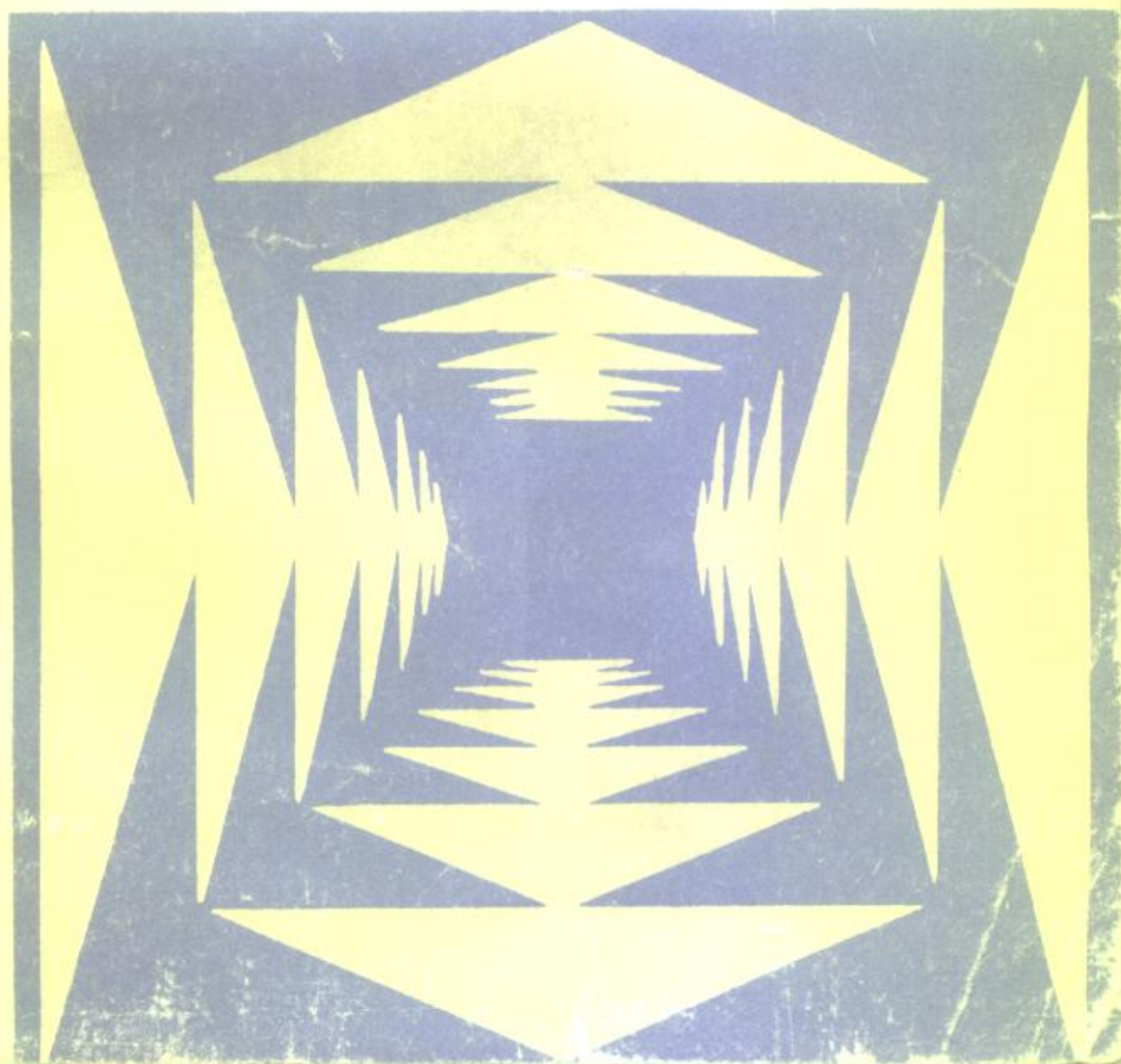


● 新型电子电路应用指南

# 电 源 电 路

● 赵学泉 张国华 编著

● 电子工业出版社



新型电子电路应用指南

# 电源电路

赵学泉 张国华 编著

电子工业出版社

DN 72/09  
(京)新登字 055 号

### 内 容 提 要

本书主要介绍各类电源及其应用。全书共分十章，分别为概述、整流与逆变、晶体管直流稳压电源、线性集成稳压电源、开关稳压电源、直流稳压电源简介、稳压电源噪声及其抑制、交流稳压电源、新型与特殊电源简介、电源应用实例。本书以线性集成稳压电源和开关稳压电源为重点，最后汇编 60 个应用实例。

