

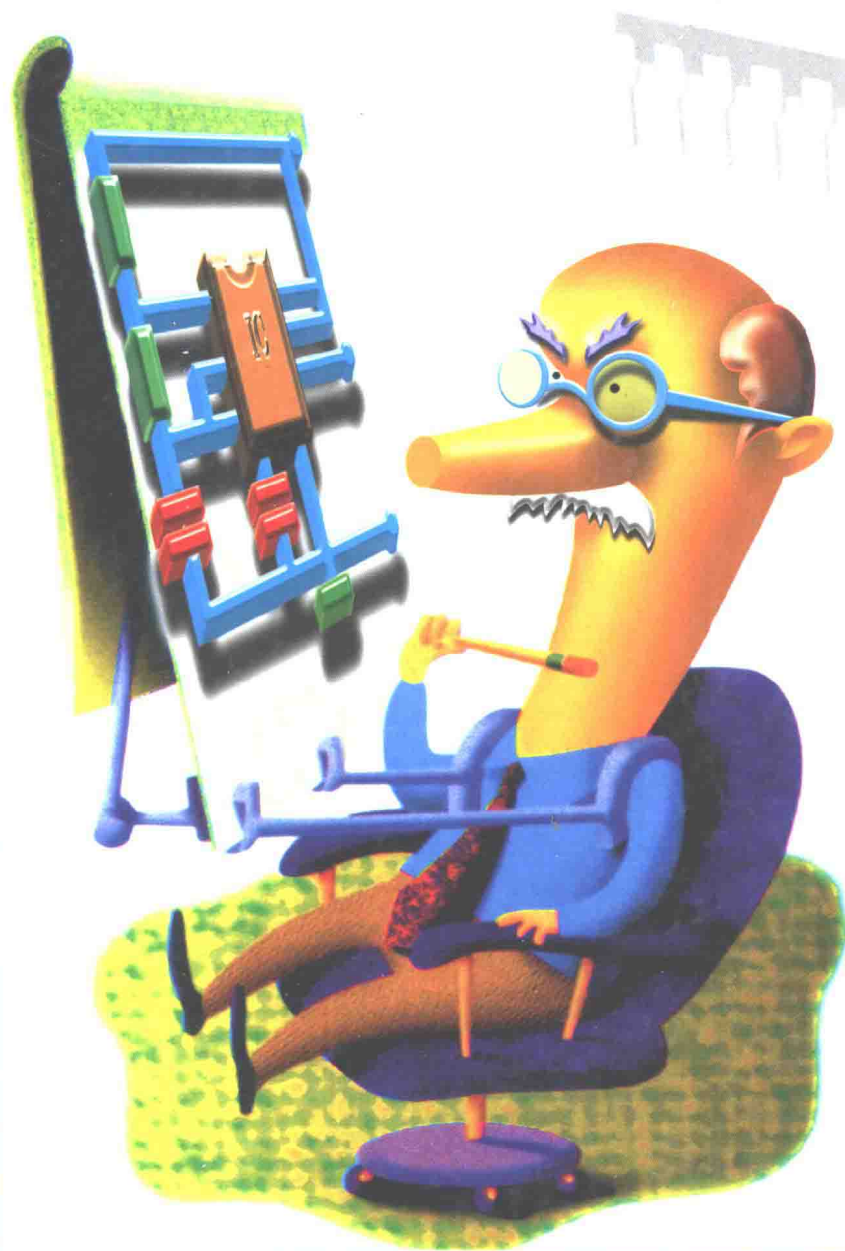
■ 电子爱好者 ■ 电子爱好者 ■ 电子爱好者 ■

电子爱好者 集成电子线路 设计手册



宋家友 主编

福建科学技术出版社





集成电子线路 设计手册



第 1 版 第 1 次印刷

清华大学出版社



电子爱好者

集成电子线路设计手册

主 编：宋家友

副主编：姬建伟 吴显鼎 何 进

编 者：宋家友 姬建伟 吴显鼎

何 进 王福源 李 鲲

杜保强 王爱枝 王 立

福建科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子爱好者集成电子线路设计手册/宋家友主编. —福州:
福建科学技术出版社, 2002. 5
ISBN 7-5335-1934-5

