



发明者电子设计宝典

PRACTICAL ELECTRONICS FOR INVENTORS

(美) Paul Scherz 著
福建科学技术出版社

发明者 电子设计宝典

◆ **PRACTICAL ELECTRONICS FOR INVENTORS**

(美)Paul Scherz/著

蔡声镇 林佑国 吴允平 蔡坚勇 吴怡 苏伟达 李汪彪 傅金雨/译

福建科学技术出版社

著作权合同登记号：图字：13-2002-06

Original title: Pratical Electronics for Inventors

Original edition copyright 2002 by The McGraw-Hill Companies, Inc, All rights reserved.

Chinese edition copyright by Fujian Science and Technology Publishing House, All rights reserved.

本书中文版经美国 McGraw-Hill 公司正式授权出版

版权所有。未经授权，本书图文均不得复制

图书在版编目 (CIP) 数据

发明者电子设计宝典/ (美) 斯柯兹著;

蔡声镇等译. —福州: 福建科学技术出版社, 2004. 8

ISBN 7-5335-2339-3

I. 发… II. ①斯…②蔡… III. 电子线路-电路
设计-基本知识 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 005385 号

书 名	发明者电子设计宝典
作 者	(美) Paul Scherz
译 者	蔡声镇等
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
插 页	4
字 数	808 千字
版 次	2004 年 8 月第 1 版
印 次	2004 年 8 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5335-2339-3/TN·301
定 价	63.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前言

电子学领域的发明者是那些拥有知识、直觉、创造力和技术，并且知道该如何将他们的想法变成实际生活中的小电器的人。我写这本书的目的是激励你的创造力，使你通过对理论和实践的学习对电子学有一个直观的理解。

本书的独特之处——使理论和实践结合起来

不少电子学书籍一开始就给读者许多技术上的公式和理论，而不是先给读者一个特殊的电子器件的概念，或者这个器件实际情况，它和其他器件相比有哪些相似之处以及它如何使用。即便有实践经验的信息被引用，也经常出现在文章末尾，读者可能在这之前就完全对主题失去兴趣，或者可能错过精华部分而被细节和公式所困。而本书先把基本的实践信息列出来，然后把每一个章节分为若干部分。例如，有关场效应管（JFET）的一节的纲要如下所示：

- 基本介绍和典型应用（三端器件；用电压作用于其中一端去控制通过其他两端的电流，控制端实际上不吸取电流；可用作开关和放大器）；

- 类型（n 沟道和 p 沟道；当用一个负电压作用于控制端时，n 沟道 JFET 的两个电极之间的阻抗增加；对于 p 沟道 JFET 可用一个正电压取代之，可以获得相同效果）；

- JFET 工作原理（用一个图形和标注来说明半导体的物理特性）；
- JFET 的水模拟分析（用导管、塞子依照水压响应组成的装置）；
- 技术资料（结型场效应管三电极间的电压与电流响应）；
- 例题（关于如何使用这个理论的一些例题）；
- 基本电路（用电流驱动和电压放大电路来说明 JFET 的应用）；

- 实际考虑（JFET 的类型：小信号 JFET、高频率 JFET、匹配对管；电压、电流等重要参数和规格）；

- 应用（完整的电路：继电器驱动器、音频混响器、电气仪表）。

通过在章节开始时接受的实践信息，读者能够很快发现他所学的器件正是一个设计者所需要定购的。只有这样，读者才能在学习中倾注大量的热情与时间。

纠正错误的概念

本书的目的在于解释电子学中很多经常被误解的或者是很少提及的概念，例如电容中的电流位移，怎样看待光学放大器，光子产生的方式，什么是阻抗匹配等诸如此类的问题。当前很多电子学书籍常常忽略了这些关键点，而它们其实是更好的理解电子现象的基本内容。

