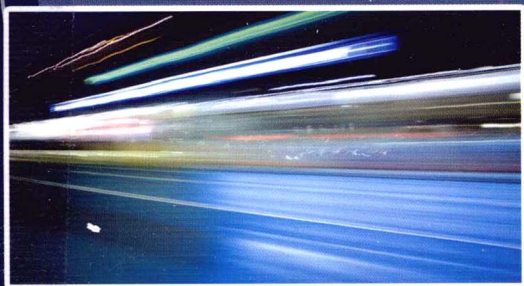




普通高等教育“十二五”规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

电子系统设计基础

林建英 吴振宇 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材
电子信息科学与工程类专业规划教材

电子系统设计基础

林建英 吴振宇 编著

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书依据高等学校工科电子技术实践教学大纲的基本要求,并结合作者多年教学实践及科研经验编写。全书以电子系统设计为目标,系统地介绍了电子系统设计的相关理论和技术。全书共7章,主要包括:模拟电子电路设计、可编程逻辑器件开发应用、VHDL语言与数字电路设计、单片机系统开发、多种键盘/显示接口设计、并行总线接口设计、串行总线接口设计等,并提供大量设计实例。本书的姊妹篇《电子系统设计与实践》也将同步出版。

本书可作为高等学校电子类专业本科电子系统设计与实践课程及课外科技创新等实践环节的教材,也可作为全国大学生电子设计竞赛培训的基础教材,还可作为电子制作、课程设计、毕业设计的参考书,并可供电子工程设计人员进行电子电路设计与制作时学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子系统设计基础 / 林建英, 吴振宇编著. —北京: 电子工业出版社, 2011.5

电子信息科学与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-121-12052-7

I. ①电… II. ①林…②吴… III. ①电子系统—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TN02

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第204257号

策划编辑: 王羽佳

责任编辑: 李秦华

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.25 字数: 518千字

印 次: 2011年5月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

本书依据高等学校工科电子技术实践教学大纲的基本要求，并结合作者多年教学实践及科研经验编写，同系列的《电子系统设计与实践》也将同步出版。

本书针对电子系统设计特点，为满足高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类等工科专业学生学习电子设计知识的需要而编写。本书详细分析不同电子系统设计中相关的设计思想方法及技术类型与特点，系统地介绍电子系统设计的基础训练与设计思路。

本书叙述简明扼要、由浅入深、循序渐进，由总体到局部系统地引出各章内容，分层递进展开相关技术，各章开头根据内容的不同，从不同的角度简要介绍了与本书相关的概念与定义、技术发展状况、产品市场及应用领域。针对电子技术多元化的趋势，本书立足电子系统设计基础，掌握目前电子系统设计中常用的和流行的设计方法和设计技术，给出多样化设计示例。设计部分配有相应的设计实训，提供了大量的汇编语言、C 语言和 VHDL 语言源程序等，以利于自学与实践。为了方便不同读者的需求，本书既可应用于普通高校本科阶段教学，也可为学有余力的同学提供进阶性设计的参考。

全书共分 7 章，第 1 章介绍常用模拟电路设计及常用器件使用。第 2 章介绍 ALTERA 可编程逻辑器件开发环境。第 3 章介绍 VHDL 语言与数字电路设计。第 4 章介绍单片机及 C 语言基础及开发过程。第 5 章介绍多种键盘/显示接口设计。第 6 章介绍并行总线概念及接口设计技术与相关器件使用。第 7 章介绍串行总线概念及接口技术设计与相关器件使用。为了体现本教材的综合性、设计性和实践性，书中对每一种典型电子系统都提供了设计原理框架，由读者自行选择系统设计方案。例如，单片机系统、FPGA 系统或 FPGA+单片机系统方案，使用汇编语言，或 C 语言，或 VHDL 语言设计，各种器件选择时基本采用当前的主流芯片。书中介绍的硬件电路和软件全部经过实际仿真调试通过。

本书由林建英拟订大纲和目录。吴振宇编写了第 1 章，第 7 章由林建英和吴振宇编写，其余由林建英编写，大连理工大学的李胜铭、周其辉、李航、高苗苗、廖科源、刘东旭和李林等同学参加了程序调试和图表制作等工作。全书由林建英统稿。

在本书的编写过程中，得到了大连理工大学电子信息与电气工程学部、信息与通信工程学院及创新实验学院的大力支持，电工电子实验中心主任金明录教授和李建华教授为本书提出了很多宝贵的建议。在此向他们表示最衷心的感谢！

在本书的编写过程中，参考了大量的国内外著作和资料，在此向其作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限和编写时间仓促，难免有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者
于大连理工大学