I. 电… II. 宋… III. 集成电路-电路设计-技
术手册 IV. TN402-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 088178 号

书 名	电子爱好者集成电子线路设计手册
作 者	宋家友
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	福建地质印刷厂
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张	32.75
字 数	1061 千字
版 次	2002 年 5 月第 1 版
印 次	2002 年 5 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7-5335-1934-5/TN·255
定 价	57.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前言

环顾我们的世界,电子技术已经深入到人类生活中的各个领域,尤其是集成电路技术的推陈出新,以集成电路为核心的电子线路正在日新月异地发展着。如何设计出新颖的电子线路,又如何选择其中的关键器件,并如何快速地完成安装调试技术,这些都是广大电子工程技术人员、电子爱好者极为关注的问题,这本《电子爱好者集成电子线路设计手册》将为您的工作提供捷径,使您设计出的产品易于实现。

此书收编了 40 类 585 例以集成电路为核心的典型电子线路图,它们反映了近年来电子技术应用的最新进展。每个电路除给出线路图外,还简明扼要地讲述了其工作原理,并给出重要元器件的特性、参数及代换型号等。

本书在编写过程中有如下特点:第一,在编写体制上不拘泥于一种模式。以前的类似出版物中,有些以学科和理论体系作为主线,有些以实用功能进行分解。前者虽然系统性、科学性较佳,但不便于实用方面的检索,而后者则相反。本书两种方式兼顾,理论与实用互补,如本书的前半部分章节(如第一章、第二章、第三章等)侧重于对器件和电路的一些主要性能指标的计算给出显见表达式,而后半部分章节(如第五章、第六章、第七章等)以实用功能为主线进行编写,这样便于满足各种需要,使之系统性和实用性兼备。第二,电路特性与器件特性紧密结合,使器件与电路融为一体,便于透彻地阐述二者巧妙结合的合理性与可实现的功能和指标,以便电子爱好者查阅。第三,既注重最新集成芯片的介绍,同时也兼顾常用器件的讨论,注意新旧的适当结合,因而本书又具有一定的资料性和新颖性。第四,本书涉及的应用领域十分广泛,从电能传输到信息处理,从家电到工业设备,从民用到国防,从医疗、生物到气象、交通等等。当然,从某项装置的实用角度看,稍加改动便可引到另一个领域,另外,一种功能又可用不同电路加以实现。

本书给出的线路图中,除特别说明外,我们依惯例作如下约定:电阻阻值不标单位者均为 Ω ,标“k”者为“ $k\Omega$ ”,标“M”者为“ $M\Omega$ ”;电容值不标单位者小于 1 的为“ μF ”,大于或等于 1 的为“ pF ”;电感值的单位为“H”。

全书共分 7 章。第一章着重介绍基本放大电路、信号放大电路、隔离放大电路、仪用放大电路、音频放大电路和功率放大电路,同时也较详细地介绍了集成运放的基本知识和集成电路的资料。第二章详细介绍加、减、乘、除、积分及微分电路等,同时也介绍了大量实用的滤波电路。第三章较详细地讲述了信号发生及频率变换电路,其中信号发生电路包括正弦波、三角波、锯齿波、方波等实用电路,频率变换电路则侧重于介绍倍频和分频的实用电路。第四章较详细地介绍了波形变换电路,包括检波电路、鉴频电路和定时电路等。第五章较详细地介绍了集成稳压电源电路,包括整流滤波电路、线性稳压电源和开关电源,同时也介绍了一些实用的电源电路。第六章介绍 A/D、D/A 变换电路及其接口。第七章介绍大量实用集成电子线路,包括报警电路,控制电路,告知、提醒、显示及保护电路,检测、测试、计量及仪表电路等,这些实用电路涉及工业、农业、交通运输、家用电器及医疗等诸多领域。