紧扣实际的示例和问题

很多的电子书籍常常列出许多过于简单或者是与实际脱节的电路问题，也有一些书籍提供了有趣的问题，但它们通常没有解释该如何解决这些问题。而这些问题很像考试的试题或者是家庭作业，而且不幸的是，你不得不自己学会解决这些问题的方法。因为没有现成的答案，所以甚至当你已经解决了这些问题，你也不可能检查你的结论是否是对的，让读者很失望吧！本书不会让你去猜答案，它不但提供答案，而且对解题过程作了详细说明。

水模拟

模拟可以让人洞悉陌生的领域。使用一个好的模拟来描述一个知识点，学习就会变得有趣，而且能够建立一个直观的独特的认识。本书提供给读者多种水的机械设备来模拟电子装置。所有这些结合弹簧、活塞、气球等器具的模拟，有趣而且易解。本书中提到的水模拟包括电容器的水模拟、各种晶体管的水模拟和运算放大器的水模拟。

实践信息

本书尽力让读者学到在很多传统电子学书籍中没有讲到的技巧。例如：你会学会辨别不同种类的电池、电容、晶体管和逻辑门家族。你也会学会如何使用诸如示波器、万用表和逻辑探针之类的测试设备。本书中还概括了一些实用知识，包括译码晶体管和集成电路（IC）符号，怎样避免损坏以及去哪里进一步搜索各项目的更多的信息。

建构电路

当读者读到一本缺乏实际生活电路的书时，他对电子学的热情就会消减。为了不让你的热情消减，本书提供了很多电路及其详细的工作原理，包括电力供应、无线电的发射和接收电路、音频放大器、话筒前置放大电路、红外线传感电路、直流发动机/RC 伺服系统/步进电机驱动电路和发光二极管（LED）显示驱动电路等。通过已经构建的电路，本书还让读者自己去制作、实验和想出新的方法去改善这些电路的性能，并且在他们的发明创造中使用这些电路。

怎样构建电路

本书为设计和构建电路提供了最新的指导思路，还为画电路板、使用电路仿真程序、焊

接、安全法则、使用“面包板”、制造印刷电路板、散热、封装设计以及手头的实用工具的使用提供了一些技巧。本书还详细讨论了如何使用示波器、万用表和逻辑探针来测试你的电路，而且还提供了故障检修的一些技巧。

有关安全的提示

本书对电怎样和为什么能造成身体伤害做了解释，而且还告诉读者要避免什么以及怎样避免。本书还讨论了一些由于静电释放而易于损坏的敏感元器件，并且提出了一些方法来避免。

有趣的边缘问题

在本书各章节和附录中，我已经概括了很多边缘主题。提出这些边缘主题的目的是让你对物理学、史学和在传统电子学书籍中很少被提起的一些实用电子知识有更深入的理解。例如，你会发现本书提及配电和家庭配线，提及半导体物理学，提及光子学。其他的边缘主题包括：计算机仿真程序、专利、注塑成型、电子学上发明与发现的历史局限等。

谁会发现本书有用

本书是用来帮助爱好者学习的。它没有很深奥的电子知识，因此教师、学生、有抱负的爱好者、发明者都会发现本书是很有用的。同时，专业技术人员和那些更高级的爱好者也会发现本书是一本很有用的参考书。

本书翻译作者：蔡声镇、林佑国、吴允平、蔡坚勇、吴怡、苏伟达、李汪彪、傅金雨

其中，第一章：吴怡；第二章：吴怡；第三章：吴怡；第四章：林佑国；第五章：林佑国；第六章：苏伟达；第七章：蔡声镇；第八章：傅金雨；第九章：蔡声镇；第十章：吴允平；第十一章：蔡坚勇；第十二章：蔡坚勇；第十三章：蔡声镇；第十四章：李汪彪；附录：林佑国、吴允平