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 常用模拟电路设计及常用器件使用简介	(1)
1.1 模拟系统设计特点	(1)
1.2 稳压电源电路设计	(2)
1.2.1 直流稳压电源的基本结构	(2)
1.2.2 线性直流稳压电源的设计	(4)
1.2.3 开关直流稳压电源的设计	(5)
1.3 信号发生电路设计	(6)
1.3.1 函数信号发生器	(6)
1.3.2 锁相环频率合成器	(9)
1.3.3 移相电路	(10)
1.3.4 直接数字频率合成芯片	(11)
1.4 信号选择电路设计	(14)
1.4.1 多路信号选择电路	(14)
1.4.2 有源滤波电路	(14)
1.5 信号调理电路设计	(16)
1.5.1 常用运算电路	(16)
1.5.2 常用运算放大器及应用举例	(19)
1.5.3 小信号放大与专用仪用放大器	(21)
1.5.4 电压-频率转换电路	(23)
1.5.5 信号整形电路	(24)
1.6 常用驱动电路设计	(26)
1.6.1 步进电机控制	(26)
1.6.2 直流电机控制	(28)
1.7 控制单元电路设计	(30)
1.7.1 声控电路及其设计	(30)
1.7.2 光控电路及其设计	(31)
1.7.3 红外遥控电路及其设计	(32)
1.8 设计训练题	(33)
1.8.1 数控稳压电源设计	(33)
1.8.2 可控增益放大器	(33)
1.8.3 数字式移相式信号发生器	(34)
第 2 章 ALTERA 可编程逻辑器件开发环境	(35)
2.1 主要可编程逻辑器件厂商	(35)

2.2	ALTERA FPGA 系列可编程逻辑器件特点	(35)
2.3	Maxplus II 工具软件的使用	(40)
2.3.1	MAX+PLUS II 工具软件特点	(41)
2.3.2	MAX+PLUS II 主要设计流程	(42)
2.3.3	MAX+PLUS II 环境的使用	(42)
2.4	Quartus II 工具软件简介	(50)
2.4.1	Quartus II 工具软件特点	(50)
2.4.2	Quartus II 主要设计流程概述	(51)
2.4.3	Quartus II 环境的使用	(52)
2.4.4	Quartus II 中的宏模块库	(61)
2.4.5	宏模块存储器设计	(62)
2.4.6	IP 核的使用	(68)
2.5	设计训练题	(69)
第 3 章	VHDL 语言与数字电路设计	(71)
3.1	VHDL 和 Verilog HDL 的比较	(71)
3.2	VHDL 语言设计基础	(72)
3.2.1	VHDL 语言基本结构	(72)
3.2.2	VHDL 基本数据类型与命令语句	(74)
3.2.3	VHDL 语言常用的并行语句	(78)
3.2.4	VHDL 语言常用顺序语句	(80)
3.3	常用组合电路模块设计	(82)
3.3.1	数据选择器和数据分配器	(82)
3.3.2	数据比较器	(83)
3.3.3	译码显示	(84)
3.4	常用时序电路模块设计	(86)
3.4.1	时钟信号与复位信号的 VHDL 描述	(86)
3.4.2	奇数与偶数分频器	(87)
3.4.3	数据锁存器和计数器	(90)
3.4.4	移位寄存器与并/串转换和串/并转换	(93)
3.5	状态机设计	(96)
3.5.1	状态机设计优势	(96)
3.5.2	状态机设计的一般过程及方法	(97)
3.5.3	状态机结构及编码	(98)
3.5.4	Moore 状态机和 Mealy 状态机	(100)
3.6	数字方式排除毛刺信号	(105)
3.6.1	利用 D 触发器进行信号延时	(105)
3.6.2	去抖动电路	(106)
3.7	乘法器运算与实现	(106)

3.7.1	竖式乘法器	(107)
3.7.2	移位乘法器	(108)
3.8	除法器算法与实现	(110)
3.8.1	定点除法器	(111)
3.8.2	求商取余除法器	(112)
3.8.3	移位除法器运算	(116)
3.9	模块化 4 种整合设计实例	(118)
3.10	设计训练题	(124)
第 4 章	单片机开发基础	(126)
4.1	单片机概述	(126)
4.1.1	单片机品种与应用领域	(126)
4.1.2	单片机的选择原则	(127)
4.2	AT89S52 单片机简介	(128)
4.2.1	AT89S52 单片机功能与特点	(128)
4.2.2	AT89S52 单片机基本结构	(129)
4.3	C51 系列单片机基础知识介绍	(140)
4.3.1	C51 系列单片机语言开发的特点	(140)
4.3.2	C51 语法基础	(141)
4.3.3	Keil 软件使用要点	(142)
4.3.4	C51 系列单片机程序结构	(145)
4.3.5	C51 系列单片机程序的优化	(146)
4.3.6	C51 系列单片机与汇编语言的混合编程	(148)
4.4	Proteus 单片机仿真软件	(151)
4.4.1	Proteus 仿真软件简介	(151)
4.4.2	Proteus 软件快速入门	(152)
4.5	AT89ISP 编程软件的使用	(154)
4.6	基于 AT89S52 单片机简易数字频率计设计	(155)
4.7	设计训练题	(157)
第 5 章	人机交互通道配置与接口设计	(159)
5.1	非编码键盘	(159)
5.1.1	独立式结构	(159)
5.1.2	矩阵组合编码结构	(160)
5.1.3	矩阵键盘扫描法程序设计	(161)
5.2	LED 数码显示接口电路	(165)
5.3	专用键盘/显示接口设计	(167)
5.3.1	显示接口芯片 MAX7219	(167)
5.3.2	键盘/显示接口芯片 HD7279/ZLG7289	(174)
5.3.3	键盘/显示接口芯片 ZLG7290	(182)