本书的读者对象较为广泛，适用于与电源有关的技术人员和具有电类中专水平的广大从事电子技术的工作者以及电子爱好者。

新型电子电路应用指南  
电 源 电 路  
赵学泉 张国华 编著  
责任编辑：郭延龄

电子工业出版社出版  
北京市海淀区万寿路 173 信箱 (100036)  
电子工业出版社发行 各地新华书店经销  
北京顺义李史山胶印厂印刷

\*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:12.625 字数:317 千字

1995 年 3 月第一版 1995 年 3 月第一次印刷

印数:6000 册 定价:16.00 元

ISBN 7-5053-2535-3/TN·744

# 编 委 会

主 任 谢沅清

副主任 赵学泉

编 委 (按姓氏笔画排序)

华正权 杨世成 张乃国 张国华

郭 斌 解月珍

# 序 言

本丛书是为应用电子电路的工程技术人员提供一些必备的基础知识而编写的。

目前公开出版的电子电路书籍有两类，一类是教科书，一类是应用手册。教科书偏重于理论，而且由于受到学时和篇幅的限制，只能讲述一些主要的基本电路。众所周知，一个实用的电路，往往比原理性电路要复杂一些。初出校门的读者，阅读实际电路，或是自己设计一个实用电路，仅依靠教科书上介绍的电路知识，有一定的困难。而在许多电子电路手册或是电子电路集锦中，往往只给出电路及其所能实现的功能，原理阐述不够。不利于读者灵活变通应用。本丛书试图弥补上述不足，确定了如下的编写宗旨。

1. 考虑到本书的主要读者对象是中专以上水平的工程技术人员和电子爱好者，他们和教科书的读者——很少接触电子电路实际的青年学生不同。具体地说，这些读者或多或少有一些电子电路方面的基本知识。另一方面，相当多的一部分读者不一定具备高等数学基础。因此，本书讲述基础知识时，并不是所有基本理论都从头讲起，对有些问题的讲述，其起点比一般的教科书略高一些。编写时尽量避免应用较深的数学分析的推导，而是注重定性分析和工程估算。

2. 和教科书稍有不同的是，本丛书着重讲述和实际应用有关的理论。介绍一些经验公式和数据。书中还适当附上部分常用元器件的特性数据及选型原理。讲述设计时，不强调从头到尾的通盘设计和精确计算，偏重于利用参考电路作一些局部修改以适应实际需要的工程计算。还适当介绍某些调测电路的方法。

3. 本丛书的选材着眼于目前国内普遍应用的电路。对于一些已经过时,虽然在部分陈旧设备中还有应用的电路,则不予选用。

本丛书第一批选题内容的安排以信号流程为主线,分为信号产生、信号放大、信号处理、信号变换、测量、电源及数字逻辑电路七个分册。每一分册相对独立,不存在某一分册为其它分册打基础的问题。

本丛书在动笔前,编委会曾多次集合研讨编写宗旨、内容深度、广度,制定出各分册的编写要求和大纲,并对若干分册的样章进行过讨论。各分册初稿完成后,由主编一一过目,各分册均确定了审稿人,提出修改意见,返回作者修改定稿。但由于各分册作者工作较忙,无法集中长时间进行写作,还由于水平有限,书成后未能全部达到预期目的。书中还难免出现这样或那样的缺点甚至错误。敬希广大读者批评指正。

