电压音频信号来驱动。驻极体耳机有许多与静电式耳机同样的特性(速度快、声音细节丰富)但其驻极电极会随着使用时间的增加产生老化现象,这时极性能就会减弱,到一定时间就必须更换。每五至十年都要检查一次。

无线式或无电缆式耳机。这类耳机不需要连接电缆。一个发射器(基站)连接到一个立体声音源上,耳机(通常是动态式耳机)有一个内置的接收器和功放。无线耳机有时指的是基于红外线的耳机(电视机遥控器中使用的就是红外线)无电缆耳机指的是射频(RF)发射系统耳机。红外线系统有一个10M左右的信号带宽,从基站到接收器必须为可视直线距离,这样才能清楚地接收到信号。RF系统则可以从基站发射100M带宽的信号,它可以透过墙壁。

红外线和射频工作系统都会产生背景噪声,但是那种发射第一次数字编码信号的系统的噪声最低。例如,森海塞尔IS850耳机就使用数字编码的红外线发射装置。红外线耳机有从MHz到kHz的载波。RF系统则可以在FM、VHF或UHF(即调频波段、高频波段和甚高频波段)工作。FM系统不太常见,因为其波段比(88MHz到108MHz)信号非常拥挤,调频广播就在这个波段内。VHF系统在130MHz和250MHz之间。LHF系统是最常见的,它们工作的频率范围从450MHz到900MHz以上,不象在VHF波段那样容易受到干扰的影响。

如果有两套或两套以上频率相近的发射器同时工作就会相互干扰,除非它们在不同的频率上工作。要选那些有一个频道以上的红外线或射频耳机,或是对于不同的音源有不同的发射器的耳机系统,或是选那些能选择最清晰的接收频率的耳机。无线耳机的电池要保证耳机的使用时间,应该能连续工作至少八个小时,当然时间越长越好。

按降噪方式分类

按降低耳机噪声方式可把耳机分为主动式耳机和被动式耳机。主动式耳机也叫作噪声消除式耳机。这类耳机有信号处理电路,它依靠一个小麦克风对环境噪声取样,然后在耳机中产生一个反相的信号以消除噪声,可以消除70%或10dB的噪声。主动式技术对于抑制低频噪声是很有效的。另外当耳机非常接近耳朵时,也可以起到环境高频噪声的被动衰减效果,用户可以感到耳道内空气压力的变化。这类耳机的音质有好有坏,设计差的耳机会使音乐发混。

被动式降噪耳机是非常贴近耳朵的,它们有特殊的结构,以达到最大的过滤噪声效果。它们比普通的近耳式耳机要重许多,佩戴时间过长就会感到很不舒服。这种耳机垫有高密度的泡沫塑料或其它吸音材料。耳机的环形支架会给耳罩施加足够的压力,使听筒紧紧地扣在听者的脑袋上,这样听筒就会把整个耳朵都密封住。被动式降噪耳机常用在工厂、比赛场或其它宽频噪声非常高的场合中。吸音材料也会影响声音的质量,如使低频减弱等。

按模拟空间效果方式分类

空间模拟耳机可模拟重放出一种声场空间的效果。目前没有哪种耳机设计可以不借助信号处理技术,就能完全模拟出这种声场空间效果的。这类耳机的声音听着更轻松一些,听很长时间也不会感觉疲劳。有三种基本的空间模拟耳机,即交叉馈送式、前置定位式和环绕声式。交叉馈送式

和前定位式耳机可以增强立体声重放的效果。环绕声耳机则用于多声道音源。

交叉馈送式耳机。如 AKG K1000 和 Precide Ergo\Jecklin Float 公司的耳机，它们有一种浮动式听筒设计。小小的隔离泡沫使听筒稍稍离开耳朵，这样每个耳朵可以听到来自振膜背面的声音。交叉馈送耳机还会接受到耳朵外侧折皱部分所受到的声音冲击效果，这样就可以模拟出我们正常听声音时的那种定位信息，所得到的声场更靠中间，更有纵深的真实感。AKG K1000 中的听筒可以调整不同的重放角度，以微调这种空间效果。这类耳机不能与外界声音隔离。