本书由宋家友主编。第一章由吴显鼎、李鲲、杜保强编写，第二章至第四章由宋家友编写，第五章、第六章由姬建伟编写，第七章由何进、宋家友、王爱枝、王立编写。书稿完成后，由王福源、宋家友、吴显鼎进行最后统编和审定。在编写过程中，李应彬、王洋、彭俊峰、章承志、吴旭、王谦、杨丽、郭东方、常怡萍、金光耀等同志给予了大量的帮助，在此致以衷心的感谢。

本书适合于相应专业的大中专毕业生和在校学生阅读，更是广大电子爱好者应备的案头资料。

本书编写均在业余时间或假期进行，时间极为仓促，加之水平有限，错误和不足之处在所难免，殷切地希望读者不吝赐教。

编 者

2002年1月

目 录

第一章 基本放大电路

第一节 集成运放的基本知识	(1)
一、集成运放的组成、引脚及符号	(1)
二、集成运放的主要技术指标	(2)
三、集成运放的一般使用方法和保护措施	(7)
第二节 基本单元放大电路	(18)
一、基本反相放大电路	(18)
二、基本同相放大电路	(19)
三、电压跟随器	(20)
四、单电源反相放大器	(21)
五、电流扩展电路	(21)
六、简单差动放大电路	(23)
七、高输入阻抗同相差动放大电路	(23)
八、三运放高输入阻抗差动放大电路	(24)
九、可变增益差动放大电路	(25)
十、增益正负值可线性调整的放大电路	(26)
十一、提高运放工作频率的电容补偿法	(28)
十二、外部噪声抑制电路	(30)
十三、带偏流补偿的宽带放大电路	(32)
第三节 信号放大电路	(32)
一、自动校零放大器	(32)
二、电荷放大器	(34)
三、压电传感器用高保真高阻抗放大器	(35)
四、宽带放大器	(37)
五、输入信号可达 $\pm 100\text{V}$ 电压跟随器	(40)
六、增益为 -10 和 $+11$ 的精密放大器	(41)
七、高压输出的放大电路	(42)
八、电阻电桥放大电路	(43)
九、普通低噪声宽带放大电路	(43)
十、多级并联改善信噪比放大电路	(45)

十一、24dB 两路传输缓冲放大器	(47)
十二、差动输入、差动输出放大电路	(49)
十三、宽带差动输入/差动输出放大器	(50)
十四、具有低通滤波的差动放大电路	(51)
十五、增益自动可控换挡放大器	(52)
十六、可变增益放大器	(54)
十七、增益可编程放大电路	(54)
十八、浮动信号源增益可编程放大器	(55)
十九、增益 1~8000 倍可编程放大器	(56)
二十、差动输入/输出增益可编程放大器	(56)
二十一、高速可编程增益放大器	(57)
二十二、数据增益高速串级放大器	(59)
二十三、用于浮点变换的增益可编程缓冲放大器	(61)
二十四、增益可编程低噪声差动放大器	(61)
二十五、400MHz 差动放大器	(62)
二十六、共模电压可达 $\pm 1000V$ 的差动放大器	(63)
二十七、驱动 50Ω 负载的线性放大器	(64)
二十八、具有 50Ω 输入/输出阻抗的宽带视频放大器	(66)
二十九、用频率控制增益的放大器	(67)
三十、人体生物电信号前置放大器	(68)
三十一、运算放大器精密调零电路	(69)
三十二、低失真 AGC 放大器	(70)
三十三、压控增益放大器	(72)
第四节 隔离放大器	(73)
一、光电隔离放大器	(73)
二、精密电桥隔离放大器	(74)
三、精密光电检测隔离放大器	(76)
四、光电接收放大器	(78)
五、4~20mA 隔离变送电路	(79)
六、增益可编程隔离放大器	(79)
七、远距离隔离温度变送电路	(81)
八、动力线负载 V、I 和 P 的隔离检测电路	(84)
九、1~5V/4~20mA 隔离转换器	(85)
十、任意输入电压转换为 4~20mA 的 V/I 转换器	(87)
十一、双极性 V/I 隔离转换器	(89)
十二、低电平信号隔离放大器	(90)
十三、电桥传感隔离放大器	(91)
十四、高压隔离电流检测电路	(92)

