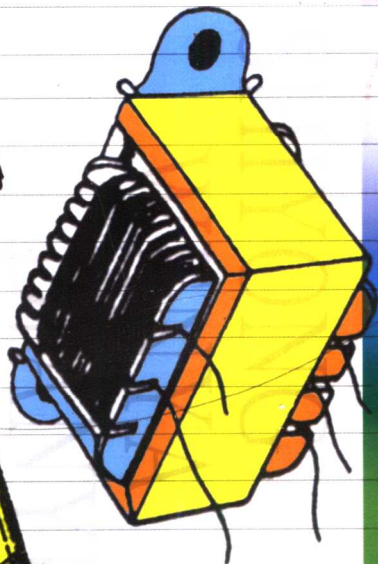




实用稳压电源

DIY

福建科学技术出版社



实用稳压电源 DIY

程 勇 刘纯悦 编著

福建科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用稳压电源 DIY/程勇 刘纯悦编著. —福州:福建科学技术出版社, 2004. 2

ISBN 7-5335-2303-2

I. 实… II. ①程…②刘… III. 稳压电源-基本知识
IV. TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 117848 号

书 名	实用稳压电源 DIY
作 者	程勇 刘纯悦
出版发行	福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
经 销	各地新华书店
排 版	福建科学技术出版社排版室
印 刷	人民日报社福州印务中心
开 本	880 毫米×1230 毫米 1/32
印 张	5.75
插 页	3
字 数	144 千字
版 次	2004 年 2 月第 1 版
印 次	2004 年 2 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7-5335-2303-2/TN·297
定 价	13.00 元

书中如有印装质量问题,可直接向本社调换

前 言

DIY 是英文 Do It Yourself 的缩略语，即自己动手做之意。时下 DIY 这一群体日渐增多，特别是广大电子 DIY 者。对他们而言，设计、制作一些趣味实用的功能电路，是学习电子技术、提高动手实践能力的有效途径，也是学习更复杂的、功能更齐全的电路的基础。

为此，我们编写了这套面向广大电子爱好者、高职高专相关专业学生的电子制作丛书，分别介绍实用功放 DIY、实用音箱 DIY、实用电子装置 DIY、实用稳压电源 DIY。这些电路由浅入深，由简至繁，理论与实践相结合，突出实践，电路安装调试后就有一定的使用价值。各电路所采用的电子元器件在市面均能购到。读者可以根据自己的实际情况，选择合适的电路进行制作，并在制作中更深入地学习无线电知识，加深对元器件属性的认识，提高动手实践能力。

本书为实用稳压电源 DIY 分册，共六章。第一章介绍电源基本知识，让读者对电源有总体的认识。第二章介绍电源电路主要元器件的识别、检测和基本用法等，让读者学会如何选择正确的元器件来制作稳压电源。第三章介绍几种常用的整流和滤波电路的工作原理、性能等，第四章、第五章介绍线性直流稳压电源和开关型直流稳压电源中几种代表性的电源的工作过程、应用实例等，掌握了这三章的内容，就能成功地制作一些实用的稳压电源。第六章介绍十几款实用稳压电源制作的全过程，每个实例都分“电路原理”、“元器件选择与印刷板制作”、“安装与调试”、“性能评价”四部分介绍，供制作者参考，并起到抛砖引玉的作用。

本书既可作为电子爱好者的自学读物，又可作为大中专院校相关专业的第二课堂实践教材，还可供工厂、企业技术人员开发产品用。

限于编者水平，书中错误在所难免，敬请读者批评指正，以利再版时修改。

编著者

2003. 10

目 录

第一章 电源基本知识 (1)

第一节 电源的种类 (1)

一、交流电源 (1)

二、直流电源 (4)

三、交流电和直流电的比较 (6)

第二节 稳定电源 (7)

一、稳定电源问题的提出 (7)

二、直流稳压电源的要求和指标 (8)

三、稳压电源的种类 (11)

第二章 电源电路主要元器件 (13)

第一节 电阻器、电容器和电感 (13)

一、电阻器 (13)

二、电容器 (17)

三、电感 (18)

四、保险丝 (19)

