

开关电源 实用技术

问

5000



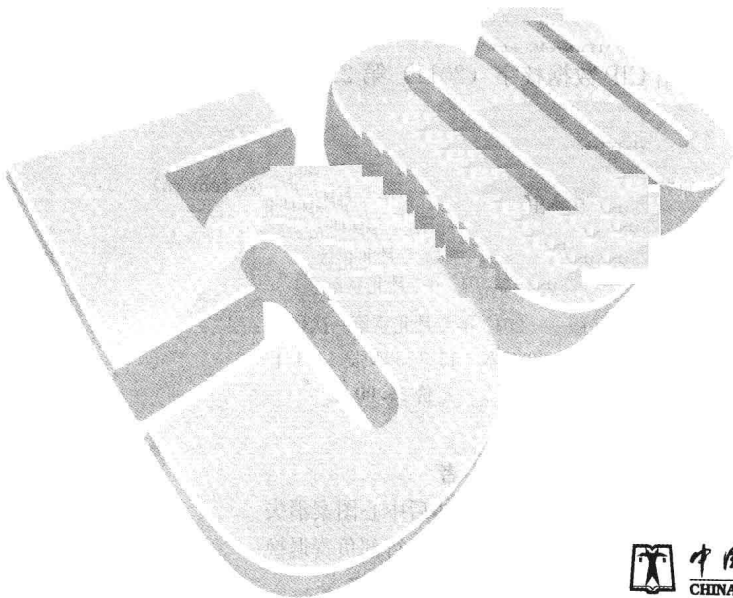
沙占友 王彦朋 马洪涛 许云峰 等 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

开关电源 实用技术500问

沙占友 王彦朋 马洪涛 许云峰 等 著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



前言

设计和制作具有高性价比、高可靠性的开关电源，所涉及的知识面很宽。不仅要掌握开关电源芯片的工作原理与应用电路，了解有关通用及特种半导体器件、模拟电路与数字电路、电磁学、电力电子学、热学、光学（例如用 LED 驱动电源实现调光）、电磁兼容性、安全规范等方面的知识，还需要不断积累实践经验。许多从事开关电源行业的工程技术人员和业余爱好者，在设计和制作开关电源的过程中往往会遇到一些技术问题，这些问题所涉及的范围很广，既有普遍性的问题，又有特殊难题。由于从专业技术书中查找既费时费力，又难以迅速找到满意的答案，因此广大读者期望能出版开关电源实用技术问答形式的书，以便于随时查询和借鉴。

近三年来，本书第一作者应工业和信息化部中国电子技术标准化研究所、中国电子企业协会等单位的邀请，先后在北京、上海、苏州、深圳等地举办的高级研修班讲授了 12 期“开关电源优化设计”、“LED 驱动电源优化设计”课程。作者以上述授课教材的部分内容为基础，并结合我们多年的教学与科研经验后撰成此书，以飨广大读者。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体，主要有以下特点：

第一，本书遵循先易后难、化整为零、突出重点和难点的原则，首先介绍开关电源的基础知识和基本原理，然后按照“开关电源单元电路设计→高频变压器设计与制作→整机电路设计与制作→散热器及保护电路的设计→测试技术”的顺序，通过答疑解惑，帮助读者快速、全面、系统地掌握开关电源设计与制作的方法、要点及注意事项，可帮助读者解答疑难问题。

第二，针对性强，大多数问题源于作者的实践和高级研修班学员的提问，具有典型性和代表性。

第三，深入浅出，通俗易懂，实用性强。本书第一、二章为基础知识问答篇，第三～第六章为实用技术问答篇，第七～九章为新技术应用问答篇。从电路选型与设计、关键器件选择、印制板布局与布线、测试方法与技巧、常见故障分析与解决措施等多个角度，深入阐述了开关电源的关键技术和设计难点，这对读者学习设计和制作开关电源具有重要参考价值。