目 录

前言

第 1 章 电子学导论	(1)
第 2 章 电子设计理论	(4)
2.1 电 流	(4)
2.2 电 压	(5)
2.3 电 阻	(7)
2.4 直流电源	(7)
2.5 两个简易的电池电源	(8)
2.6 电 路	(8)
2.7 欧姆定律	(9)
2.8 电路的简化	(9)
2.9 基尔霍夫定律	(12)
2.10 戴维南定理	(14)
2.11 正弦电压源	(17)
2.12 均方根电压	(18)
2.13 电 容 器	(18)
2.14 容 抗	(20)
2.15 电 感 器	(20)
2.16 感 抗	(22)
2.17 基本电源和电路	(23)
2.18 直流电源和 $RC/RL/RLC$ 电路	(24)
2.19 复数的计算	(26)

2.20	正弦电压源电路	(29)
2.21	用复阻抗分析正弦电路	(29)
2.22	串联阻抗与电压分配器	(32)
2.23	并联阻抗和电流分配器	(33)
2.24	基尔霍夫定律在交流电路中的应用	(33)
2.25	戴维南定理的交流形式	(36)
2.26	交流电路中的功率	(38)
2.27	分贝	(38)
2.28	LC 谐振电路	(39)
2.29	RLC 谐振电路	(40)
2.30	滤波器	(41)
2.31	周期性非正弦电源电路	(45)
2.32	非周期性电源电路	(47)
2.33	非线性电路及其直观分析法	(47)

第 3 章 电路的基本元件 (49)

3.1	电线、电缆和连接器	(49)
3.1.1	电线	(49)
3.1.2	电缆	(51)
3.1.3	连接器	(53)
3.1.4	导线和连接器的符号	(56)
3.1.5	电线和电缆中的高频效应	(56)
3.2	电池	(64)
3.2.1	电池工作原理	(65)
3.2.2	原电池 (一次电池)	(66)
3.2.3	各种原电池的比较	(67)
3.2.4	蓄电池 (二次电池)	(68)
3.2.5	电池容量	(70)
3.2.6	关注电池内部的电压降	(70)
3.3	开关	(71)
3.3.1	开关工作原理	(71)
3.3.2	开关的描述	(72)
3.3.3	开关的种类	(73)
3.3.4	简单的开关应用	(75)
3.4	继电器	(76)
3.4.1	特殊种类的继电器	(77)
3.4.2	有关继电器的一些说明	(77)
3.4.3	一些简单的继电器电路	(78)
3.5	电阻器	(79)

3.5.1	电阻器工作原理	(80)
3.5.2	电阻器的基本应用	(80)
3.5.3	固定电阻器的类型	(81)
3.5.4	识别电阻器的标记	(82)
3.5.5	电阻器的额定功率	(83)
3.5.6	可变电阻器	(83)
3.6	电容器	(84)
3.6.1	电容器工作原理	(84)
3.6.2	关于 $I=CdV/dt$ 的说明	(84)
3.6.3	电容器的水模拟	(85)
3.6.4	电容器的基本功能	(86)
3.6.5	电容器的类型	(86)
3.6.6	可变电容器	(88)
3.6.7	电容器的标记	(88)
3.6.8	电容器的使用要点	(89)
3.6.9	电容器的实际应用	(90)
3.7	电感器	(91)
3.7.1	电感器工作原理	(92)
3.7.2	电感器的基本作用	(93)
3.7.3	电感器的类型	(94)
3.8	变压器	(95)
3.8.1	变压器的基本作用	(97)
3.8.2	特殊类型的变压器	(98)
3.8.3	变压器的实际应用	(98)
3.8.4	变压器的实际类型	(100)
3.9	保险丝和断路器	(101)
3.9.1	保险丝和断路器的种类	(102)
第4章	半导体器件	(104)
4.1	半导体技术	(104)
4.1.1	什么是半导体	(104)
4.1.2	硅的应用	(108)
4.2	二极管	(109)
4.2.1	PN结二极管的工作原理	(109)
4.2.2	二极管的水模拟	(111)
4.2.3	二极管的基本应用	(111)
4.2.4	有关二极管的几个要点	(115)
4.2.5	齐纳二极管	(115)
4.2.6	齐纳二极管的水模拟	(115)