编者

1994年1月

# 前 言

“电源”是电子电路和电子电路构成的各种电子设备中的“动力”，或者说是“核心”。没有它，电子电路及电子设备的功能将无法实现。

电子电路的功能很多，如振荡、放大、波形变换、调制、解调……电子设备的种类也很多，如收音机、电视机、电子仪器、电子显微镜、雷达、电子医疗设备、计算机……它们所需的能源都来源于“电源”。广义上讲它们的功能都是由电源“变换”而成。如一个功率放大器将小功率的交变信号放大为大功率的交变信号，其大功率的能量就是由直流电源的直流功率变换来的。交变的小信号仅仅起一个控制作用。

电源的质量在一定程度上又决定了电子设备的质量。电子设备应用直流稳压电源比较多，如果它的稳定度不高，电子测量仪器就可能测试不准，雷达就可能把捕捉的目标失掉，导弹在飞行中就可能失控，电子医疗设备就可能误诊。因此，从事电子电路工作的技术人员就应该掌握有关电源方面的知识，尤其是直流稳压电源。

集成电路从诞生到现在仅有三十年历史，它具有的体积小，可靠性高、成本低、调试方便的特点使其具有强大的生命力，它已广泛地应用到各种电子设备中。相应地稳压电源也出现新的类型——集成稳压电源和开关稳压电源，使稳压电源面临着一次重大的革新。

本书共分十章。第一章介绍电子电路及电子设备对电源的要求以及稳定电源的主要指标；第二章介绍整流与逆变；第三章用

较小的篇幅介绍分立元件构成的晶体管稳压电源；第四章用较多的篇幅介绍线性集成稳压器并列举实例；第五章用较多的篇幅介绍开关稳压电源及实例；第六章简单介绍直流稳流电源；第七章对稳压电源的噪声进行分析并介绍其抑制方法；第八章介绍交流稳压电源；第九章简单介绍新型电源；第十章以较大的篇幅汇编了电源的应用实例。

本书既有理论分析又汇编大量应用实例，理论分析深度适中，力求避免教科书味。因此，书中加强定性的概念分析，避免冗长的公式推导。在插图中增添一些“小注解”，以便读者加深理解利于自学。而汇编的应用实例则突出技巧与实用。本书以现代广泛应用的线性集成稳压器和开关稳压电源为重点。

本书前四章及第八章由赵学泉编写，第五、六、七、九章由张国华编写，最后一章由张懿、梁文元编写。全书由赵学泉统一整理。

在全书编写过程中，谢源清教授对全书的内容安排和定稿提出了宝贵意见，并亲自审阅了全部书稿。张懿副教授阅读了原稿的大部分，在文字上作了润色并协助整理，在此一并致谢。

本书参阅了很多有关电源方面的书籍，并从各种报刊杂志的有关文章中选择了很多实例，借出版之际谨向原作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中必然存在不少缺点和错误，恳切希望读者给予批评指正。