第四，对重点问题、难点问题、普遍性问题和特殊性问题分门别类地作出了解答和释疑。

第五，信息量大，知识面宽，便于读者随时查询，灵活运用，可兼顾专业技术人员和业余爱好者的需要。

沙占友教授撰写了第一～五章，并完成了全书的审阅和统稿工作。王彦朋教授、马洪涛副教授和许云峰老师合撰了第六～九章。

李学芝、沙江、韩振廷、魏跃平、沙莎、张文清、宋怀文、陈庆华、王志刚、刘立新、张启明、刘东明、赵伟刚、宋廉波、刘建民、李志清、郑国辉、李新华同志也参加了本书撰写工作。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，欢迎广大读者指正。

作者



目 录

前言

第一章 开关电源基础知识 60 问 (1)

第一节 开关电源分类特点问题解答 (1)

1. 什么是电源? (1)
2. 什么是开关电源? (1)
3. 稳压电源与恒流电源有何区别? (1)
4. 稳压电源如何分类? (2)
5. 线性电源主要有哪些特点? (2)
6. 开关电源主要有哪些特点? (3)
7. 开关电源与线性电源相比有哪些优势? (3)
8. 开关功率器件与线性功率器件各有什么特点? (4)
9. 开关电源有哪些基本类型? (5)
10. 开关电源芯片可划分成几种类型? (5)
11. 开关电源有几种调制方式? (5)
12. 什么是 DC/DC 变换器? (6)
13. 什么是开关稳压器? (6)
14. 什么是 AC/DC 变换器? (6)
15. 什么是隔离式(离线式)开关电源? (7)
16. 隔离式开关电源主要由几部分构成? (7)
17. 什么是复合式稳压电源? (7)
18. 什么是数字电源? (7)
19. 数字电源与模拟电源相比哪个性能更好? (8)
20. 什么是 LED 驱动电源? (9)
21. LED 驱动电源与 LED 驱动器有何区别? (10)
22. 什么是分布式电源? (10)
23. 什么是分布式数字电源系统? (11)

24. 什么是特种电源?	(11)
25. 什么是 UPS 电源?	(11)
第二节 开关电源常用术语及参数问题解答	(11)
26. 什么是电压调整率?	(11)
27. 什么是负载调整率?	(12)
28. 什么是输出电压精度?	(12)
29. 什么是额定输出功率?	(13)
30. 什么是功率损耗?	(14)
31. 什么是电源效率?	(14)
32. 什么是空载功耗?	(14)
33. 什么是待机功耗?	(14)
34. 什么是待机电流?	(14)
35. 什么是电源的能效?	(14)
第三节 功率因数校正 (PFC) 问题解答	(15)
36. 什么是功率因数?	(15)
37. 什么是功率因数校正?	(16)
38. 什么是无源功率因数校正?	(16)
39. 什么是有源功率因数校正?	(17)
40. 能否给出无源功率因数校正与有源功率因数校正的对比实例?	(17)
41. 什么是总谐波失真?	(18)
42. 什么是占空比?	(19)
第四节 开关电源保护功能问题解答	(20)
43. 什么是过热保护?	(20)
44. 什么是散热器?	(20)
45. 什么是过电压保护?	(20)
46. 什么是欠电压保护?	(20)
47. 什么是过电流保护?	(20)
48. 什么是过功率保护?	(20)
49. 什么是电池极性反接保护?	(21)
50. 什么是软启动功能?	(21)
51. 什么是缓启动功能?	(21)
第五节 开关电源噪声与干扰问题解答	(21)