第五节 仪用放大器	(93)
一、具有差动输入前置放大级仪用放大器	(93)
二、低噪声仪用放大器	(95)
三、高精度、高阻抗仪用放大器	(95)
四、能扩展共模范围的仪用放大器	(96)
五、单电源低功耗仪用放大器	(97)
六、信号源浮动的仪用放大器	(97)
七、消除交流声的仪用放大器	(98)
八、增益可编程仪用放大器	(99)
九、增益可编程高速仪用放大器	(99)
十、精密隔离仪用放大器	(100)
十一、共模电压可达 $\pm 100\text{V}$ 的差动输入放大器	(100)
十二、高输入阻抗仪用放大器	(102)
十三、高速仪用反相放大器	(102)
十四、高精度低偏置电流跟随器	(104)
第六节 音频放大器	(105)
一、简单的音频放大器	(105)
二、音频功率放大器	(106)
三、直接耦合音频功率放大器	(107)
四、均衡立体声前置放大电路	(107)
五、低噪声前置放大器	(108)
六、NAB 磁头前置放大器	(108)
七、低噪声高保真 RIA 前置放大器	(109)
八、高保真组合音响放大器	(109)
九、音调控制电路	(111)
十、具有音调控制的音频放大器	(111)
十一、厚膜集成块功率放大器	(112)
十二、配乐音量控制器	(114)
十三、高性能小功率音频功率放大器	(114)
十四、四通道电子开关音频混频器	(116)
十五、低噪声高精度磁头放大器	(116)
十六、通用型音频功率放大器	(118)
十七、2W 音频功率放大器	(119)
十八、2W $\times$ 2 功率放大器	(119)
十九、7W 音频功率放大器	(120)
二十、10W 音频功率放大器	(120)
二十一、对数压缩方式数字音频处理器	(120)

第七节 功率及缓冲驱动电路	(122)
一、 $\pm 100\text{mA}$ 输出电流缓冲器	(122)
二、自举复合放大缓冲器	(123)
三、通用复合并联缓冲器	(124)
四、精密复合缓冲器	(125)
五、差动负载缓冲器	(127)
六、隔离容性负载的缓冲器	(127)
七、 12MHz 宽带缓冲器	(128)
八、极宽带大电流缓冲器	(128)
九、 10A 功率放大器	(129)
十、桥氏驱动电路	(130)
十一、桥氏电动机驱动电路	(131)
十二、直流电动机可调速驱动电路	(132)
十三、用于容性负载的宽带驱动器	(134)
十四、单端输入变为差动输入馈线驱动器	(136)
十五、高速电流驱动器	(137)
十六、并联高速电流驱动器	(137)
十七、直流电动机驱动电路	(137)
十八、输出电流扩展电路	(140)

第二章 运算电路

第一节 加法器	(141)
一、输入输出反相加法电路	(141)
二、输入输出同相加法电路	(141)
三、增益可调加法电路	(142)
四、同相加法电路	(142)
五、精密加法电路	(143)
六、通用加法器	(144)
第二节 减法器	(145)
一、单运放基本减法电路	(145)
二、双运放基本减法电路	(145)
三、同相并联减法电路	(146)
四、改进型同相并联减法电路	(147)
五、增益可线性调节的减法电路	(148)
六、从同相端输入的两运放减法电路	(148)
七、其他器件组成的减法电路 (1)	(149)

八、其他器件组成的减法电路 (2)	(149)
九、通用减法器	(149)
第三节 乘法器	(150)
一、乘法电路 (1)	(150)
二、乘法电路 (2)	(151)
三、有负载驱动能力的乘法器	(153)
四、线性直流电压乘法器	(154)
五、交流电压乘法器	(154)
六、乘法电路 (3)	(155)
七、由 MC1496 构成的乘法电路	(155)
八、由 CA3091 构成的乘法电路	(155)
第四节 除法器	(157)
一、除法电路 (1)	(157)
二、除法电路 (2)	(157)
三、除法电路 (3)	(157)
四、除法电路 (4)	(157)
五、除法电路 (5)	(158)
六、用 NE555 构成的除法电路	(158)
七、由 MC1494 和 LM307 构成的除法电路	(159)
第五节 积分器	(159)
一、基本反相积分器	(159)
二、同相积分器	(159)
三、求和积分器	(160)
四、差动积分器	(160)
五、低漂移积分器	(160)
六、高速积分器	(161)
七、扩大了定时范围的积分器	(161)
八、可控积分器	(162)
九、低成本积分器	(162)
第六节 微分器	(163)
一、基本微分器	(163)
二、改进型微分电路	(163)
三、低噪声微分器	(163)
四、实用微分器	(163)
第七节 滤波器	(164)
一、单电源低电压带通滤波器	(164)