5.4	字符型液晶显示模块	(188)
5.4.1	LCD1602 简介	(188)
5.4.2	LCD1602 并行接口与设计编程	(192)
5.5	LCD12864 点阵型液晶显示模块	(196)
5.5.1	LCD12864 简介	(196)
5.5.2	LCD12864 串行、并行接口设计例程	(201)
第 6 章	基于并行总线系统设计	(206)
6.1	模/数转换器	(206)
6.1.1	模/数转换器概述	(206)
6.1.2	8 位并行 A/D 转换器 ADC0809	(208)
6.1.3	8 位高速并行 A/D 转换器 TLC5510	(214)
6.2	数/模转换器	(218)
6.2.1	数/模转换器概述	(218)
6.2.2	8 位并行 D/A 转换器 DAC0832	(219)
6.2.3	8 位高速并行 D/A 转换器 TLC7528	(226)
6.3	单片机与 FPGA 并行通信接口设计	(230)
6.3.1	单片机与 FPGA 并行单向通信接口设计	(230)
6.3.2	单片机与 FPGA 并行双向三态通信接口设计	(232)
6.4	基于 FPGA 的数据采集与回放实例	(235)
6.4.1	系统功能与原理	(235)
6.4.2	数据采集控制	(235)
6.4.3	直流电压转换	(238)
6.4.4	峰值检测	(240)
6.4.5	D/A 转换回放	(241)
6.5	设计训练题	(242)
6.5.1	数字式移相式信号发生器	(242)
6.5.2	单路信号采集存储与回放系统	(242)
第 7 章	基于串行总线系统设计	(243)
7.1	1-wire 接口设计	(243)
7.1.1	1-wire 接口介绍	(243)
7.1.2	DS18B20 工作原理	(244)
7.1.3	DS18B20 编程设计	(246)
7.2	SPI 总线接口设计	(251)
7.2.1	SPI 总线简介	(251)
7.2.2	SPI 总线的温度传感器 TMP122	(252)
7.2.3	SPI 总线的 12 位串行 A/D 转换器 TLC2543	(255)
7.2.4	SPI 总线的 12 位串行 D/A 转换器 TLC5618	(258)
7.2.5	SPI 总线的存储器及看门狗芯片 X5045	(261)

7.2.6	串行实时时钟芯片 DS1302	(265)
7.3	I ² C 总线接口设计	(270)
7.3.1	I ² C 总线概述	(270)
7.3.2	I ² C 总线协议	(271)
7.3.3	I ² C 总线编程示例	(274)
7.3.4	I ² C 总线数字温度传感器	(278)
7.3.5	I ² C 串行总线 E ² PROM 存储芯片 AT24C02	(282)
7.3.6	I ² C 串行实时时钟芯片 PCF8563	(287)
7.4	单片机与 FPGA 双向串行通信接口设计	(293)
7.4.1	单片机与 FPGA 双向串行接口结构	(293)
7.4.2	双向串行接口原理与时序	(293)
7.4.3	程序设计及波形仿真	(293)
7.5	基于 ADC0832 的直流数字电压表设计实例	(296)
7.5.1	双通道 8 位串行 A/D 转换器 ADC0832	(296)
7.5.2	ADC0832 实现数据采集与转换	(298)
7.5.3	直流数字电压表的设计与 Proteus 仿真	(299)
7.6	设计训练题	(304)
7.6.1	数字式多路温度检测系统	(304)
7.6.2	多路数据采集系统	(305)
7.7	通用串行异步总线	(306)
7.7.1	RS-232 标准	(306)
7.7.2	RS-485 标准	(308)
7.7.3	串口调试软件	(312)
参考文献		(313)