52. 什么是瞬态响应?	(21)
53. 输出纹波电压与输出噪声电压有何区别?	(22)
54. 什么是纹波系数?	(23)
55. 什么是电源抑制比?	(23)
56. 什么是输出噪声电压?	(23)
57. 什么是电磁干扰?	(23)
58. 什么是电磁兼容性?	(24)
第六节 静电放电问题解答	(25)
59. 什么是静电放电?	(25)
60. 什么是人体静电放电模型?	(25)
第二章 开关电源基本原理 60 问	(28)
第一节 开关电源基本原理问题解答	(28)
61. 脉宽调制式开关电源的基本原理是什么?	(28)
62. 什么是单片开关电源?	(30)
63. 单片开关电源的基本原理是什么?	(30)
第二节 开关电源控制类型问题解答	(31)
64. 单片开关电源的反馈电路有哪 4 种类型?	(31)
65. 开关电源有哪两种控制类型?	(33)
66. 电压控制型开关电源的基本原理是什么?	(33)
67. 电压控制型开关电源有哪些优点?	(34)
68. 电压控制型开关电源有哪些缺点?	(34)
69. 电流控制型开关电源的基本原理是什么?	(35)
70. 电流控制型开关电源有哪些优点?	(36)
71. 电流控制型开关电源有哪些缺点?	(36)
第三节 开关电源工作模式问题解答	(37)
72. 开关电源有哪两种工作模式?	(37)
73. 连续模式和不连续模式各有什么特点?	(37)
74. 如何设定连续模式和不连续模式?	(37)
75. 同一开关电源工作在连续模式、不连续模式时哪种 一次侧的损耗较大?	(38)
76. 单片机在开关电源中主要有哪些应用?	(39)

第四节 开关电源负载特性问题解答	(39)
77. 什么是开关电源的负载特性?	(39)
78. 开关电源常见的负载有哪几类?	(39)
79. 瞬变负载有哪些特点?	(39)
80. 如何改善开关电源的瞬态响应?	(40)
第五节 开关电源常用变换器基本原理问题解答	(40)
81. 什么是拓扑结构?	(40)
82. DC/DC 变换器主要有哪些拓扑结构?	(41)
83. 降压式变换器的基本原理是什么?	(42)
84. 降压式变换器有哪些特点?	(42)
85. 升压式变换器的基本原理是什么?	(42)
86. 升压式变换器有哪些特点?	(43)
87. 降压/升压式变换器的基本原理是什么?	(43)
88. 降压/升压式变换器有哪些特点?	(44)
89. SEPIC 变换器的基本原理是什么?	(45)
90. SEPIC 变换器有哪些特点?	(45)
91. 电荷泵式变换器的基本原理是什么?	(46)
92. 电荷泵式变换器有哪些特点?	(47)
93. 多拓扑结构的变换器有哪些特点?	(47)
94. 反激式变换器的基本原理是什么?	(47)
95. 反激式变换器有哪些特点?	(48)
96. 正激式变换器的基本原理是什么?	(49)
97. 正激式变换器有哪些特点?	(49)
98. 推挽式变换器的基本原理是什么?	(50)
99. 推挽式变换器有哪些特点?	(51)
100. 半桥式变换器的基本原理是什么?	(51)
101. 半桥式变换器有哪些特点?	(52)
102. 全桥式变换器的基本原理是什么?	(52)
103. 全桥式变换器有哪些特点?	(53)
104. 什么是半桥 LLC 谐振式变换器?	(53)
105. 为什么半桥 LLC 谐振式变换器的电源效率特别高?	(53)
106. 半桥 LLC 谐振式变换器的基本原理是什么?	(54)
107. 半桥 LLC 谐振式变换器有何特点?	(55)

108. 什么是双开关正激式变换器?	(57)
109. 能否对 12 种常用 DC/DC 变换器的电路结构及 工作波形作一比较?	(57)
第六节 无源填谷电路问题解答	(61)
110. 什么是填谷电路?	(61)
111. 二阶无源填谷电路的原理是什么?	(61)
112. 如何选择填谷电容的容量?	(62)
113. 二阶无源填谷电路提高功率因数的效果如何?	(63)
114. 三阶无源填谷电路的结构原理是什么?	(63)
115. 设计无源填谷电路需注意哪些事项?	(63)
第七节 有源功率因数校正 (PFC) 问题解答	(65)
116. 有源 PFC 为何要采用升压式变换器?	(65)
117. 有源 PFC 的基本原理是什么?	(65)
118. 设计 PFC 升压式变换器需注意哪些事项?	(68)
119. 什么是单级、两级和三级式 PFC 电源?	(69)
120. 连续导通模式和临界导通模式的 PFC 各有何特点?	(70)
第三章 开关电源单元电路及关键元器件 90 问	(71)
第一节 开关电源基本结构问题解答	(71)
121. 开关电源的基本结构是怎样的?	(71)
122. 单片开关电源由哪些部分构成?	(71)
第二节 交流输入保护电路问题解答	(72)
123. 交流输入保护电路有哪些基本类型?	(72)
124. 试对开关电源常用输入保护元件的主要性能 做一比较?	(73)
125. 怎样选择熔丝管?	(74)
126. 选择熔丝管有哪些注意事项?	(75)
127. 怎样选择熔断电阻器?	(76)
128. 怎样选择负温度系数热敏电阻器?	(76)
129. 怎样选择压敏电阻器?	(77)
第三节 EMI 滤波器问题解答	(77)
130. 什么是 EMI 滤波器?	(77)