作者

1994.3



# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 概述</b> .....           | 1  |
| 1.1 电子电路及电子设备对电源的要求 .....     | 1  |
| 1.2 稳定电源的主要指标 .....           | 2  |
| 1.3 稳定电源的分类 .....             | 4  |
| <b>第二章 整流器与逆变器</b> .....      | 6  |
| 2.1 整流器 .....                 | 6  |
| 一、整流电路 .....                  | 7  |
| 二、滤波电路 .....                  | 30 |
| 三、整流器的工程设计实例 .....            | 41 |
| 2.2 逆变器 .....                 | 43 |
| 一、逆变器工作原理 .....               | 43 |
| 二、自激式晶体管逆变电路 .....            | 46 |
| 三、他激式晶体管逆变电路 .....            | 51 |
| 2.3 整流与逆变的应用——电源变换器 .....     | 56 |
| 一、电源变换器的基本概念 .....            | 56 |
| 二、电源变换器的实例 .....              | 58 |
| <b>第三章 晶体管直流稳压电源</b> .....    | 62 |
| 3.1 稳压电路在直流电源中的作用 .....       | 62 |
| 3.2 并联式线性稳压电路 .....           | 64 |
| 一、最简单的并联式稳压电路——硅稳压管稳压电路 ..... | 65 |
| 二、晶体管并联式稳压电路 .....            | 67 |
| 三、晶体管并联式稳压电路实例 .....          | 68 |
| 3.3 串联式线性稳压电路 .....           | 70 |
| 一、射极输出式晶体管串联型线性稳压电路 .....     | 70 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
|            | 二、集电极输出式晶体管串联型线性稳压电路 .....               | 92         |
| <b>第四章</b> | <b>线性集成稳压器 .....</b>                     | <b>97</b>  |
| 4.1        | 集成稳压器概述 .....                            | 97         |
|            | 一、线性集成稳压器的分类 .....                       | 97         |
|            | 二、半导体集成稳压器的特点 .....                      | 99         |
|            | 三、半导体线性集成稳压器内部电路结构上的特色 .....             | 101        |
|            | 四、如何看集成稳压器的规格表 .....                     | 103        |
| 4.2        | 混合集成稳压器简介 .....                          | 106        |
|            | 一、单管放大集成稳压器 .....                        | 106        |
|            | 二、差动放大集成稳压器 .....                        | 107        |
| 4.3        | 半导体集成稳压器 .....                           | 108        |
|            | 一、多端可调式线性集成稳压器 .....                     | 108        |
|            | 二、三端线性集成稳压器 .....                        | 128        |
| 4.4        | 线性集成稳压器实例 .....                          | 146        |
|            | 一、厚膜集成稳压器实例 .....                        | 146        |
|            | 二、薄膜集成稳压器实例 .....                        | 147        |
|            | 三、多端可调集成稳压器实例 .....                      | 148        |
|            | 四、三端集成稳压器实例 .....                        | 149        |
| 4.5        | 其他集成稳压器简介 .....                          | 151        |
|            | 一、WB724 集成稳压器 .....                      | 152        |
|            | 二、W1511 集成稳压器 .....                      | 152        |
|            | 三、W611、W616 集成稳压器 .....                  | 153        |
|            | 四、W317、W337 集成稳压器 .....                  | 154        |
|            | 五、SM9000 系列高精度集成稳压模块 .....               | 156        |
|            | 六、SM9100、SM9200 系列高精度高功效<br>集成稳压模块 ..... | 158        |
|            | 附录 .....                                 | 163        |
| <b>第五章</b> | <b>开关稳压电源 .....</b>                      | <b>168</b> |
| 5.1        | 开关稳压电源的基本组成部分 .....                      | 168        |
| 5.2        | 开关稳压电源的特点 .....                          | 169        |