前置定位（IFL）定位耳机。如 Vivanco SR2000 IFL 和 Ultrason HFI-50 耳机，好象把声场模拟在听者的脑袋前面。在普通的立体声耳机中，振膜直接将声波辐射到听者的耳中。Vivanco SR2000 IFL 耳机中的振膜单元安装在偏离听筒中心的位置，位于耳朵的前面，以模仿正常听音时的那种声波传送方式。AKG K1000 耳机则可以让听者调整振膜单元离开耳朵的角度，以达到在脑袋前面形成声像的效果。这种声像有一种靠前的特点。前置定位耳机如果不附加另外的电子处理技术，也不能完全模拟出与正常聆听发烧音响系统那样的声场效果。

环绕声耳机。环绕声耳机在四声道环绕声时代就已经出现过，随着现代家庭影院系统的普及，它又开始卷土重来。它们有两种类型：四声道耳机和个人环绕声耳机。四声道耳机，如 AKG K290 或 American Pro 公司生产的耳机，有四个振膜单元（每侧两个），由一个四声道功放驱动。当馈送以标准的四声道环绕声信号时，重放出的声音效果比普通的立体声耳机更有空间感。当然这种感觉还取决于不同的设计，这类耳机可以提供前置/后置声场的空间信息。Vivanco SR3000S 耳机采用了前置定位结构以产生前置的声像效果。但是，所有这类耳机产生的声场仍在听者的脑袋里（或非常接近），除非采用一种空间处理器以扩大音效空间的范围。这类耳机有专用插头，加上适配器就能与普通的耳机插孔兼容。

森海塞尔公司的“环绕者”耳机系统能产生一种三维的声像，它利用了人脑的转换功能。与四声道耳机不同，环绕者耳机套在听者的肩膀上，可以让听者的脑袋自由地在声场内移动以得到更好的声像效果。振膜单元内的器件会产生出围绕听者脑袋的多声道声场，一个分离低频单元产生出超重低频声音。这类系统根本无法与外界声音隔离。森海塞尔公司已经推出了一款专门为 PC 游戏准备的“环绕者”耳机。

再强调一下，环绕声耳机不应该与电子声学模拟器耳机（包括交叉馈送和听觉模拟器）被视为同一种产品。这些模拟器是在标准的立体声耳机内模拟三维效果。AKG Hearo 环绕声耳机系统就是在双声道耳机内采用了一个四声道模拟器、一个 Dolby Pro Logic 解码器，并且是无线式的。

另外还有振动或“力反馈”式耳机，它们试图通过安装在耳机内的振动振膜单元来重放出低频频率的物理效果，让听者感受到。这种振动振膜单元与音频信号中的低频段同步振动，所有听者就能听到并感受到低频的效果。这类耳机常被用于听音乐或打游戏。

按耳机听筒结构分类

耳机听筒（后背开放式和封闭式）和耳垫（环耳式和压耳式）通常是相互对应的，例如，听筒后背封闭的耳机通常有环耳（环绕耳朵）耳垫，后背开放的听筒耳机则常有压耳式（压在耳朵上）的耳垫。但是现代耳机似乎正在打破这种规则，你能找到听筒后背封闭的压耳式耳机和听筒后

背开放的环耳式耳机。现在还有新型的耳机听筒有一半是开放、一半是封闭的。便携式音响的发展带来了一种新型的耳机，耳塞式耳机也可以是“耳蕾”式的或“耳道”式的，后者有一个海绵或铸形耳塞，可以很好地与隔离外界噪声。

后背开放耳机一般都很轻，戴着很舒服。它们的听筒从声学角度讲是“透明”的，因此缺少低频音效，受外界噪声影响也较大。但是它的低频响应效果通常还是令人满意的。当大声播放时，耳机中的声音可以被别人听到，或者在录音的过程中，这种声音会泄露到麦克风中。用于便携应用和大多数带有泡沫耳机套的耳机都是后背开放型的。另外它们也常被称作压耳式耳机，因为耳垫常常压在耳朵上。

有些环耳式耳机（耳垫套在耳朵外围）有封闭式的后背，但工作原理却与后背开放的耳机相似。这可以被称作是开放后背 / 环耳式耳机。

后背开放的风格在一种“空间”式耳机中发挥到了极致。空间式耳机从声学角度讲是非常透明的，每只耳朵都可以听到脑袋另一侧听筒的声音。这是为了模拟我们正常听音乐时的那种感觉，而这种感觉在耳机聆听中常常被丢失了。