4.2.7	齐纳二极管的基本应用	(116)
4.3	晶体三极管	(117)
4.3.1	晶体三极管概述	(117)
4.3.2	双极型晶体三极管	(119)
4.3.3	结型场效应晶体管	(136)
4.3.4	金属氧化物半导体场效应晶体管	(146)
4.3.5	单结晶体管	(154)
4.4	晶闸管	(157)
4.4.1	晶闸管概述	(157)
4.4.2	可控硅 (SCR)	(158)
4.4.3	可控硅开关	(161)
4.4.4	双向可控硅	(162)
4.4.5	四层二极管和双向二极管	(165)

第5章 光电子技术 (166)

5.1	光子概论	(166)
5.2	电灯	(168)
5.3	发光二极管 (LED)	(170)
5.3.1	LED 工作原理	(170)
5.3.2	LED 的种类	(170)
5.3.3	LED 技术资料	(171)
5.3.4	LED 基本应用	(172)
5.4	光敏电阻	(174)
5.4.1	光敏电阻的工作原理	(174)
5.4.2	光敏电阻相关技术	(174)
5.4.3	光敏电阻的应用	(175)
5.5	光电二极管	(176)
5.5.1	光电二极管工作原理	(176)
5.5.2	光电二极管的基本应用	(176)
5.5.3	光电二极管的种类	(177)
5.6	太阳能电池	(177)
5.6.1	太阳能电池的基本应用	(178)
5.7	光电晶体管	(178)
5.7.1	光电晶体管的工作原理	(178)
5.7.2	光电晶体管的基本电路	(179)
5.7.3	光电晶体管的种类	(179)
5.7.4	光电晶体管的技术资料	(180)
5.7.5	光电晶体管的应用	(180)
5.8	光电晶闸管	(181)

5.8.1	LASCR 的工作原理	(181)
5.8.2	LASCR 的基本应用	(181)
5.9	光电耦合器	(182)
5.9.1	集成光电耦合器	(182)
5.9.2	光电耦合器的应用	(183)
第 6 章	集成电路	(184)
6.1	集成电路的封装	(185)
6.2	基本集成电路	(187)
第 7 章	运算放大器	(189)
7.1	运算放大器的水模拟	(190)
7.2	运算放大器的工作原理	(191)
7.3	运算放大器的相关理论	(192)
7.4	负反馈	(193)
7.5	正反馈	(197)
7.6	运算放大器的实际类型	(198)
7.7	运算放大器的特性	(200)
7.8	功率运算放大器	(202)
7.9	实践中的注意事项	(203)
7.10	电压和电流的偏移补偿	(203)
7.11	频率补偿	(204)
7.12	比较器	(205)
7.13	带回滞的比较器	(206)
7.13.1	带回滞的反相比较器	(206)
7.13.2	带回滞的同相比较器	(207)
7.14	单电源比较器	(208)
7.15	窗口比较器	(209)
7.16	电平指示器	(209)
7.17	运算放大器的应用	(210)
第 8 章	滤波器	(215)
8.1	滤波器设计须知	(216)
8.2	基本滤波器	(217)
8.3	无源低通滤波器的设计	(218)
8.4	滤波器的类型	(221)
8.5	无源高通滤波器的设计	(221)
8.6	无源带通滤波器的设计	(223)