二、多功能有源滤波器	(164)
三、高 Q 带通滤波器	(165)
四、甚低频有源滤波器	(165)
五、有源窄带滤波器	(165)
六、带宽 0.1~10Hz 的滤波器	(166)
七、有源高通滤波器	(166)
八、有源低通滤波器	(166)
九、交流声滤波器	(166)
十、Q 值可调的带阻滤波器	(167)
十一、高 Q 值陷波滤波器	(167)
十二、频率可调的带通滤波器	(168)
十三、Q 值和频率可调的窄带滤波器	(168)
十四、低 Q 值高增益带通滤波器	(169)
十五、具有锐截止特性的有源高通滤波器	(169)
十六、每倍频程衰减 -18dB 的有源低通滤波器	(169)
十七、电源频率噪声滤波器	(170)
十八、可同时获得 4 种特性的滤波器	(170)
十九、用单只运放组成的单峰特性滤波器	(171)
二十、8 次低通滤波器	(171)
二十一、用相同参数构成的每倍频程 24dB 低通滤波器	(171)
二十二、陷波器	(172)
二十三、三阶低通滤波器	(173)
二十四、10Hz 四阶巴特沃斯低通滤波器	(173)
二十五、10MHz 低通滤波器	(174)
二十六、1MHz 高通滤波器	(174)
二十七、10MHz 带通滤波器	(174)
二十八、60Hz 输入陷波滤波器	(174)

第三章 信号发生及频率变换电路

第一节 正弦波发生电路	(176)
一、低成本文氏振荡器	(176)
二、文氏电桥正弦波发生器	(176)
三、简单的正弦波发生器	(176)
四、RC 正弦波振荡器	(176)
五、输出稳定的双 T 正弦波振荡器	(177)
六、稳定的正弦波振荡器	(177)
七、低功耗文氏电桥振荡器	(178)
八、频率可调的音频振荡器	(178)

九、文氏电桥正弦波振荡电路	(178)
十、低频文氏电桥正弦波振荡器	(179)
十一、用反相器构成的正弦波发生器	(179)
十二、压控正弦波振荡器	(179)
十三、宽频带正弦波压控振荡器	(180)
十四、幅度稳定失真率低的功率信号发生器	(181)
十五、性能优良的低频信号发生器	(181)
十六、频率可调、幅度不变的正弦波振荡电路	(183)
十七、一阶有源相移振荡器	(183)
十八、1kHz 正弦波振荡器	(184)
第二节 非正弦波发生电路	(184)
一、用 555 构成的锯齿波产生电路	(184)
二、通用三角波产生电路	(185)
三、超低频三角波产生电路	(185)
四、可调节对称性的三角波发生器	(185)
五、具有三角波和矩形波输出的振荡电路	(186)
六、具有三角波和方波输出的压控振荡器	(186)
七、稳定的方波和三角波发生器	(187)
八、正弦波、方波发生器	(188)
九、低频多种波形发生器	(188)
十、正弦波、方波和三角波发生器	(189)
十一、具有正弦波、矩形波输出的振荡电路	(189)
十二、方波发生电路	(190)
十三、能精确调整振幅的三角波发生器	(191)
十四、5Hz~5MHz 函数发生器	(191)
十五、PLL 脉冲发生器	(191)
十六、简单的矩形波发生电路	(193)
十七、简单的三角波和方波产生电路	(193)
十八、单电源锯齿波发生器	(194)
十九、采用 D/A 转换器的锯齿波信号发生器	(194)
二十、采用 8038 的函数发生器	(195)
二十一、采用 8038 构成的线性压控振荡器	(195)
二十二、性能较好的多种波形发生器	(195)
二十三、用 555 定时器组成的函数发生器	(197)
二十四、双频振荡器	(197)
二十五、方波振荡器	(198)
二十六、方波和锯齿波振荡器	(198)
二十七、方波和三角波振荡器	(199)
二十八、60Hz 时基发生器	(199)