索尼和 Vivanco 公司生产出了一种混和型前端封闭、后背开放的耳机，这种耳机可以产生出宽阔开放的声场。与标准的后背开放的耳机不同，这种耳机只在后背开了一些小孔。与后背封闭的耳机不同之处是，它们的隔音效果不甚理想。

大多数后背开放和后背封闭的耳机都从顶部向下“卡”在人脑袋上。现在两种新的佩戴风格正在兴起：颈后式和挂耳式。颈后式耳机的支撑架围绕在头或颈部的后面，必须要进行精心调整，才能佩戴舒适。挂耳式耳机是根据其连接到听筒上的框架结构而命名的，这个框架可以挂在耳朵上，已经完全抛弃了环形支撑架。

带有环耳式耳垫的后背封闭式耳机被归到“封闭式”的类别中，因为听者的耳朵完全被包裹在听筒里，完全与外界噪声隔离。因此，其声音质量通常是最清晰、细节最丰富的，也不会有声音泄露到外面。它们还有很优秀的低频响应，但是比起后背开放的耳机来说又显得太重了，许多听者会感到稍有点不舒服。这类耳机一般用于录音棚和需要降噪的场合中。

有环耳式耳垫但后背开放的耳机在声学上讲是透明的。在这种情况下，环耳式耳垫主要是为了佩戴舒适的目的而设计，因为它们不能提供声音隔离功能。

耳塞式耳机（也称作耳道式耳机）有很小的振膜单元。好的耳塞式耳机的音质可以做得非常优秀，但这也取决于它们与人的耳道的“融洽”程度如何。因为低频频率是靠感觉和听觉感知的，与耳朵的直接耦合可能会稍稍降低低频的频率响应效果。耳塞式耳机对于喜欢声音隔离的音乐家们是很好的选择。

耳蕾式耳机是在耳道开口的位置上佩戴的。这类耳机的使用者经过一段时间的适应性佩戴都很习惯且舒服，但是它们也可能不能很好地与所有的耳朵形状相吻合。耳蕾式耳机也可以转变为耳塞式耳机，但是要采用专用的铸模支架。

耳蕾式耳机迷们都喜欢把他们的新的耳蕾耳机进行一段时间的煲机，整天用它们来播放粉红噪声测试信号或大声地播放音乐，以使其振膜单元“放松”。当你在商店里评测耳蕾式耳机时，一个

使用了很长时间的样品耳机的声音可能比一副新的耳机的声音要好许多。为了判断配置耳塞铸模支架是否合适，你可以用手按着耳塞压在耳朵上，以得到更加紧密的耳塞与耳道的耦合，铸模支架应该达到同样的效果。

耳道式耳机是自己堵在耳道中的，这形成了一种很好的封闭状态。这类耳机与外界的良好隔离可以将外界噪声拒之耳外，但却增强了耳道传音效果，如人的呼吸声。特制的铸模耳塞棒可以深入到耳道深处（在耳道的第二个弯曲处），可以减轻这种效果，并提供很好的声音隔离效果。耳道式耳机的海绵套可能会粘上一些耳屎，所以需要经常清理。除了这些不便外，好的耳塞式耳机的声音特别清晰，细节也特别丰富。这种耳机在户外使用时效果非常理想，因为它们可以在安全的音量下播放。

常常被音乐家和录音工程师使用的耳内式监听器，是一种连接到条带式接收器的耳道式耳机，这种接收器可以是有线的，也可以是无线的。与普通耳道式耳机不同，专业型耳道式耳机的频率响应可能是专门为补偿音乐家们常有的听力损失而设计的。因此，在评估一个耳道式监听器之前最好先做一个听力测试。定制的铸模耳塞棒也很有用，它们可以减轻那种“耳道传音效果”，这对美声歌手尤其重要，不然他们会听到自己过强的真声（人听到自己声音有两种途径：一种是通过空气传送的声音，叫假声，另一种是通过耳道内的各种组织传送的声音，叫真声）。这种耳机的接收器有自己的音量控制和限制电路。由于它们与耳鼓的距离特别接近，所以在实况演出时就需要一个音量限制器，以防突然来的过强的噪声会损害歌手的听力。无线耳道监听系统可以用两种载波波段传送信号：VHF 或 mF。VHF 系统在 130MHz 和 250MHz 之间运作，而 UHF 系统则在 450MHz 到 900MHz 以上运作。UHF 系统更加可靠一些，因为它们比 VHF 系统的干扰少一些，可用的频道也更多。