第1章 常用模拟电路设计及常用器件使用简介

模拟电路是处理模拟信号电路的统称，主要完成对小信号的变换、放大及输出，这其中也包括了这些电路的所需要的电源等电路。在电子系统设计中模拟信号处理的好坏决定着整个系统的带宽、稳定性等关键指标，合理的模拟处理电路再辅以数字补偿、滤波等抗干扰措施会提高整个系统的性能。本章主要介绍常用的模拟信号处理电路，包括电源设计、信号产生、滤波电路、信号放大、信号转换、仪用放大、信号整形等电路，最后介绍了部分常用直流电机驱动电路及传感器应用电路。

1.1 模拟系统设计特点

与数字电子系统相比，模拟电子系统有以下一些特点。

(1) 工作在模拟领域中单元电路的种类多。例如，各种传感器电路、电源电路、放大电路、音频电路、视频电路，性能各异的振荡、调制、解调电路等。

(2) 要求电路实现规定的功能，更要达到规定的指标。模拟电路一般要求工作在线性状态，因此电路的工作点选择、工作点的稳定、运行范围的线性程度、单元之间的耦合等都很重要。

(3) 系统的输入单元与信号源之间的匹配、系统的输出单元与负载（执行机构）之间匹配。模拟系统的输入单元要考虑输入阻抗匹配，提高信噪比，抑制各种干扰和噪声。输出单元与负载的匹配，且输出最大功率和提高效率等。

(4) 调试电路的难度。一般来说模拟系统的调试难度要大于数字系统的调试难度，特别是对于高频系统或高精度的微弱信号系统难度更大。这类系统中的元器件布置、连线、接地、供电、去耦等对性能指标影响很大。要想完成模拟系统的设计，除了设计正确外，设计人员具备细致的工作作风和丰富的实际工作经验显得非常重要。

(5) 人工设计在模拟系统设计中仍起着重要的作用。当前电子系统设计工作的自动化发展很快，但主要在数字领域，而模拟系统的自动化设计进展比较缓慢。

在设计步骤方面，模拟系统也与数字系统有着很大的区别。

总体方案设计：对系统功能、性能、体积、成本等多方面做权衡比较，确定方案。分立器件、功能级集成电路、系统级集成电路，直至 ASIC 电路，它们都可能适用系统设计。

划分功能块，设计总框图：根据系统功能、总体指标，按信号流向划分功能块。应考虑指标分配、装配连接合理性等因素。

功能电路设计：根据各功能电路的功能和指标，完成功能电路的设计。设计功能电路时应首选集成电路，计算该集成电路外部电路的参数。

系统原理图设计：系统原理图的设计需要解决两个方面的问题，单元电路之间的耦合和整体电路的配合。

设计印制电路板布线图, 考虑测试方案, 设置测试点: 由于模拟系统的特殊性, 元件布置和印制电路板布线显得更为重要。例如, 有用输入信号很小, 小到微伏级, 且各单元电路大多处于线性工作状态, 对干扰的影响极为敏感。最终设计的模拟系统能否达到预期要求, 要经过调试和测量才能得出。

模拟系统设计与数字系统设计有很大差别:

① 模拟系统自动化设计工具少, 器件种类多, 实际因素影响大, 其人工设计成分比数字系统大得多, 对设计者的知识面和经验要求高。

② 由于客观环境的影响, 模拟电路、特别是小信号、高精度电路以及高频、高速电路的实现远不可能单由理论设计解决。它们与实际环境、元器件性能、电路结构等有着密切关系。因此在设计模拟系统时, 不单单是设计电路, 还要选用正确的元器件, 设计实现电路结构(如印制板设计), 才能达到设计要求。

1.2 稳压电源电路设计

通常在电子系统中, 都需要有直流稳压电源供电。电源电路的性能与质量关系到整个系统的稳定性和可靠性。因此, 电源电路的设计是电路设计中非常重要的一个环节。图 1.1 是常见直流稳压电源电路的整体框图。

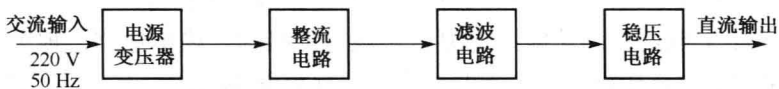


图 1.1 直流稳压电源电路的整体框图

直流稳压电源一般要求从 220 V/50 Hz 的市电中获取电能, 通过变压器降压、整流、滤波以及稳压等几个环节, 最后得到一个稳定在指定电压的纯净的直流电源。如果电能不是从电网中获得, 而是来源于电池或其他直流电源, 则不需要变压、整流和滤波环节, 而是直接通过稳压电路将输出电压稳定在某个特定值。