|            |                    |            |
|------------|--------------------|------------|
| 5.3        | 开关稳压电源分类           | 170        |
|            | 一、按有无工频变压器分        | 170        |
|            | 二、按控制方式分           | 171        |
|            | 三、按变换器电路分          | 171        |
|            | 四、其他分类方式           | 178        |
| 5.4        | 典型的集成脉宽调制器         | 179        |
| 5.5        | 开关稳压电源的实例          | 183        |
|            | 一、由CW3842组成的开关稳压电源 | 183        |
|            | 二、由W1524组成的开关稳压电源  | 185        |
| 5.6        | 无工频变压器开关稳压电源的特点    | 186        |
|            | 一、基本结构             | 186        |
|            | 二、主要特点             | 188        |
| 5.7        | 高频变压器设计及开关管的选择     | 190        |
|            | 一、对高频变压器的要求        | 190        |
|            | 二、推挽式、桥式电路高频变压器设计  | 192        |
|            | 三、单管反激式电路的高频变压器设计  | 195        |
|            | 四、单管正激式电路的高频变压器设计  | 201        |
|            | 五、开关二极管的选择         | 203        |
|            | 六、开关功率晶体管的选择       | 211        |
|            | 七、VMOS晶体管          | 221        |
| <b>第六章</b> | <b>直流稳流电源简介</b>    | <b>224</b> |
| 6.1        | 稳流电源概述             | 224        |
| 6.2        | 恒流管及其稳流电路          | 225        |
|            | 一、恒流二极管            | 226        |
|            | 二、恒流三极管            | 227        |
|            | 三、可调恒流管            | 228        |
| 6.3        | 三端可调电流源            | 229        |
| 6.4        | 稳流电源应用电路           | 230        |
| <b>第七章</b> | <b>稳压电源噪声及其抑制</b>  | <b>233</b> |
| 7.1        | 线性稳压电源的纹波分析及改进措施   | 233        |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 一、纹波分析 .....                        | 233        |
| 二、改进措施 .....                        | 233        |
| 7.2 开关电源噪声的抑制 .....                 | 236        |
| 一、开关功率晶体管和开关二极管噪声的抑制 .....          | 238        |
| 二、散热器的屏蔽 .....                      | 247        |
| 7.3 高频变压器噪声的抑制 .....                | 249        |
| 一、用 RC 限制高频变压器的过冲电压 .....           | 250        |
| 二、采用低漏磁磁芯 .....                     | 251        |
| 三、变压器的绕制 .....                      | 251        |
| 四、采用低漏感的恒磁偏变压器 .....                | 252        |
| 五、高频变压器绕组间的隔离 .....                 | 253        |
| 六、变压器采用屏蔽盒 .....                    | 254        |
| 7.4 电容、电感、导线对噪声的影响 .....            | 255        |
| 一、电容器对噪声的影响 .....                   | 255        |
| 二、滤波电感对噪声的影响 .....                  | 257        |
| 三、导线对噪声的影响 .....                    | 259        |
| 7.5 电网滤波器和浪涌吸收器 .....               | 262        |
| 一、电网滤波器 .....                       | 262        |
| 二、浪涌吸收器 .....                       | 263        |
| 7.6 开关电源的接地 .....                   | 264        |
| 7.7 开关电源的使用方法 .....                 | 265        |
| <b>第八章 交流稳压电源简介 .....</b>           | <b>268</b> |
| 8.1 铁磁交流稳压器（磁饱和交流稳压器） .....         | 269        |
| 一、交流稳压器的模式 .....                    | 269        |
| 二、并联型铁磁谐振交流稳压器 .....                | 272        |
| 三、串联型铁磁谐振交流稳压器 .....                | 274        |
| 8.2 稳压变压器型交流稳压电源（简称稳压变压器） .....     | 277        |
| 一、稳压变压器型交流稳压器与磁饱和铁芯交流稳压器的不同之处 ..... | 277        |

|   |            |
|---|------------|
| 二、稳压变压器的铁芯结构 .....                      | 278        |
| 三、国产稳压变压器的型号规格 .....                    | 279        |
| 8.3 电子交流稳压器 .....                       | 281        |
| 一、614 系列交流稳压器方框图及稳压原理 .....             | 282        |
| 二、614-B 电子交流稳压器 .....                   | 282        |
| 三、614 型电源存在的问题 .....                    | 288        |
| 8.4 自动调压式交流稳压电源 .....                   | 289        |
| 一、自动调压式交流稳压器工作原理 .....                  | 289        |
| 二、实例——200W 自动调压式交流稳压电源 .....            | 290        |
| 8.5 可控硅交流稳压电源 .....                     | 291        |
| 一、简单的相控交流稳压器 .....                      | 292        |
| 二、全相控交流稳压器 .....                        | 292        |
| <b>第九章 新型与特殊电源简介 .....</b>              | <b>296</b> |
| 9.1 程控电源 .....                          | 296        |
| 9.2 交流不间断供电电源——UPS .....                | 301        |
| 一、简单的 UPS .....                         | 302        |
| 二、具有转换开关的 UPS .....                     | 303        |
| 三、采用并机型静电开关的 UPS .....                  | 304        |
| 9.3 脉冲电源 .....                          | 306        |
| <b>第十章 电源应用实例 .....</b>                 | <b>311</b> |
| 一、具有一定特色的电源实例 .....                     | 311        |
| 1. 从一个整流电路获得两种直流电压 <sup>[2]</sup> ..... | 311        |
| 2. 零伏起调稳压电源 <sup>[1]</sup> .....        | 311        |
| 3. 12V 软启动直流稳压电源 <sup>[1]</sup> .....   | 312        |
| 4. 自关断电源 <sup>[2]</sup> .....           | 314        |
| 5. 一种实用直流不间断电源 <sup>[2]</sup> .....     | 314        |
| 6. 反相输出稳压电源 <sup>[1]</sup> .....        | 316        |
| 7. 双电源电路中引出单电源 <sup>[14]</sup> .....    | 318        |
| 8. 用音频功放块制作稳压电源 <sup>[13]</sup> .....   | 318        |
| 9. 用 W2931 组成的稳压电源 <sup>[1]</sup> ..... | 318        |