如何挑选耳机

评测耳机有音质和佩戴舒适度两个标准。

音质

耳机应该象音箱一样被评测。耳机的声音听着如何比它们的各种性能指标要重要的多。这里要把一句老话倒过来说：眼见为虚，耳听为实。与音箱不同的是，耳机直接把声音传送到耳朵里一而正常聆听过程中声波是先到达人头部的，然后才到达耳鼓的。由于人脑袋和耳朵的形状对听到的声音也有影响，所以一对耳机在不同的人头上声音是不同的。购买者应该从品牌和型号入手。把一套便携式立体声器材带到商店里（可能的话还可以带一个耳机功放来推效率低的耳机），试一试不同的品牌和型号，以比较它们的音质。要从以下的几个方面作判断：

- 1) 声音清晰，没有失真；
- 2) 低频深沉、清晰、控制良好；
- 3) ‘超大’低频的耳机一般都有中低频增强器，以模拟超低频效果；
- 4) 两侧装有“晃动”振动振膜单元的耳机（如松下公司的 Virtual Notion 系统）将会有一种物理低频的感受，这与用音箱听音乐很接近；
- 5) 平滑、均衡的频率响应—高音不会过少或过量；

6) 如果是无线式或无电缆式耳机，应该没有噪音或噪音很小；

7) 如果是环绕声耳机，要注意声像的定位和清晰度。

佩戴感觉

声音很重要，但佩戴也同样不可忽视。耳机必须戴着很舒服。它不能卡得太紧，也不能太松，否则容易掉下来。可以按以下步骤来进行判断：

1) 要舒适。任何不舒适的感觉会随着佩戴时间的增长变得很难受。舞厅里的DJ都喜欢肩膀式耳机支撑架。

2) 可调整。要看看环形支撑架和听筒能否调整佩戴的位置和角度。例如，专业人员在混音或监听过程中有时会把一个听筒取下。可转轴式听筒尤其适合这样做。

3) 电缆的类型和长度。电缆分叉连接到两个听筒上(Y形)没有从一侧连接人耳机方便。一般电缆的长度为2 - 3米。专业音响人员都喜欢更长的电缆，这样可以有更高的移动灵活性。

耐用性

这一点在专业应用和便携应用中最为重要。在家用立体声音响设备中，超轻的便携式耳机一般都很脆弱，所以常配有一个保护盒，防止受到磨损或其它损害。在录音棚的应用中，耳机会被很多手摸来拿去，也容易受到损害。电缆(尤其是很细的电缆)经常被人踩或猛拉，就会变得接触不良，信号断断续续。耳机支架断裂后听筒就会掉下来。专业器材必须要做得很坚固，以经受住这些损害。另外还要选那些模块化结构的耳机，这样维修和替换零件都很容易。

与耐用性相关的还有功率承受能力。几毫瓦就会把耳机推到很大的音量，但是音响工程师和演唱者都喜欢把功率开到极限，冒损坏耳机的风险。家用耳机一般能承受100mW以下的功率，专业型号的承受功率为100mW-1000mW(1W)。

耳机的各项性能指标

大多数耳机包装盒上都会列出它的“规格”，从技术角度描述耳机的声音特点。音响器材的性能指标有时会夸大，但是在耳机中，这些参数可能会误导人。这种情况一直存在的原因是，耳机使用在很大程度上依赖于听者的脑袋和耳朵的形状。有“好”的参数的耳机声音可能会不好，而有“坏”的参数的耳机声音也可能不坏。下面就是主要的几项性能指标：

1) 频率响应；这是耳机能有效重放的频率的范围。人耳的听觉范围为20Hz - 20000Hz。超出了这个范围，大多数人的耳朵是听不到的(除了少数的专业音响人士和有“金耳朵”的发烧友，他们可以听到更大频率范围的声音)。超低频率(小于20Hz)主要是感觉到而不是听到的。要注意说明书所称的“平坦”的频率响应(有时标为20Hz - 20 kHz \pm 3 dB)。一副有真正平坦的频率响应的耳机声音会很可怕，因为人耳感受到一个“平坦”的频率响应时实际上会有许多的“峰”和“谷”，这是由于声音在到达耳朵前会与人的脑袋发生一些互动。相反，耳机常常会把声音进行均衡以变得平坦。