131. 串模干扰和共模干扰有何区别?	(78)
132. EMI 滤波器的结构分几种类型?	(78)
133. EMI 滤波器的基本原理是什么?	(78)
134. EMI 滤波器主要有哪些参数?	(79)
135. 什么是 EMI 滤波器的插入损耗?	(79)
136. EMI 滤波器的额定电流与环境温度有什么关系?	(80)
137. 怎样计算 EMI 滤波器的对地漏电流?	(80)
138. 什么是共模扼流圈?	(80)
139. 如何选择共模扼流圈的电感量?	(82)
140. 如何测量共模扼流圈的共模电感量和串模电感量?	(83)
141. 什么是串模扼流圈?	(83)
142. 什么是 X 电容和 Y 电容?	(84)
143. 选取 X 电容的原则是什么?	(85)
144. 选取 Y 电容的原则是什么?	(86)
145. 对 Y 电容的漏电流有何具体要求?	(86)
146. EMI 滤波器的常用电路结构有哪些?	(88)
第四节 输入整流电路问题解答	(89)
147. 如何选择输入整流管?	(89)
148. 常用整流桥有哪些规格?	(91)
149. 如何选择整流桥?	(91)
150. 什么是整流桥的导通时间及导通特性?	(93)
151. 为什么有的整流桥中会使用快恢复二极管?	(94)
第五节 输入滤波电容器问题解答	(94)
152. 怎样选择输入滤波电容器的容量?	(94)
153. 如何计算输入滤波电容器的容量?	(94)
154. 为什么输入滤波电容器具有提升直流电压的作用?	(95)
155. 倍压整流电路的工作原理是什么?	(95)
156. 交流 110V/220V 转换电路的工作原理是什么?	(97)
第六节 升压式 PFC 电感及二极管问题解答	(98)
157. 怎样计算 PFC 电感?	(98)
158. 怎样选择升压式 PFC 二极管?	(98)
159. 为什么说 Qspeed 二极管具有“软性”反向 恢复波形?	(100)

160. Qspeed 二极管主要有哪些参数?	(100)
第七节 漏极钳位保护电路问题解答	(101)
161. 为什么反激式开关电源需要增加漏极钳位保护电路? ...	(101)
162. 反激式开关电源的漏极电位是如何分布的?	(101)
163. 漏极钳位保护电路有哪几种类型?	(103)
164. 什么情况下不需要漏极钳位保护电路?	(104)
165. 什么管子适合做阻塞二极管?	(104)
166. 阻尼电阻有什么作用?	(104)
167. 为什么玻璃钝化整流管也可用作阻塞二极管?	(105)
168. 怎样选择钳位二极管和阻塞二极管?	(105)
169. 怎样设计漏极钳位保护电路?	(105)
第八节 输出整流管问题解答	(107)
170. 开关电源的输出整流管可采用哪几种管子?	(107)
171. 什么是反向恢复时间?	(107)
172. 快恢复二极管和超快恢复二极管有什么区别?	(108)
173. 单管、对管有何区别?	(108)
174. 快恢复二极管和超快恢复二极管典型产品的主要 参数是什么?	(108)
175. UF4000 系列与 1N4000 系列有何本质区别?	(109)
176. 肖特基二极管的工作原理是什么?	(110)
177. 肖特基二极管有何特点?	(111)
178. 如何选择肖特基二极管?	(111)
179. 试对几种整流管的性能加以比较。	(111)
180. 怎样选择开关电源中的续流二极管?	(112)
第九节 输出滤波电容器问题解答	(113)
181. 输出滤波电容器的等效电路有何特点?	(113)
182. 输出滤波电容器的阻抗特性有何特点?	(113)
183. 怎样计算输出滤波电容器容量的最小值?	(114)
184. 为什么采用低等效串联电阻的电容器能大幅度 降低输出纹波电压?	(114)
185. 选择输出滤波电容器时有哪些注意事项?	(115)
186. 铝电解电容器的颜色及其含义是什么?	(117)
第十节 固态电容器和超级电容器问题解答	(118)