1.2.1 直流稳压电源的基本结构

(1) 变压器

如果要设计的直流稳压电源需要从市电中获取电能, 则首先要使用工频变压器将 220 V 的市电降至所需的电压。在选择变压器时应注意两点: 一是变压器的容量, 必须能够满足负载的功率需求; 二是变压器的副边额定电压, 必须对稳压器件有足够的压差。如果对系统噪声、电磁干扰比较敏感, 可以考虑使用环形变压器。

(2) 单相整流电路

整流电路的作用是将变压器输出的交流电变换为脉动的直流电, 通常由一至多个二极管组成。而滤波电路的作用就是抑制脉动的直流电的波动, 使其尽量平稳, 通常由电容和电感元件组成。

图 1.2 中的电路称为桥式整流电路。它由 4 个二极管按电桥形式连接构成。变压器二次侧交变电压在正半周期经二极管 VD_1 、 VD_3 导通, 负半周期经 VD_2 、 VD_4 导通, 从而在负载上形成单向的脉动的电压波形。整流后的直流电压波形如图 1.3 所示。

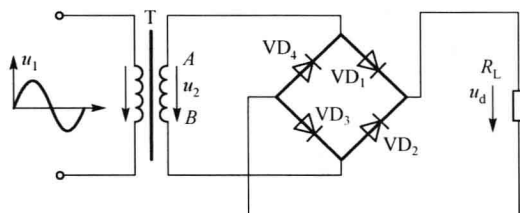


图 1.2 桥式整流电路

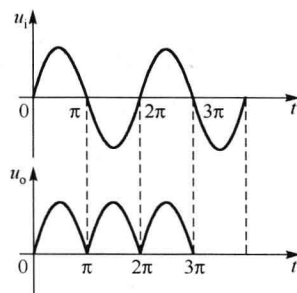


图 1.3 整流后的电压波形

整流后负载上的平均电压

$$U_L = 0.9U_2$$

负载平均电流

$$I_L = \frac{0.9U_2}{R_L}$$

在选用整流桥或整流二极管时，同样要考虑最大电流和最高反向耐压。由于二极管 VD_1 、 VD_3 和 VD_2 、 VD_4 轮流导通，因此，流经每个二极管的平均电流为

$$I_D = 0.5I_L = \frac{0.45U_2}{R_L}$$

u_2 正半周时， VD_1 、 VD_3 导通， VD_2 、 VD_4 截止， VD_2 、 VD_4 所承受的最高反向电压为变压器二次侧电压的最大值，因此，每只二极管承受的最高反向电压为

$$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$$

负半周时情况是类似的， VD_1 、 VD_3 承受相同的反向耐压。

(3) 滤波电路

滤波电路的作用主要是抑制脉动的直流电的波动，使其尽量平稳，通常由电容和电感元件组成。最简单的滤波电路通常可以由单个电容构成。

如图 1.4 中所示，直接将电容并接在整流桥的直流输出端，即可起到滤波作用。当直流电压升高时，电容 C 充电储能；直流电压降低时，电容充当电源放电，从而起到平滑负载电压的作用，经过电容滤波的负载电压波形如图 1.5 所示。

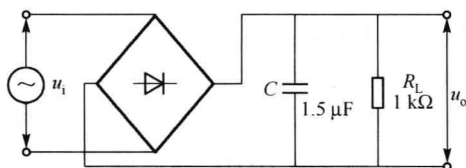


图 1.4 电容滤波电路

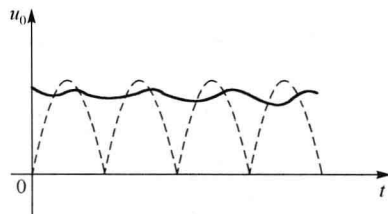


图 1.5 经过电容滤波的负载电压波形

有时为了获得较平滑的负载电流，也可在滤波电路中串入电感，以抑制电源电压波动带来的电流急剧变化。

1.2.2 线性直流稳压电源的设计

经过整流滤波的直流电源，通常含有较大的纹波，这对于要求稳定供电的电子系统是不能接受的，特别是精密模拟器件。因此，一个合格的直流稳压电源需要在末端加入一个稳压器件来保证电源直流输出的稳定程度和纯净度。

线性直流稳压器是一种利用半导体器件的线性工作状态来调整输出电压的一类稳压器件。线性直流稳压电源具有输出纹波小、调节响应快、工作产生的噪声低、外围电路简单、价格低廉等优点。

(1) 三端固定式稳压器 LM78XX 与 LM79XX

该系列三端集成稳压器是最常见的固定电压线性直流稳压器。该系列稳压器有过流、过热和调整管安全工作区保护，防止过载而造成损坏。78 系列或 79 系列后缀的数字表示该型号稳压器输出的电压值，常见的型号有 LM7805、LM7806、LM7808、LM7809、LM7810、LM7812、LM7815、LM7818、LM7824，79 系列类似型号输出对应负电压值的三端集成稳压器。