第三节 倍频电路	(200)
一、任意倍频器	(200)
二、四倍频器	(200)
三、锁相型倍频器	(201)
四、可输入非对称方波的倍频器	(201)
五、具有方波输出的数字倍频器	(202)
六、数字倍频器	(202)
七、方波倍频器	(204)
八、由 CMOS 组件构成的倍频器	(205)
九、简单的脉冲倍频器	(205)
十、矩形脉冲倍频器	(205)
十一、150—300MHz 倍频器	(206)
十二、利用 XR-S200 构成的倍频器	(207)
第四节 分频电路	(207)
一、对称输出的三分频电路	(207)
二、用电位器调节的分频器	(207)
三、断续信号分频电路	(209)
四、正弦波二分频器	(209)
五、工作频率为 10~100MHz 的分频器	(210)
六、1GHz 前置分频器	(210)
七、数控分频器	(212)
八、分频系数可变的分频器	(213)
九、具有奇次和偶次分频的分频器	(214)
十、由 CMOS 门构成的可调分频器	(214)
十一、可由逻辑电平控制分频系数的分频器	(215)
十二、输出波形对称的奇次分频计数器	(215)
十三、四分频器	(216)
十四、将 50Hz 或 60Hz 频率变成 1/60 频率的分频器	(216)
十五、数字分频器	(217)
十六、由 TTL 十进制计数器构成的分频器	(218)
十七、简单的分频电路	(218)
十八、由 R—S 触发器构成的分频器	(218)

第四章 波形变换电路

第一节 检波电路	(220)
一、调节简单的高输入阻抗双波线性检波电路	(220)

二、带宽为 10MHz 的宽频带线性检波电路	(220)
三、无变压器乘积检波电路	(220)
四、乘法检波器	(220)
五、由 NE561B 构成的双边带调制解调器	(221)
第二节 鉴频电路	(222)
一、灵敏的频率解调器	(222)
二、用有源滤波器构成的频移解调器	(223)
三、数字式频移解调器	(224)
四、567 调频解调器	(224)
五、PLL 调频解调器 (一)	(225)
六、正交 FM 解调电路	(225)
七、PLL 调频解调器 (二)	(226)
第三节 定时电路	(226)
一、电热毯、电饭锅定时器	(226)
二、通用多功能报警和定时器	(227)
三、开会限时定时器	(228)
四、简单的长时间定时电路	(228)
五、采用 555 时基电路的延时节电灯	(228)
六、定时音乐提醒器	(229)
七、用于电热杯的定时器	(229)
八、保护视力定时器	(230)
九、4 小时的交流电源定时器	(230)
十、高可靠通用定时器	(231)
十一、采用 CD4060B 构成的高可靠通用定时器	(231)
十二、电饭锅预置断电定时器	(231)
十三、由 MC14541 构成的简单定时器	(233)
十四、使用 LM122 的 1 小时定时器	(233)
十五、高精度延迟定时器	(234)
十六、长时间定时电路	(234)

第五章 集成电路稳压电源

第一节 整流和滤波电路	(236)
一、半波整流电路	(236)
二、全波整流电路	(237)
三、桥式整流电路	(237)
四、倍压整流电路	(238)