|   |     |
|---|-----|
| 10. LM324 构成的小电流稳压器 <sup>[8]</sup> .....        | 320 |
| 11. 由 W723 组成的零伏起调稳压电源 <sup>[1]</sup> .....     | 321 |
| 12. 取样比为 1 的可调稳压电源 <sup>[1]</sup> .....         | 323 |
| 13. 用发光二极管作过载保护和过载指示 <sup>[1]</sup> .....       | 325 |
| 14. 用 CMOS 集成电路作误差放大器的稳压电源 <sup>[1]</sup> ..... | 326 |
| 15. 用 TTL 与非门作误差放大的稳压电源 <sup>[1]</sup> .....    | 327 |
| 16. 用 VMOSFET 降低集成稳压器功耗 <sup>[12]</sup> .....   | 328 |
| 17. W611 组成自激式开关稳压电路 <sup>[6]</sup> .....       | 329 |
| 18. 5A、10A 大电流三端稳压电源 <sup>[12]</sup> .....      | 329 |
| 19. W780 构成恒流源电路 <sup>[15]</sup> .....          | 330 |
| 20. 单片开关集成稳压器 <sup>[8]</sup> .....              | 332 |
| 21. 用 W317 组成的高输出电路 <sup>[6]</sup> .....        | 332 |
| 22. 简单实用的开关整流电源 <sup>[8]</sup> .....            | 333 |
| 23. 由 W723 构成的开关稳压电源 <sup>[6]</sup> .....       | 335 |
| 24. 用开关集成稳压器 W296 组成的电源 <sup>[1]</sup> .....    | 336 |
| 25. 无变压器开关电源 <sup>[1]</sup> .....               | 339 |
| 26. 家庭实用交流稳压器 <sup>[12]</sup> .....             | 341 |
| 27. 基本消除了纹波的稳压电源 <sup>[3]</sup> .....           | 341 |
| 28. 用舌簧继电器作稳压器的过荷灵敏元件 <sup>[3]</sup> .....      | 341 |
| 29. 巧用光电耦合器的高压稳压电源 <sup>[13]</sup> .....        | 343 |
| 30. 并联法扩大输出电流 <sup>[13]</sup> .....             | 344 |
| 31. 提供高压稳压电源 <sup>[13]</sup> .....              | 344 |
| 32. 自动应急照明灯电路 <sup>[4]</sup> .....              | 345 |
| 33. 6W 手提充电式停电应急照明灯电路 <sup>[4]</sup> .....      | 346 |
| 34. 自动照明灯电路 <sup>[4]</sup> .....                | 346 |
| 35. 蜂窝煤炉灶电子助燃器电路 <sup>[4]</sup> .....           | 347 |
| 36. 简单实用的充电器 <sup>[13]</sup> .....              | 348 |
| 37. 镍镉电池充电器 <sup>[4]</sup> .....                | 348 |
| 38. 钮扣电池的恒流充电 <sup>[4]</sup> .....              | 349 |
| 39. 恒压限流充电器 <sup>[4]</sup> .....                | 350 |
| 二、某些电器设备的稳压电源 .....                             | 351 |