第二节 变压器	(20)
第三节 晶体管	(22)
一、二极管和稳压二极管	(22)
二、三极管	(26)
第四节 集成电路	(34)
第三章 整流和滤波电路	(36)
第一节 整流电路	(36)
一、半波整流电路	(37)
二、全波整流电路	(41)
三、桥式整流电路	(44)
四、倍压整流电路	(47)
第二节 滤波电路	(49)
一、最简单的滤波电路——电容滤波电路	(50)
二、电感滤波电路	(53)
三、常用的 RLC 组合滤波电路	(55)
四、晶体管电子滤波电路	(58)
第四章 线性直流稳压电源	(60)
第一节 稳压二极管稳压电路	(61)

第二节	三极管稳压电路	(66)
一、	串联型晶体管稳压电路	(66)
二、	带有放大环节的串联稳压电源	(70)
第三节	改进的串联稳压电路和辅助电路	(74)
一、	并联调整管与复合调整管	(74)
二、	辅助电源	(76)
三、	有源负载	(77)
四、	采用差分放大器的直流稳压电源电路	(78)
五、	过流保护电路	(80)
六、	过压保护电路	(83)
第四节	线性集成稳压电源	(84)
一、	78××和 79××系列固定三端稳压集成电路	
.....		(85)
二、	LM317/LM337 可调三端稳压集成电路	(87)
三、	三端集成稳压器扩展应用	(88)
第五章	开关型直流稳压电源	(96)
第一节	开关型直流稳压电源基本原理	(97)
第二节	斩波型开关稳压电源	(99)
一、	降压式开关电源电路	(100)
二、	升压式开关电源电路	(103)
三、	变极性式开关稳压电路	(105)

第三节	晶闸管整流型开关稳压电源	(106)
一、	滤波电路	(108)
二、	触发电路	(109)
三、	实用的晶闸管开关直流稳压电源	(114)
第四节	直流变换器式开关电源	(115)
一、	正激式开关电源电路	(117)
二、	反激式开关电源电路	(120)
第六章	直流稳压电源制作实例	(122)
一、	晶体管收音机用简易直流稳压电源	(122)
二、	输出电压可调的直流稳压电源	(125)
三、	带恒流负载的可调式直流稳压电源	(127)
四、	集电极输出的可调稳压电源	(133)
五、	用辅助电源的稳压电路	(136)
六、	稳定度较高的双管稳压电源	(143)
七、	12V 软启动直流稳压电源	(146)
八、	具有截止型过流保护的稳压电源	(149)
九、	两管直流变换器	(153)
十、	实用大功率逆变器	(156)
十一、	简易反激式变换器开关稳压电源	(161)
十二、	晶闸管交流调压器	(164)
十三、	固定输出集成电路稳压电源	(167)
十四、	可调输出集成电路稳压电源	(169)
十五、	通用多路直流稳压电源	(171)
十六、	数显直流稳压电源	(173)

第一章 电源基本知识

第一节 电源的种类

电源，从字面上就可以推想到这是一种能够源源不断地提供电流的设备。为了便于大家理解和掌握，这里先介绍各种常见的电源。常用电源分类的方法有很多，例如按供电期间电源电压的极性（或电流流动的方向）是否改变来区分，可以把电源分为交流电源和直流电源两大类。其中电源电压的极性或电流的方向随时间变化的电源即为交流电源，电源电压的极性或电流的方向不随时间变化的电源即为直流电源。按电源电压的高低来区分，又可以把电源分为高压电源和低压电源两大类。按在供电期间电源电压（或电流）是否稳定来区分，则可以把电源分为稳定电源和非稳定电源。可见从不同的角度去观察，得到的分类结果也不一样。下面介绍最常用的两种电源：交流电源和直流电源。

一、交流电源

如上所说，交流电源是指供电期间电源的电压或电流的流动方向随时间不断变化的一种电源。在一个直角坐标系中，如果用电源的电压或电流作为垂直的纵轴，以时间为水平的横轴，我们就可以在这个直角坐标系统中画出交流电压或电流随时间变化的波形曲线。画出来的这条波形曲线一定是一部分在横轴（时间轴）的上方，另一部分在横轴的下方，如图 1-1 所示。假设横轴上面的部分为正，那么横轴下面的部分就为负。