2) 失真：这是衡量耳机重放声音的准确程度的指标，以信号失真的百分比来表现，数值越低越好 \pm 1% 或更小的失真是可以接受的(功率最大时)。实验表明1%的失真是一个可听到的值。在大音量时耳机的失真要比音箱小。

3) 灵敏度(响度): 这是以每毫瓦的输入所测得的以dB表示的声压级效率。数值越低意味着耳机需要更大的功率才能象灵敏度更高的耳机一样的获得响亮的效果。用于便携的耳机需要有足够的灵敏度, 因为便携立体声器材的输出功率都很低。现代动态式耳机的灵敏度一般约为90dB。当选购便携式耳机时, 要找那些灵敏度等于或大于100dB的型号。

4) 阻抗: 这是表示耳机对于功放负载的参数, 以欧姆表示。这个参数对于晶体管功放不太重要, 因为这类功放可以推动大多数的耳机阻抗。但阻抗对于电子管功放却是十分重要的, 电子管功放对于阻抗值是十分敏感的。家用耳机和专业耳机的阻抗一般都小于100欧姆。有些专业型号会标称为200欧姆或更大, 这是为了减少分配式功放的负载效果, 这种功放一般同时要驱动许多耳机。要注意高阻抗的耳机需要更多的功率, 它需要的功率是以瓦而不是以毫瓦为单位来衡量的。

E D A 技术的发展与应用

摘自《电子世界》原作者: 吴冰 李森森

电子设计技术的核心就是E D A技术, E D A是指以计算机为工作平台, 融合应用电子技术、计算机技术、智能化技术最新成果而研制成的电子C A D通用软件包, 主要能辅助进行三方面的设计工作, 即I C设计、电子电路设计和P C B设计。E D A技术已有30年的发展历程, 大致可分为三个阶段。70年代为计算机辅助设计(C A D)阶段, 人们开始用计算机辅助进行I C版图编辑、P C B布局布线, 取代了手工操作。80年代为计算机辅助工程(C A E)阶段。与C A D相比, C A E除了有纯粹的图形绘制功能外, 又增加了电路功能设计和结构设计, 并且通过电气连接网络表将两者结合在一起, 实现了工程设计。C A E的主要功能是: 原理图输入, 逻辑仿真, 电路分析, 自动布局布线, P C B后分析。90年代为电子系统设计自动化(E D A)阶段。

E D A技术的基本特征

E D A代表了当今电子设计技术的最新发展方向, 它的基本特征是: 设计人员按照“自顶向下”的设计方法, 对整个系统进行方案设计和功能划分, 系统的关键电路用一片或几片专用集成电路(A S I C)实现, 然后采用硬件描述语言(H D L)完成系统行为级设计, 最后通过综合器和适配器生成最终的目标器件, 这样的设计方法被称为高层次的电子设计方法。下面介绍与E D A基本特征有关的几个概念。

1. “自顶向下”的设计方法。10年前, 电子设计的基本思路还是选用标准集成电路“自底向上”地构造出一个新的系统, 这样的设计方法就如同一砖一瓦建造金字塔, 不仅效率低、成本高而且容易出错。

高层次设计是一种“自顶向下”的全新设计方法, 这种设计方法首先从系统设计人手, 在顶层进行功能方框图的划分和结构设计。在方框图一级进行仿真、纠错, 并用硬件描述语言对高层

次的系统行为进行描述，在系统一级进行验证。然后，用综合优化工具生成具体门电路的网络表，其对应的物理实现级可以是印刷电路板或专用集成电路。由于设计的主要仿真和调试过程是在高层次上完成的，这既有利于早期发现结构设计上的错误，避免设计工作的浪费，又减少了逻辑功能仿真的工作量，提高了设计的一次成功率。

2. ASIC设计。现代电子产品的复杂度日益提高，一个电子系统可能由数万个中小规模集成电路构成，这就带来了体积大、功耗大、可靠性差的问题。解决这一问题的有效方法就是采用ASIC芯片进行设计。ASIC按照设计方法的不同可分为全定制ASIC、半定制ASIC和可编程ASIC（也称为可编程逻辑器件）。