|  |     |
|--|-----|
| 40. 电子滤波器 <sup>[13]</sup> .....                | 351 |
| 41. 收录机稳压电源 <sup>[1]</sup> .....               | 351 |
| 42. 高保真音响设备的前置电源 <sup>[13]</sup> .....         | 353 |
| 43. 简单的录音机电源电路 <sup>[4]</sup> .....            | 354 |
| 44. 慢启动的集成稳压器 <sup>[15]</sup> .....            | 354 |
| 45. 高效电子点火器 <sup>[12]</sup> .....              | 355 |
| 46. 通用设备用的直流变换器 <sup>[16]</sup> .....          | 356 |
| 47. BO477 电传机开关电源 <sup>[1]</sup> .....         | 357 |
| 48. 电子玩具电源 <sup>[8]</sup> .....                | 361 |
| 49. 电子机械钟的电源装置 <sup>[7]</sup> .....            | 362 |
| 50. 共用无线单片宽带放大器电源 <sup>[4]</sup> .....         | 363 |
| 51. 使用 555 电路的自动冰箱保护电路的电源 <sup>[4]</sup> ..... | 364 |
| 52. 汽车电源稳压器 <sup>[3]</sup> .....               | 364 |
| 53. 微机开关稳压电源 <sup>[1]</sup> .....              | 365 |
| 54. 电力系统微机用的开关稳压电路 <sup>[1]</sup> .....        | 368 |
| 55. SF 系列电视机稳压电源—SF582 <sup>[6]</sup> .....    | 371 |
| 56. 上海牌 Z237-1 型彩色电视机开关电源 <sup>[1]</sup> ..... | 372 |
| 57. 金星 C37-401 型彩色电视机开关电源 <sup>[1]</sup> ..... | 375 |
| 58. 牡丹 TC-483D 型彩色电视机开关电源 <sup>[1]</sup> ..... | 378 |
| 59. 东芝 C2020 型彩色电视机开关电源 <sup>[1]</sup> .....   | 381 |
| 60. 飞利浦 KT3 型彩色电视机开关电源 <sup>[1]</sup> .....    | 384 |

# 第一章 概 述

## 1.1 电子电路及电子设备对电源的要求

电子电路及电子设备对电源最基本的要求就是电源的输出电压或输出电流要稳定。除此之外,不同的电子电路及电子设备还有各自的特殊要求。

### 1. 要求体积小,重量轻

对于移动式的电子设备,必须要求体积小,重量轻。随着大规模集成电路的发展,很多电子设备本身的体积已大为缩小,如果电源笨重就不相称了。

### 2. 要求电源输出不间断

随着微型计算机应用的日益普及和处理技术的不断发展对高质量的供电提出了越来越严格的要求。在微型计算机的运行期间供电的中断,将会导致随机存储器中数据的丢失和程序破坏。因此要求一旦市电发生瞬时断电时能在小于  $10ms$  的时间间隔内重新供电。对于无人值守的电子设备也需要电源输出不间断。

### 3. 要求高效率

对于大功率的电源,从节能角度出发,电源的效率就是一个很重要的要求,对于家用电器如电视机、音响设备等由于它的用户甚多,效率高,对节约电能更具有意义。

### 4. 要求造价低

对于普及性比较大的电子设备如上述的家用的电器或者电子设备的本身造价就比较低,那么就要求电源的造价不能高,否则本末



倒置。

#### 5. 要求电源能工作在特殊的环境中

有很多电子设备需要工作在特殊的环境中,如在水中,在高温和低温中,在有腐蚀性气体中,那么对电源也就必须要求在特殊环境中能正常的工作,以保证电子设备的正常运转。

#### 6. 要求高稳定度

上面已经说明电源的最基本的要求是稳定。但是稳定则有高低之分,而有的电子设备如精密仪器或核磁共振谱仪则要求很高的电源的稳定度。

总之,对电源的要求可以很多,但在实际中选用、设计、制造电源不可能满足所有的要求,只能根据电子设备本身的功能及主要矛盾以其相适应。

## 1.2 稳定电源的主要指标

稳定电源的指标有两类:一类是特性指标,如电源的容量,电源的输出电压或电流,电源的输出电压或电流的调节范围;另一类是技术指标或称质量指标,如电源的稳定度、电源的内阻,电源的纹波等。现就电源的主要技术指标分述如下(以稳压电源为例):

### 1. 电压稳定度 $S$

当市电网变化时( $\pm 10\%$ 的变化是在规定允许范围内),由于整流电路的输出直流与变压器的次级电压有关,因此,必然引起相应的变化,而稳压电源中有稳压电路就可以减小这种相应的变化。电压稳定度正表征电源对市电网变化的抑制能力。

电压稳定度  $S$  的定义:

当负载( $R_L$ )不变时,稳压电源的输出电压  $U_o$  相对变化量与输入电压(市电)  $U_i$  的相对变化量之比,即