五、电容滤波电路	(239)
六、RC- π 型滤波电路	(241)
七、LC- π 型滤波电路	(241)
八、有源滤波电路	(241)
九、电源噪声滤波器	(242)
第二节 线性集成电路稳压电源	(243)
一、+5V 稳压电源	(243)
二、双极性对称稳压电源	(245)
三、具有扩流和过压保护功能的+5V 稳压电源	(245)
四、并联扩流的-18V、2A 电源	(246)
五、+24V、1.9A 电源	(246)
六、多路输出的稳压电源	(247)
七、1.25~37V 可调电源	(247)
八、恒流并联稳压电源	(248)
九、触摸控制稳压电源	(248)
十、一种特殊的电源电路	(248)
十一、可自动关断的+5V 电源	(248)
十二、高性能稳压电源	(250)
十三、温度补偿式正负对称稳压电源	(251)
十四、实用的高精度可调电源	(251)
十五、1.25~27V 的可调电源	(252)
十六、高精度大电流稳压电源	(252)
十七、低压差高精度大电流稳压电源	(252)
十八、有源伺服电源	(253)
十九、分档可调直流稳压电源	(254)
二十、3~6V 可调电源	(254)
二十一、电子变压稳压电源	(255)
二十二、0~ ± 30 V、1.5A 电源	(255)
二十三、对称型同步可调稳压电源	(256)
二十四、自适应可调稳压电源	(256)
二十五、适用于驱动微处理机的稳压电源	(257)
二十六、用 MAX8860 构成的低压差线性稳压电源	(257)
二十七、低压差高精度三端稳压器	(259)
第三节 无变压器小功率 AC/DC 转换低电压稳压电源	(259)
一、由 UCC3889 组成的非隔离 12V 直流稳压电源	(259)
二、由 HV-2405 组成的交流市电供电的低压直流稳压电源	(260)
三、由 LR6 构成的不用变压器的稳压电源	(261)
四、由 PS0500-5 电源变换模块构成的无变压器稳压电源	(261)

五、用 MAX610 系列 AC/DC 芯片构成的小功率无变压器稳压电源	(262)
六、用高压线性稳压器 HIP5600 构成的小功率无变压器稳压电源	(262)
第四节 小功率低功耗开关型 DC/DC 电源变换稳压器	(263)
一、采用 MAX764 构成的可调式极性反转电源	(263)
二、一种微型极性反转电源	(264)
三、极性反转型升压电源	(264)
四、反相四倍压的 DC/DC 变换稳压电源	(264)
五、外部只需 2 只电容即可工作的极性变换电源	(264)
六、超小型 PWM DC/DC 升压稳压电源	(264)
七、具有频率自动偏移特点的升压变换电源	(265)
八、+5V→+12V 升压电源	(266)
九、适用于寻呼机的高效率单电池升压电源	(266)
十、用 MAX632 组成的高效升压稳压电源	(267)
十一、可调输出升压电源	(267)
十二、用 TL499A 构成的升压型稳压电源和电池后备电源	(267)
十三、用 MC34063 制作的降压变换电源	(269)
十四、低噪声、高效率 PWM 降压变换电源	(269)
十五、用高效开关控制器 LT1148-5 制作的 2A 降压直流变换电源	(269)
十六、由 MAX639 构成的 +5V 固定输出的降压式变换电源	(269)
第五节 单片开关集成电路电源	(271)
一、由单片式开关稳压器 DN-25 构成的开关稳压电源	(271)
二、采用 SI81206Z 模块的 13.8V 开关稳压电源	(272)
三、由 L4960 构成的单片式开关电源	(272)
四、由 L296 单片大电流开关电源芯片组成的稳压电源	(273)
五、由 L4970A 构成的大功率开关电源	(274)
六、用 LAS6351 构成的大电流高效开关稳压电源	(274)
七、DN-41 大电流开关稳压器	(274)
第六节 用专用开关电源控制器组成的开关稳压电源	(277)
一、用 WS157 或 WS106 制成的小功率微型开关稳压电源	(277)
二、用三端 PWM 开关电源 IC 制成的开关电源	(278)
三、用大功率开关控制器 UPK2439 构成的开关电源	(278)
四、由电流型开关电源控制器 UC3842 构成的开关稳压电源	(279)
五、脉宽调制型开关稳压电源控制器 SG3524 的应用举例	(279)
六、由开关电源集成电路 TD4919 组成的开关稳压电源	(282)
七、由高速开关电源控制器 M62213FP 构成的开关稳压电源	(283)
第七节 用其他集成电路组成的开关电源	(283)
一、一种设计新颖的开关电源	(283)