187. 什么是固态电容器?	(118)
188. 固态电容器与铝电解电容器相比有何优势?	(118)
189. 什么是超级电容器?	(120)
190. 超级电容器主要有哪一些参数?	(121)
第十一节 磁珠问题解答	(122)
191. 什么是磁珠?	(122)
192. 磁珠具有什么特点?	(122)
193. 磁珠分哪几种类型?	(123)
194. 磁珠的阻抗特性有何特点?	(125)
195. 在开关电源中如何使用磁珠?	(125)
第十二节 光耦反馈电路问题解答	(127)
196. 什么是光耦合器?	(127)
197. 光耦合器有哪几种类型?	(127)
198. 什么是电流传输比?	(127)
199. 开关电源中为何要选择线性光耦合器?	(128)
200. 线性光耦合器有哪些典型产品?	(129)
201. 选择光耦合器的原则是什么?	(129)
202. 普通光耦反馈电路是如何构成的?	(130)
203. 如何选择普通光耦反馈电路中的稳压管?	(131)
204. 精密光耦反馈电路是如何构成的?	(131)
第十三节 控制环路问题解答	(133)
205. 什么是波特图?	(133)
206. 用什么软件可获得波特图?	(133)
207. 对控制环路的基本要求是什么?	(133)
208. 为什么要对控制环路进行补偿?	(135)
209. 如何对内部控制环路进行补偿?	(135)
210. 如何设计偏置电路?	(136)
第四章 高频变压器设计与制作 50 问	(137)
第一节 选择磁心问题解答	(137)
211. 高频变压器在开关电源中起什么作用?	(137)
212. 磁性材料是如何分类的?	(137)
213. 常用 EI 型磁心有哪些规格?	(138)

214. 常用 EE 型磁心有哪些规格?	(139)
215. 常用 RM 型铁氧体磁心有哪些规格?	(140)
216. 什么是超微晶磁心?	(141)
217. 超微晶磁心与铁氧体磁心相比有何优点?	(142)
218. 磁心截面积与有效截面积有何区别?	(143)
219. 如何用经验公式来选择磁心?	(143)
220. 如何根据输出功率来选择磁心?	(143)
221. 什么是窗口面积?	(145)
第二节 高频变压器电路中波形参数问题解答	(145)
222. 高频变压器电路中的波形参数是什么?	(145)
223. 什么是波形系数 (K_f)?	(145)
224. 什么是波形因数 (k_f)?	(145)
225. 开关电源中 6 种常见波形的参数是什么?	(146)
226. 如何确定一次侧电流的波形因数?	(146)
227. 什么是损耗分配系数 (Z)?	(149)
228. 什么是电流密度 (J)?	(149)
229. 什么是窗口利用系数 (K_w)?	(149)
230. 什么是磁滞回线?	(150)
第三节 用 AP 法选择磁心问题解答	(151)
231. 什么是 AP 法?	(151)
232. AP 法的基本公式是什么?	(151)
233. AP 法选择磁心的实用公式是什么?	(152)
234. 单端正激式高频变压器的 AP 法计算公式是什么?	(152)
235. 采用 AP 法选择磁心时需注意哪些事项?	(152)
236. 试给出用 AP 法选择磁心的设计实例。	(153)
第四节 设计反激式高频变压器问题解答	(154)
237. 试给出反激式高频变压器的设计实例。	(154)
238. 推荐用哪个公式计算一次侧电感量较好?	(156)
239. 设计反激式与正激式高频变压器有何区别?	(157)
第五节 设计正激式高频变压器问题解答	(157)
240. 设计正激式开关电源有何注意事项?	(157)
241. 设计正激式高频变压器的步骤是什么?	(158)
242. 常用的三种磁复位电路各有什么特点?	(159)