设计全定制ASIC芯片时，设计师要定义芯片上所有晶体管的几何图形和工艺规则，最后将设计结果交由m厂家去进行格模制造，做出产品。这种设计方法的优点是芯片可以获得最优的性能，即面积利用率高、速度快、功耗低，而缺点是开发周期长，费用高，只适合大批量产品开发。

半定制ASIC芯片的版图设计方法分为门阵列设计法和标准单元设计法，这两种方法都是约束性的设计方法，其主要目的就是简化设计，以牺牲芯片性能为代价来缩短开发时间。

可编程逻辑芯片与上述掩模ASIC的不同之处在于：设计人员完成版图设计后，在实验室内就可以烧制出自己的芯片，无须IC厂家的参与，大大缩短了开发周期。

可编程逻辑器件自70年代以来，经历了PAL、GAL、GPLD、FPGA几个发展阶段，其中CPLD/FPGA高密度可编程逻辑器件，目前集成度已高达200万门/片，它将格模ASIC集成度高的优点和可编程逻辑器件设计生产方便的特点结合在一起，特别适合于样品研制或小批量产品开发，使产品能以最快的速度上市，而当市场扩大时，它可以很容易地转由掩模ASIC实现，因此开发风险也大为降低。

上述ASIC芯片，尤其是CPLD/FPGA器件，已成为现代高层次电子设计方法的实现载体。

3. 硬件描述语言。硬件描述语言（HDL）是一种用于设计硬件电子系统的计算机语言，它用软件编程的方式来描述电子系统的逻辑功能、电路结构和连接形式，与传统的门级描述方式相比，它更适合大规模系统的设计。例如一个32位的加法器，利用图形输入软件需要输入500至1000个门，而利用VHDL语言只需要书写一行“ $A = B + C$ ”即可。而且VHDL语言可读性强，易于修改和发现错误。早期的硬件描述语言，如ABEL、HDL、AHDL，由不同的EDA厂商开发，互不兼容，而且不支持多层次设计，层次间翻译工作要由人工完成。为了克服以上不足，1985年美国国防部正式推出了高速集成电路硬件描述语言VHDL，1987年IEEE采纳VHDL为硬件描述语言标准（IEEE STD-1076）。

VHDL是一种全方位的硬件描述语言，包括系统行为级、寄存器传输级和逻辑门级多个设计层次，支持结构、数据流和行为三种描述形式的混合描述，因此VHDL几乎覆盖了以往各种硬件描述语言的功能，整个自顶向下或由底向上的电路设计过程都可以用VHDL来完成。VHDL还具有以下优点：（1）VHDL的宽范围描述能力使它成为高层设计的核心，将设计人员的工作重心提高到了系统功能的实现与调试，而花较少的精力于物理实现。（2）VHDL可以用简洁明确的

代码描述来进行复杂控制逻辑设计，灵活且方便，而且也便于设计结果的交流、保存和重用。(3) VHDL的设计不依赖于特定的器件，方便了工艺的转换。(4) VHDL是一个标准语言，为众多的EDA厂商支持，因此移植性好。

4. EDA系统框架结构 EDA系统框架结构(FRAMEWORK)是一套配置和使用EDA软件包的规范。目前主要的EDA系统都建立了框架结构，如CADENCE公司的Design Framework，Mentor公司的Falcon Framework，而且这些框架结构都遵守国际CFI组织制定的统一技术标准。框架结构能将来自不同EDA厂商的工具软件进行优化组合，集成在一个易于管理的统一的环境之下，而且还支持任务之间、设计师之间以及整个产品开发过程中的信息传输与共享，是并行工程和自顶向下设计实现的实现基础。