图1.6中的电路是使用线性直流稳压器 LM7812、LM7912 构成的 $\pm 12\text{ V}$ 直流稳压电源。该电源从电网中获取电能，经变压器从 220 V 交流降至双 16 V 交流。通过整流桥整流、电容滤波后，由 LM7812、LM7912 稳压，得到稳定的 $\pm 12\text{ V}$ 直流电源输出，变压器中间抽头作为公共地。LM7812、LM7912 外围电路非常简单，输入端由大小电容并联构成滤波电路。大电容用于对整流输出的直流电压平波，小电容一方面用于抵消大电容的寄生电感，另外，不同容量的小电容对不同频率的高次谐波也有较明显的抑制作用。稳压器输出端也可视情况并联一些大、小电容，大电容用于克服负载突然变化带来的电压波动，小电容起去耦作用。

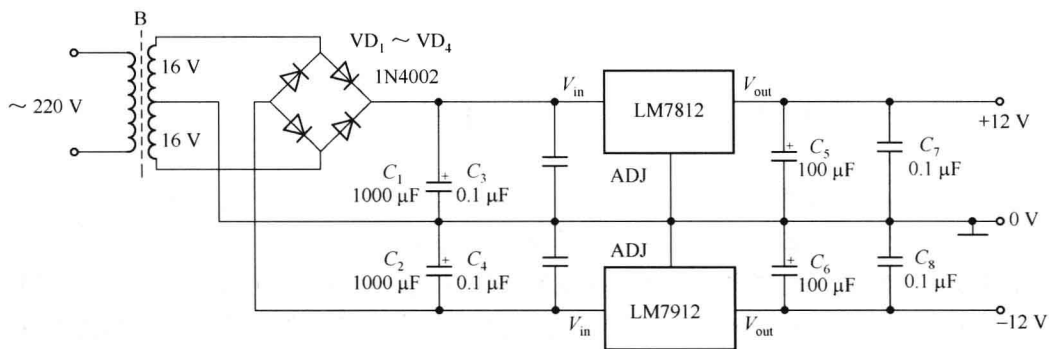


图 1.6 用 LM7812、LM7912 制作 $\pm 12\text{ V}$ 直流稳压电源

(2) 三端可调式集成稳压器 LM317/LM337

三端可调式集成稳压器三端固定式集成稳压器原理类似，不同的是这类稳压器可以通过一个调节端来调节输出电压值。LM317、LM337 是这类器件最常见的型号。其中 LM337 是三端可调式集成负稳压电源芯片，图1.7是三端可调式集成稳压芯片 LM317 的一种典型应用电路，与固定式集成稳压芯片相比，该芯片多出一个调节端 ADJ，通过调节图中 R_2 的电阻值来调节输出电压范围。输出电压 V_{OUT} 的值由以下公式确定：

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{REF}} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{\text{ADJ}} R_2$$

其中, V_{REF} 是 V_{OUT} 与 ADJ 两脚间的电压, I_{ADJ} 是流出 ADJ 引脚的电流。 R_1 的取值范围通常为 $120 \sim 240 \, \Omega$, R_2 的大小需要根据输出电压调节范围来确定。通常, 输入电压 V_{IN} 为 $25 \, \text{V}$ 时, 输出电压的调节范围在 $1.2 \sim 20 \, \text{V}$ 。

1.2.3 开关直流稳压电源的设计

线性直流稳压电源具有原理和外围电路简单、价格低廉、输出稳定、纹波小等优点。但是, 线性直流稳压电源通常在效率方面不是很理想。当调整压差较大时, 会有很大一部分功率以发热的形式损失在调整管上。因此, 对效率和发热要求严格的系统不适合使用线性直流稳压电源。

开关电源是另一种常见的直流稳压电源。它利用半导体器件的通断状态来调整输出电压。由于半导体调整管只工作在饱和截止两种状态, 导通时管压降 V_{CES} 和截止电流 I_{CEO} 都很小, 损耗主要发生在调整管状态变化时。一般来讲, 开关电源的效率可以达到 $80\% \sim 90\%$ 甚至更高。

开关电源的主要缺点在于它的输出电压纹波比线性稳压电源要大一些, 并且工作时可能会产生一定的高频干扰, 电路结构也比较复杂, 元器件要求较高。目前, 随着开关电源技术的日趋完善, 这些不足已经得到了很大的改善, 尤其是集成化开关电源芯片的出现, 让我们能更容易地设计出高可靠性的开关电源。