第六节 绕线问题解答	(160)
243. 如何选择漆包线?	(160)
244. 什么是三层绝缘线?	(161)
245. 为什么采用三层绝缘线能大大减小高频变压器的 体积?	(162)
246. 如何选择三层绝缘线?	(163)
247. 使用三层绝缘线有何注意事项?	(164)
248. 绕线时需注意什么问题?	(164)
249. 什么是“三明治绕法”?	(166)
250. 绕组如何走线?	(166)
251. 分离式绕法与堆叠式绕法各有什么优缺点?	(167)
252. 如何绕制屏蔽绕组?	(168)
253. 怎样设计磁屏蔽?	(169)
第七节 高频变压器损耗问题解答	(169)
254. 高频变压器的损耗是如何造成的?	(169)
255. 什么是集肤效应?	(170)
256. 什么是临近效应?	(171)
第八节 高频变压器磁饱和和问题解答	(172)
257. 为什么高频变压器磁心应留有气隙?	(172)
258. 高频变压器为什么会发生磁饱和?	(172)
259. 磁饱和有哪些危害?	(173)
260. 如何防止高频变压器磁饱和?	(173)
第五章 开关电源整机电路设计与制作 60 问	(174)
第一节 开关电源设计要点问题解答	(174)
261. 设计开关电源主要包括什么内容?	(174)
262. 开关电源有哪些性能指标?	(175)
263. 开关电源的功率损耗包括什么?	(175)
264. 什么是开关电源的传输损耗?	(176)
265. 什么是开关电源的开关损耗?	(176)
266. 开关电源还有什么其他损耗?	(176)
267. 设计高效率单片开关电源的原则是什么?	(177)
268. 提高开关电源效率有哪些方法?	(178)

269. 如何选择反激式开关电源的一次侧感应电压 U_{OR} ?	(181)
270. 如何选择功率开关管 MOSFET?	(182)
第二节 降低开关电源空载功耗和待机功耗问题解答	(184)
271. 为什么要用 NTCR 代替普通限流电阻?	(184)
272. 怎样用继电器来消除 NTCR 的功耗?	(184)
273. 为什么要降低泄放电阻的功耗?	(185)
274. X 电容零损耗放电器的工作原理是什么?	(186)
275. 如何降低泄放电阻的功耗?	(187)
276. 如何选择 X 电容零损耗放电器?	(188)
277. 如何降低待机功耗?	(188)
278. 如何选择零损耗高压检测信号断接器?	(189)
279. 如何在两级 PFC 电源中使用零损耗高压检测 信号断接器?	(190)
280. 如何用零损耗高压检测信号断接器实现远程 关断功能?	(191)
第三节 设计开关电源印制板问题解答	(192)
281. 开关电源的布局原则是什么?	(192)
282. 设计印制板时有何注意事项?	(192)
283. 开关电源的关键元器件如何布局?	(194)
284. 开关电源的布线原则是什么?	(195)
285. 设计开关电源如何接地?	(195)
286. 如何减小噪声干扰?	(196)
287. 旁路电容有哪几种接法?	(196)
第四节 设计特种开关电源问题解答	(197)
288. 什么是恒压/恒流输出式开关电源?	(197)
289. 恒压/恒流输出式开关电源的基本构成是什么?	(197)
290. 恒压/恒流输出式开关电源的工作原理是什么?	(198)
291. 如何设计恒压/恒流控制环?	(200)
292. 精密恒压/恒流控制环的基本原理是什么?	(202)
293. 如何设计精密恒压/恒流控制环?	(204)
294. 恒压/截流式开关电源有何特点?	(205)
295. 恒压/截流式开关电源的工作原理是什么?	(205)
296. 如何设计恒压/截流式开关电源?	(207)