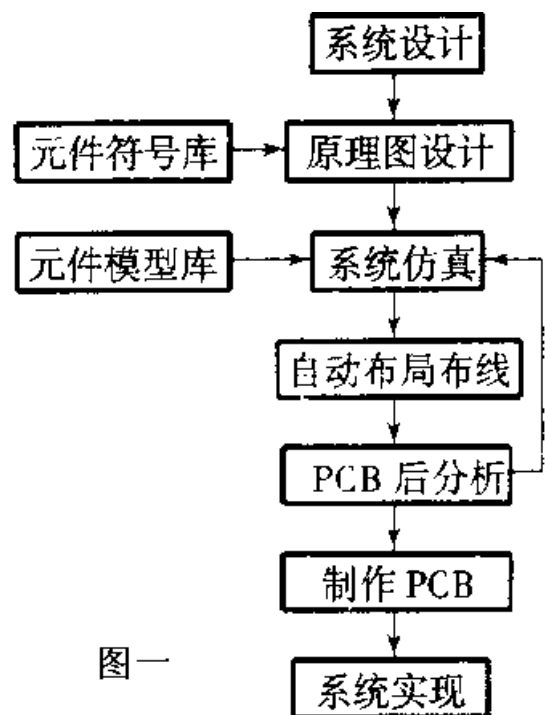
EDA技术的每一次进步，都引起了设计层次上的一次飞跃，从设计层次上分，70年代为物理级设计(CAD)，80年代为电路级设计(CAE)，90年代进入到系统级设计(EDA)。物理级设计主要指IC版图设计，一般由半导体厂家完成，对电子工程师没有太大的意义，因此本文重点介绍电路级设计和系统级设计。

1. 电路级设计 电路级设计工作流程如图一所示。电子工程师接受系统设计任务后，首先确定设计方案，并选择能实现该方案的合适元器件，然后根据具体的元器件设计电路原理图。接着进行第一次仿真，其中包括数字电路的逻辑模拟、故障分析，模拟电路的交直流分析、瞬态分析。在进行系统仿真时，必须要有元件模型库的支持，计算机上模拟的检人输出波形代替了实际电路调试中的信号源和示波器。这一次仿真主要是检验设计方案在功能方面的正确性。

仿真通过后，根据原理图产生的电气连接网络表进行PCB板的自动布局布线。在制作PCB板之前还可以进行PCB后分析，其中包括热分析、噪声及窜扰分析、电磁兼容分析、可靠性分析等，并可分析后的结果参数反标回电路图，进行第二次仿真，也称为后仿真。后仿真主要是检验PCB板在实际工作环境中的可行性。

由此可见，电路级的EDA技术使电子工程师在实际的电子系统产生前，就可以全面地了解系统的功能特性和物理特性，从而将开发风险消灭在设计阶段，缩短了开发时间，降低了开发成本。

2. 系统级设计 进入90年代以来，电子信息类产品的开发明显呈现两个特点：一是产品复杂程度提高；二是产品上市时限紧迫。然而，电路级设计本质上是基于门级描述的单层次设计，设计的所有工作(包括设计忙人、仿真和分析、设计修改等)都是在基本逻辑门这一层次



图一

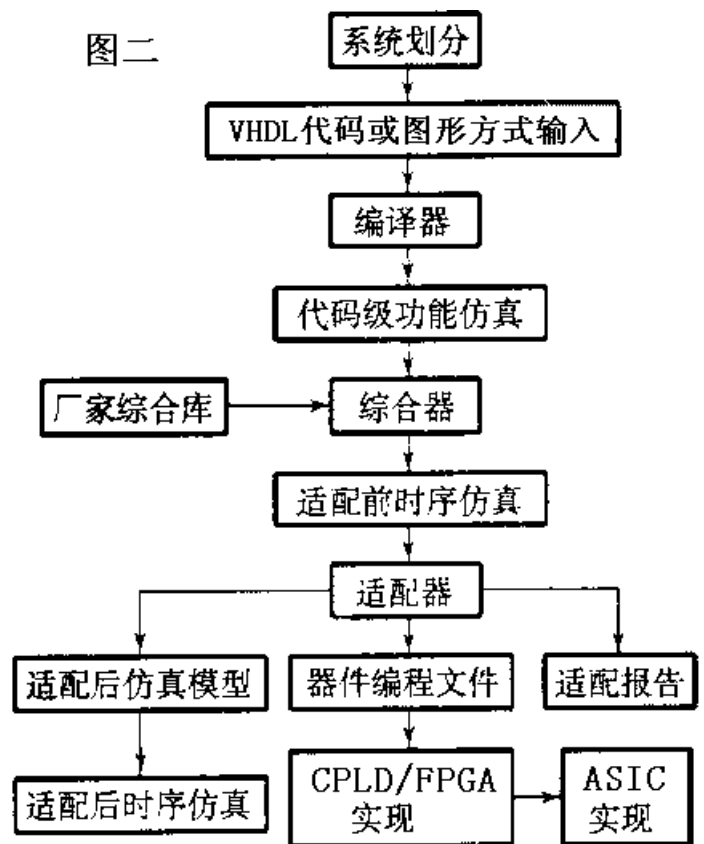
上进行的，显然这种设计方法不能适应新的形势，一种高层次的电子设计方法，也即系统级设计方法，应运而生。