LM2576 是一种降压型集成开关稳压电源芯片。它能够提供 $3 \, \text{A}$ 的电流输出, 内部集成了振荡器、基准源、保护电路等结构, 只需少量外围器件就可以完成性能优良的开关电源电路。LM2576 系列开关电源芯片提供了 $3.3 \, \text{V}$ 、 $5 \, \text{V}$ 、 $12 \, \text{V}$ 及可调输出的四种型号, 输入电压范围可宽达 $4 \sim 40 \, \text{V}$, 因此, 使用起来非常灵活。

图 1.8(a) 是 LM2576-5.0 固定电压输出型稳压电源的设计。电感 L_1 的值, 需要根据输出电压、最大输入电压、最大负载电流等因素来选择。在 LM2576 的数据手册中, 有很详细的电感选择表格供参考。二极管 VD_1 必须使用肖特基二极管, 其额定电流要大于负载最大电流的 1.2 倍, 反向耐压应大于最大输入电压的 1.25 倍, 推荐使用 1N582x 系列肖特基二极管。输出电容 C_{OUT} 的选择可参考以下公式:

$$C_{\text{OUT}} \geq 13\,300 \times \frac{V_{\text{IN}}(\text{Max})}{V_{\text{OUT}} \cdot L(\mu\text{H})} (\mu\text{F})$$

其中, V_{IN} 是最大输入电压, V_{OUT} 是输出电压, L 是选择的电感值。合适的输出电容可以保证输出电压有更小的纹波。电容的耐压值应达到输出电压的 1.5 倍以上。

可调输出电压型的 LM2576-ADJ 的参考设计如图 1.8(b) 所示, 其电路结构与参数选择与固定输出电压型稳压芯片基本类似, 不同的是需要调节反馈电压来调整输出值。LM2576-ADJ 输出电压与电阻 R_1 、 R_2 的关系由以下公式确定:

$$V_{\text{OUT}} = 1.23 \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

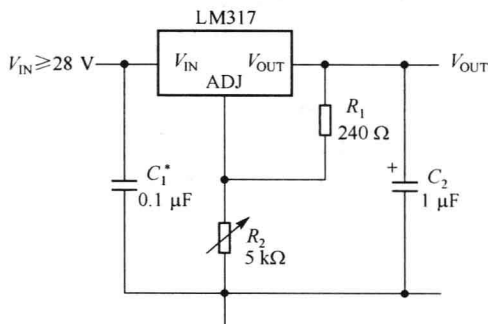


图 1.7 LM317 三端可调式集成正稳压电源的应用电路

式中, R_1 的取值范围为 $1 \sim 5 \text{ k}\Omega$ 。如 R_1 取 $1 \text{ k}\Omega$ 时, 要得到 10 V 的输出电压, R_2 应该为 $7.13 \text{ k}\Omega$, 可以选用最接近的 $7.15 \text{ k}\Omega$ 的电阻。

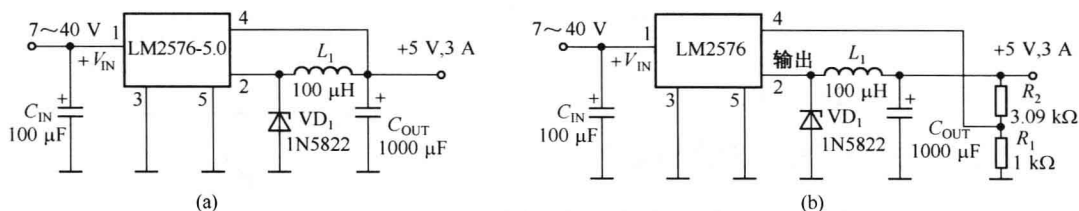


图 1.8 LM2576 系列开关电源芯片外围电路的设计

在实际应用中, 可以充分发挥线性稳压电源和开关电源的优点, 结合使用, 来获得高效率低纹波的直流稳压电源。比如, 需要从 40 V 的直流电源中获得 5 V 的直流稳压电源, 直接使用 LM7805 稳压将产生非常大的发热, 甚至不能连续长期稳定工作。这时, 可以使用 LM2576-ADJ 进行一次降压, 输出 7.5 V 左右的直流电源。再使用 LM7805 线性稳压电源进行进一步稳压, 即可获得纯净、稳定的 5 V 直流电源。

1.3 信号发生电路设计

信号发生电路多种多样, 一般而言, 主要包括 LC 振荡器、RC 振荡器、石英晶体振荡器、非正弦波信号发生器、集成振荡器芯片、压控振荡器、锁相频率合成电路、直接数字频率合成电路。

1.3.1 函数信号发生器

信号发生器是指产生所需参数的电测试信号的仪器。函数信号发生器在电路实验和设备检测中具有十分广泛的用途。函数信号发生器能产生某些特定的周期性时间函数波形 (主要是正弦波、方波、三角波、锯齿波和脉冲波等) 信号。频率范围可从几毫赫甚至几微赫的超低频直到几十兆赫。除供通信、仪表和自动控制系统测试用外, 还广泛用于其他非电测量领域。