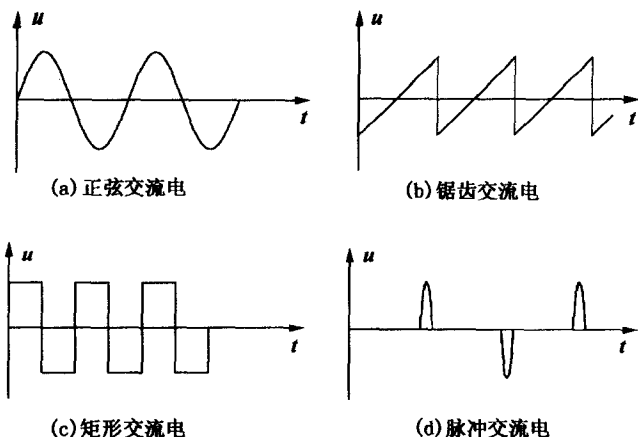


图 1-1 各种交流电的波形

交流电有周期性交流电和非周期交流电之分。电压或电流波形随时间有规律地按一定的周期变化和重复的交流电称为周期性交流电；电压或电流波形随时间呈无规律变化的交流电称为非周期交流电。对于周期性交流电来说，我们把它的波形每重复一次所需要的时间间隔称为一个周期，通常用字母 T 表示。这个周期的倒数，也就是计算在一秒钟里面重复的次数，计算出来的数字就称为交流电的频率，用字母 f 表示。交流电的周期一般以秒 (s)、毫秒 (ms)、微秒 (μs) 为单位；频率一般以赫兹 (Hz)、千赫兹 (kHz)、兆赫兹 (MHz) 为单位。换个角度，如果将交流电变化一个周期认为是变化了一个 360° (即 2π)，那么在一秒钟里转过的频率 f 乘以 2π 就成了该交流电的角频率，通常用 ω 来表示，即角频率 $\omega = 2\pi f$ ，角频率以每秒弧度 (rad/s) 为单位。

交流电的波形可以是各种各样的，常见的有正弦波、方波、三角波、锯齿波等。特别需要指出的是，波形为正弦曲线的交流电，在实用和理论分析方面都有着极其重要的价值。任何其他复杂形状

波形的交流电，都可以看成是由一个直流电和无限多个不同频率的正弦波交流电叠加而成的。我们平时所说的交流电，绝大多数指的是正弦交流电。

交流电的大小和方向时时刻刻都在发生着变化，表示其大小的方法较多。例如对于普通的标准正弦波交流电，它的大小可以用峰值、有效值、平均值等表示。为了便于大家了解这些名称的含义和它们之间的关系，以下介绍这些名称的物理意义。

峰值。它是从交流电压 u （或交流电流 i ）波形瞬时值的角度定义的，指交流电在一个周期内，交流电压或电流瞬时能够达到的最大值。符号用 $u_{\max}$ 或 $i_{\max}$ 表示，其中 u 、 i 表示电压或电流，下标 $\max$ 表示最大值。正弦交流电可以用峰值表示法表示为 $u = u_{\max} \sin \omega t$ 。

有效值。它是从热功率的角度定义的。如果一个交流电加在一个电阻上所产生的热功率与另一个稳定的直流电加在同一个电阻上产生的热功率相等，这个直流电的电压或电流值就称为被测交流电的电压或电流的有效值。有效值常以大写的 U 或 I 来表示。根据计算，正弦交流电压的有效值 U 为其最大瞬时值 $u_{\max}$ 的 $\sqrt{2}$ 倍，即 $u_{\max} = \sqrt{2} U$ 。电流的表示方法也一样。因此，正弦交流电又可以用函数表示为 $u = \sqrt{2} U \sin \omega t$ 。

平均值。它是指在一段时间内将交流电压（或电流）的大小取平均数，即计算交流电压（或电流）波形在一段时间内的积分平均值。这个定义严格地解释起来，需要用到高等数学积分的概念。简单地讲，交流电流的平均值等于一段时间内流过电路的总电荷数与这段时间的比值。电压平均值等于电流平均值与电路电阻的乘积。正弦交流电的平均值一般指正半周期内的平均值，可以计算出其值等于峰值 $u_{\max}$ 的 $\frac{2}{\pi}$ 倍。