297. 如何设计恒压/恒流/截流式开关电源?	(208)
298. 如何设计恒功率式开关电源?	(208)
299. 如何设计输出电压可从 0V 起调的隔离式开关电源?	(212)
300. 开关电源模块并联使用需要注意哪些问题?	(213)
第五节 设计多路输出式开关电源问题解答	(216)
301. 什么是交叉负载调整率?	(216)
302. 如何提高交叉负载调整率?	(216)
303. 如何设计辅助输出的反馈电路?	(216)
第六节 开关电源新技术应用问题解答	(218)
304. 什么是有源钳位技术?	(218)
305. 什么是同步整流技术?	(219)
306. 同步整流的基本原理是什么?	(220)
307. 什么是软开关技术?	(220)
308. 怎样叠加场效应管以满足超宽输入电压范围的需要? ...	(221)
309. 如何选择具有峰值功率输出能力的开关电源芯片?	(223)
310. 如何用悬浮式高压恒流源来设计超宽输入范围的 工业控制电源?	(224)
第七节 磁放大器稳压技术问题解答	(227)
311. 什么是磁放大器稳压技术?	(227)
312. 磁放大器稳压电路的基本原理是什么?	(228)
313. ATX 电源中为何要采用 3.3V 磁放大器?	(229)
314. 3.3V 磁放大器的工作原理是什么?	(230)
315. 磁放大器中的可控磁饱和电感器应选择什么磁心?	(231)
第八节 开关电源常见故障检修问题解答	(233)
316. 造成开关电源出现故障的常见原因是什么?	(233)
317. 如何检修开关电源的一般性故障?	(233)
318. 如何检修基本反馈电路的故障?	(236)
319. 如何检修光耦反馈电路的故障?	(237)
320. 如何检修开关电源中常见发热元器件的故障?	(237)
第六章 LED 驱动电源设计与制作 84 问	(241)
第一节 LED 基础知识问题解答	(241)
321. 什么是 LED?	(241)

322. 什么是大功率 LED?	(241)
323. 什么是半导体照明?	(241)
324. 什么是固态照明?	(242)
325. 什么是节能灯?	(242)
326. 什么是发光强度?	(242)
327. 什么是亮度?	(242)
328. 什么是照度?	(242)
329. 什么是峰值发射波长?	(242)
330. 什么是色温?	(242)
331. LED 照明的主要特点是什么?	(243)
332. LED 照明灯与其他照明灯相比有何优点?	(244)
333. 什么是 LED 的光衰?	(245)
334. LED 灯的寿命是如何规定的?	(245)
第二节 LED 驱动方式问题解答	(246)
335. LED 灯具有几种驱动方式?	(246)
336. 采用恒压驱动方式有哪些缺点?	(246)
337. 什么是 AC LED 驱动方式?	(247)
338. AC LED 的驱动原理是什么?	(247)
339. AC LED 有何不足之处?	(248)
340. 试给出一个分布式 LED 驱动电源的应用实例?	(248)
341. LED 驱动芯片有哪些典型产品?	(250)
342. 国产 LED 驱动芯片有哪些典型产品?	(254)
第三节 设计 LED 驱动电源注意事项问题解答	(257)
343. LED 驱动电源实现无电解电容器有哪些方法?	(257)
344. 如何选择隔离式、非隔离式 LED 驱动电源的 拓扑结构?	(257)
345. 电感电流连续导通模式的基本原理是什么?	(258)
346. 设计 AC/DC 式 LED 驱动电源时应考虑哪些因素?	(260)
347. 设计太阳能 LED 照明灯具需注意哪些事项?	(262)
第四节 LED 调光技术问题解答	(263)
348. 模拟调光有何优点?	(263)
349. 模拟调光有何缺点?	(263)
350. 模拟调光的基本原理是什么?	(264)