图 1.9 为产生上述波形的方法之一, 将积分电路与某种带有迟滞特性的阈值开关电路 (如施密特触发器) 连成环路, 积分器能将方波积分成三角波。施密特电路又能使三角波上升到某一阈值或下降到另一阈值时发生跃变而形成方波, 频率除了能随积分器中的 RC 值的变化而改变外, 还能用外加电压控制两个阈值而改变。将三角波另行加到由很多不同偏置二极管组成的整形网络, 形成许多不同斜度的折线段, 便可形成正弦波。

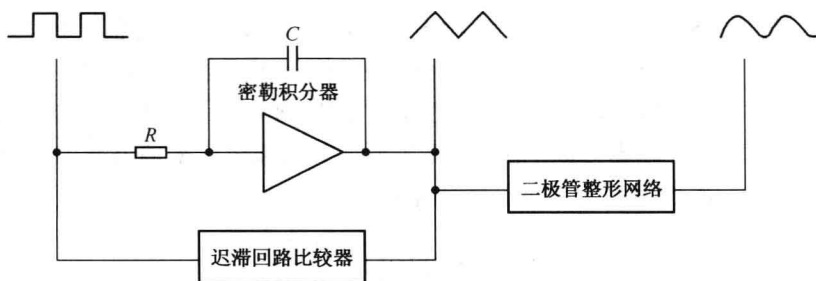


图 1.9 函数发生器结构图

图 1.10 为使用密勒积分器和迟滞回路比较器构成的方波和三角波信号发生器的应用电路。迟滞回路比较器的阈值电压 U_T 为

$$U_T = \pm \frac{R_1}{R_2} U_Z$$

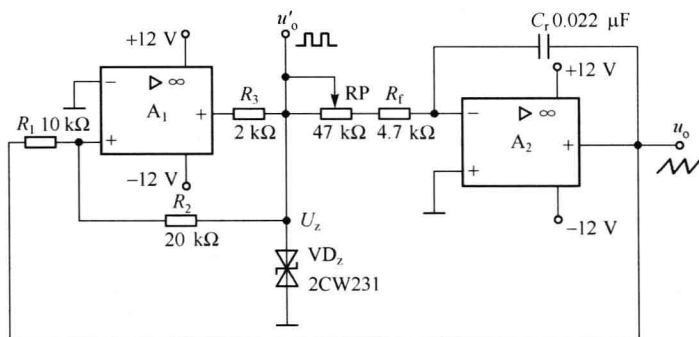
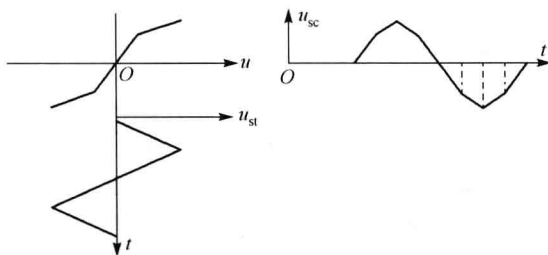


图 1.10 方波和三角波发生器的应用电路图

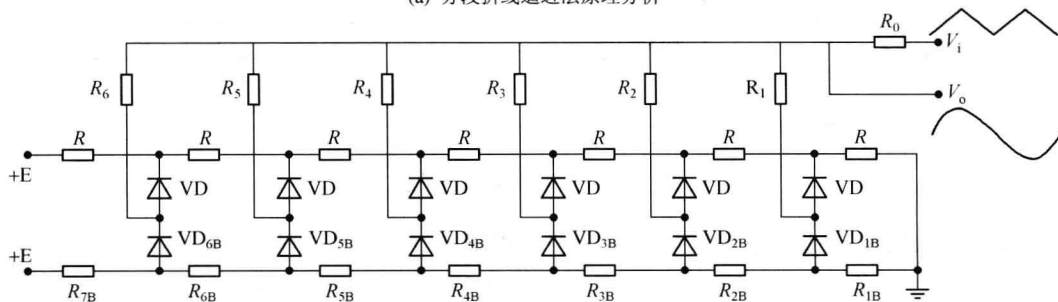
电路振荡频率为

$$f_o = \frac{R_2}{4R_1(R_f + R_P)C_f}$$

正弦波可由三角波获得，其方法是通过二极管整形网络对三角波采用分段折线逼近的波形综合法。分段折线逼近的实现电路如图 1.11 所示。



(a) 分段折线逼近法原理分析



(b) 分段折线逼近法应用电路

图 1.11 分段折线逼近的实现电路

前面讨论了由分立元器件或局部集成器件组成的正弦波和非正弦波信号产生电路，下面将目前用得较多的集成函数发生器 8038 做简单介绍。