通常情况下，我们说一个交流电源的电压是多少伏，是指它的

有效值是多少伏。例如，我们平时用到最多的 220V 交流电，指的就是这个交流电源电压的有效值为 220V。它的峰值并不是 220V，根据上面的介绍的公式，我们可以很方便地计算出它的峰值电压实际上为 311V ($\sqrt{2} \times 220\text{V}$)。因此，考虑电路中电子元器件的耐压时，必须按照它在电路中可能承受到的交流峰值电压大小来考虑，而不能只考虑有效值大小。比如，用在 220V 有效值交流电源电压下的电容器，它的耐压值至少得有 311V 以上，否则就极易被击穿损坏。但是在考虑电路中电子元器件的最大允许电流时，正好和考虑元器件的耐压值的情况相反，往往是按照交流电流的平均值来考虑的。比如，最大电流为 1A 的整流二极管，在峰值为 $\frac{\pi}{2}$ A 的正弦交流电流下能够正常工作，并不会被烧毁。

交流电源的应用是最广泛的。各种发电站发出的电和高、低压电网传输的电绝大部分是交流电；日常所用的 220V（有效值）市电和 380V 工业用电都是周期为 0.02s（或频率为 50Hz）的正弦波交流电；传送信号的无线电波或有线电波也都是交流电；各种起重设备的大功率电动机也都使用交流电；家用电器大多数也使用交流电。

交流电源有一个极大的好处是使用起来非常灵活和方便，它的供电电压大小可以用变压器来随意改变。利用这个特点，只要有某一电压的交流电源，就可以通过变压器得到一个或多个不同电压的交流电供电电源。这样，当一个用电设备需要提供多个不同大小的交流电压才能工作时，我们就不必为给每一种交流电压铺设一条电力线路而烦恼了。

二、直流电源

直流电源是指电压或电流的方向不随时间改变的电源。可以想象得出，直流电源的波形曲线一定始终落在坐标横轴的一侧，不是

在上方就是在下方。如果一个直流电源的电压比较稳定，它的供电电压大小就不会随时间变化，这样的直流电就称为稳定直流电源。如果一个直流电源电压的方向虽然不随时间而变，但其大小会随时间而变化，这样的直流电源称为脉动直流电源。直流电源电压的具体波形如图 1-2 所示。

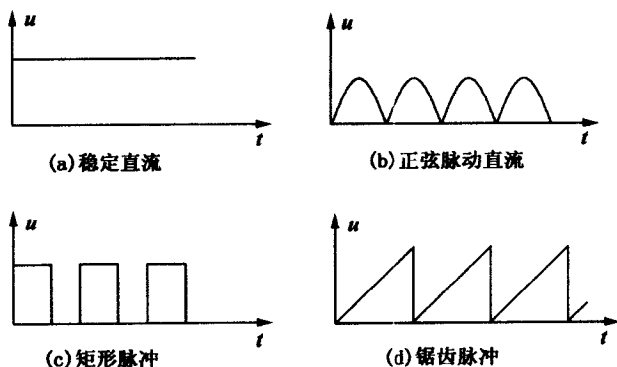


图 1-2 各种直流电的波形

日常生活中经常用到的干电池、蓄电池等都是稳定的直流电源。太阳能电池也是稳定的直流电源。交流市电经过二极管整流器（整流将在后面详细介绍）整流后可以变成直流电，但这样得到的直流电是脉动的直流电。

绝大多数电子设备（包括家用电器）在工作时都需要使用直流电源。虽然这些设备从表面上看起来用的是 220V 交流电，但实际上这些设备的内部大多数安装有一个整流稳压电路装置，就是这个装置把供电电网所提供的 220V 交流电变成稳定的直流电后再供给设备的各部分电路使用。不同的电子设备内部所需要的直流电源电压是大相径庭的。低的像电子手表只需一粒 1.5V 的纽扣电池就行；高的像彩色电视机中的显像管内和医院 X 光机中的直流电压达几万伏。

三、交流电和直流电的比较

交流电与直流电最根本的区别在于前者的极性和方向会不断变化，而后者的极性和方向是不会改变的。正是这一点决定了两者的差异。表 1-1 列出了交流电与直流电的一些特点。

表 1-1 交流电、直流电的特点

比较项目	交流电	直流电
方向（极性）	随时间变化	不随时间变化
大小	一般随时间变化	可以随时间变化，也可以不变
能否任意升降电压	能	不能
电力输送时的损耗	大	小
干扰	大	小
主要用途	电力输送、交流电动机等	作为各种电子设备的电源
典型电源	发电机	电池、直流稳压电源