高层次设计是一种“概念驱动式”设计，设计人员无须通过门级原理图描述电路，而是针对设计目标进行功能描述。由于摆脱了电路细节的束缚，设计人员可以把精力集中于创造性的方案与概念的构思上，一旦这些概念构思以高层次描述的形式输入计算机，EDA系统就能以规则驱动的方式自动完成整个设计。这样，新的概念就能迅速有效地成为产品，大大缩短了产品的研制周期。不仅如此，高层次设计只是定义系统的行为特性，可以不涉及实现工艺，因此还可以在厂家综合库的支持下，利用综合优化工具将高层次描述转换成针对某种工艺优化的网络表，使工艺转化变得轻而易举。

系统级设计的工作流程见图二。首先，工程师按照“自顶向下”的设计方法进行系统划分。其次，输入VHDL代码，这是高层次设计中最为普遍的输入方式。此外，还可以采用图形输入方式（框图，状态图等）这种输入方式具有直观、容易理解的优点。第三步是，将以上的设计输入编译成标准的VHDL文件。第四步是进行代码级的功能仿真，主要是检验系统功能设计的正确性。这一步骤适用大型设计，因为对于大型设计来说，在综合前对派代码仿真，就可以大大减少设计重复的次数和时间。一般情况下，这一仿真步骤可略去。第五步是，利用综合器对VHDL源代码进行综合优化处理，生成门级描述的网络表文件，这是将高层次描述转化为硬件电路的关键步骤。综合优化是针对ASIC芯片供应商的某一产品系列进行的，所以综合的过程要在相应的厂家综合库

支持下才能完成。第六步是，利用产生的网络表文件进行适配前的时序仿真，仿真过程不涉及具体器件的硬件特性，是较为粗略的。一般的设计，也可略去这一仿真步骤。第七步是利用适配器将综合后的网络表文件针对某一具体的目标器件进行逻辑映射操作，包括底层器件配置、逻辑分割、逻辑优化、布局布线。第八步是在适配完成后，产生多项设计结果：（1）适配报告，包括芯片内部资源利用情况，设计的布尔方程描述情况等；（2）适配后的仿真模型；（3）器件编程文件。根据适配后的仿真模型，可以进行适配后的时序仿真，因为已经得到器件的实际硬件特性（如时延特性），所以仿真结果能比较精确地预期未来芯片的实际性能。如果仿真结果达不到设计要求，就需要修改VHDL源代码或选择不同速度和品质的器件，直至满足设计要求；

图二



最后一步是将适配器产生的器件编程文件通过编程器或下载电缆载入到目标芯片 F P G A 或 C P L D 中。如果是大批量产品开发，则通过更换相应的厂瓣合库，轻易地转由 A S I C 形式实现。

综上所述，E D A 技术是电子设计领域的一场革命，目前正处于高速发展阶段，每年都有新的 E D A 工具问世。广大电子工程人员掌握这一先进技术，这不仅是提高设计效率的需要，更是我国电子工业在世界市场上生存、竞争与发展的需要。

编后记

在数十天的忙碌之后，终于如期在国庆节前将首期刊物推出，看着 20 篇多达 60 多页的文章，心里充满了快乐和小小的成就感。小小的一份刊物，它凝结着许多工程师们的心血和汗水，我们不求它会给我们带来多少的回报，只希望它能给广大的电子爱好者或多或少的帮助。

一个新生事物，总会有许多不尽人意的地方，我们渴望读者们能给予我们帮助，多多提供一些宝贵意见，使我们能对它不断地完善，把它做得更好，我们相信在大家的共同努力之下，《苍穹电子》一定会成为互联网上最好的电子技术类电子刊物。

在本期的制作过程中，我们得到了很多相识或不相识朋友的帮助，如果没有他们的帮助与支持，很难想象我们能如此顺利地完成它，在此我们对所有这些给予帮助的朋友表示由衷的感谢！

《苍穹电子》编辑部