交流电与直流电是可以互相转变的。交流电源可以通过整流电路转变成直流电源。事实上，大多数电子设备（包括家用电器）内部所需的直流电源都是由交流电源经过变压器降压、晶体二极管整流，再用电容器滤波、稳压电源电路稳压等处理后得到的。因为可以方便地改变交流电源供电电压，而且交流电网能提供的功率要比普通电池大得多，所以交流电源得到了最广泛的应用。相反，直流电源也可以转变成交流电源，这个过程一般被称为逆变。例如计算机使用的不间断电源（UPS）提供的交流电、应急荧光灯等所要求的交流电，就是把蓄电池所提供的稳定直流电通过逆变电路变成交流电，再通过变压器升压得到设备正常工作所需的交流电源电压。

在许多用电设备中，交流供电和直流供电往往是同时存在，并且共同发挥作用的。例如，在彩色电视机中，220V 50Hz 的交流

电源首先通过主电源电路变成一个稳定的直流电源，供给部分电路工作，同时又把这个直流电源再变成 15 625Hz 的交流电，经过行输出变压器得到从十几伏到几万伏不等的高频交流电压，这些交流电压或者直接供给有关电路使用，或者经整流滤波成直流电后再供给其他有关电路或显像管使用。在后叙中，还将看到交流与直流之间深刻而密切的联系。

第二节 稳定电源

一、稳定电源问题的提出

众所周知，各种用电设备能够正常工作，对电源都有一定的要求。例如家用电冰箱、洗衣机、彩色电视机等，都要求工作在 220V 交流电源下。当供电电源的电压变化太大，明显超出一定范围时，这些电子设备就不能正常工作了，轻则使设备性能变差，重则使设备遭到损坏，甚至报废。

对于使用电池供电的电子设备而言，当电池耗尽，电源电压下降时，更换新的电池就可以了。但对于使用交流电供电的设备来说，电源电压的稳定性往往决定于供电电网系统本身，一般情况下用户是无法自行控制的。所以当供电系统受到某种因素影响时，供电交流电源电压的变化就有可能超出电子设备能够承受的允许范围。显然，像更换电池一样让用户换一条电力线路供电是不现实的。为了适应电网供电电压可能出现的这种变化，稳压电源就应运而生。

所谓稳压电源，是指当输入电压或者负载在较大范围内波动时，电源的供电电压保持稳定，不会发生明显的变化，或者只在很小的允许范围内变化。实际上，稳压电源本身也是一种电子设备，所以当输入供电电压的变化超出稳压电源本身所允许的范围后，它

提供的输出电压也将无法保持稳定。同时，所谓的稳压也不是绝对的，而只是变化得较小而已。不同的用电对象对电源电压稳定度的要求也有所不同。

如果稍留心一点，我们就会在很多家用电器的说明书上看到这种家电可以正常工作的电压范围。例如一些电视机可以在交流 170~240V 的范围内工作；一些计算机的显示器的最低工作电压可以到交流 100V；很多计算机允许在交流 180~260V 内工作等。这些家电之所以能在电网电压变化如此之大时仍能正常工作，机内的稳压电源功不可没。

稳压电源也有交流稳压电源和直流稳压电源之分。相对而言，直流稳压电源是应用最广泛的一类稳压电源。此外，在一些交流电网电压特别不稳定的地区，或者在对交流电源供电电压稳定性要求特别高的场合下（例如计算机机房），常常使用交流稳压电源。交流稳压电源的稳压原理与一般的直流稳压电源不太一样，本书暂不讨论这种稳压器。读者如有兴趣，可以自行参考有关资料。

在广义的范围内，与直流稳压电源相对应，稳定电源还应该包括直流稳流电源。顾名思义，直流稳流电源就是输出稳定电流的直流电源，也就是当输入电压或者负载电阻在较大范围内变化时，电源的输出电流几乎不会发生变化。在日常生活中，稳流电源的使用范围不如稳压电源来得广泛，但在一些特殊的场合，比如超导线圈的励磁电路中，稳流电源有其独到的用途。本书也暂不讨论这种稳压器。读者如有兴趣，可以自行参考有关资料。

二、直流稳压电源的要求和指标

直流稳压电源最根本的作用就在于限制输出电压的变化范围，向负载提供稳定的直流电压。实际上，稳压电源的主要用途除了作为普通的直流电源向负载供电外，在一些场合下并不直接向负载供电，而是作为一种稳定的直流电压基准，与电路的某些参数作比