8.7	无源陷波滤波器的设计	(225)
8.8	有源滤波器的设计	(226)
8.8.1	有源低通滤波器实例	(227)
8.8.2	有源高通滤波器实例	(228)
8.8.3	有源带通滤波器	(229)
8.8.4	有源陷波滤波器	(231)
8.9	集成滤波器电路	(232)
第9章	振荡器和定时器	(234)
9.1	RC 间歇振荡器	(235)
9.2	555 定时器集成电路	(237)
9.2.1	555 的工作原理 (非稳态运用)	(237)
9.2.2	基本的无稳态运用	(239)
9.2.3	555 的工作原理 (单稳态运用)	(240)
9.2.4	基本的单稳态运用	(241)
9.2.5	555 定时器应用的一些注意事项	(241)
9.2.6	555 的简单应用	(242)
9.3	压控振荡器	(243)
9.4	文氏电桥和双 T 振荡器	(244)
9.5	LC 振荡器 (正弦波振荡器)	(245)
9.6	晶体振荡器	(248)
第10章	稳压器和电源	(251)
10.1	稳压集成电路	(252)
10.1.1	不可调节的稳压集成电路	(253)
10.1.2	可调节的稳压集成电路	(253)
10.1.3	稳压集成电路规格	(254)
10.2	稳压集成电路的应用实例	(254)
10.3	变压器	(254)
10.4	整流器的封装	(254)
10.5	一些简单的电源	(255)
10.6	关于降低纹波的技术要点	(257)
10.7	相关的问题	(259)
10.8	开关稳压集成电路电源	(260)
10.9	各种商品电源	(263)
10.10	电源的制作	(264)
第11章	音频电子技术	(265)
11.1	音频概述	(265)

11.2	话筒	(267)
11.3	话筒的特性指标	(268)
11.4	音频放大器	(268)
11.5	前置放大器	(270)
11.6	混频电路	(270)
11.7	阻抗匹配	(271)
11.8	扬声器	(271)
11.9	分频网络	(272)
11.10	用于驱动扬声器的简单集成电路	(274)
11.11	声响信号设备	(275)
11.12	其他音频电路	(275)
 第 12 章 数字电子技术		(278)
12.1	数字电子技术基础	(278)
12.1.1	数字逻辑状态	(278)
12.1.2	数字电路中使用的数码	(279)
12.1.3	时钟计时、并行传输与串行传输	(285)
12.2	逻辑门	(286)
12.2.1	多输入端逻辑门	(287)
12.2.2	数字逻辑门集成电路	(287)
12.2.3	单逻辑门应用	(289)
12.2.4	组合逻辑	(290)
12.2.5	组合逻辑电路的简化 (卡诺图)	(296)
12.3	组合器件	(298)
12.3.1	复用器 (数据选择器) 和双向开关	(299)
12.3.2	分用器 (数据分配器) 和译码器	(300)
12.3.3	编码器和数码转换器	(303)
12.3.4	二进制加法器	(306)
12.3.5	二进制加法/减法器	(307)
12.3.6	算术逻辑单元 (ALU)	(307)
12.3.7	比较器和大小比较集成电路	(308)
12.3.8	奇偶发生器/校验器	(309)
12.3.9	微控制器的发展趋势	(310)
12.4	常用的逻辑器件	(310)
12.4.1	TTL 集成电路	(311)
12.4.2	CMOS 集成电路	(312)
12.4.3	输入/输出电平与噪声容限	(312)
12.4.4	额定电流、扇出及传输延迟	(313)
12.4.5	各种 TTL 和 CMOS 系列	(314)

12.4.6	其他逻辑器件	(316)
12.4.7	集电极开路门 (OC)	(317)
12.4.8	施密特触发器	(318)
12.4.9	各种逻辑器件的连接	(319)
12.5	逻辑集成电路的供电、测试及应用经验法则	(321)
12.5.1	逻辑集成电路的供电	(321)
12.5.2	供电电源的去耦	(321)
12.5.3	闲置的输入端	(321)
12.5.4	逻辑探测器和逻辑脉冲发生器	(322)
12.6	时序逻辑	(323)
12.6.1	SR 触发器	(323)
12.6.2	SR 触发器 (锁存) 集成电路	(327)
12.6.3	D 触发器	(328)
12.6.4	一些简单的 D 触发器的应用	(330)
12.6.5	四位和八位触发器	(331)
12.6.6	JK 触发器	(332)
12.6.7	JK 触发器的应用	(334)
12.6.8	触发器实际应用中应考虑的时间问题	(336)
12.6.9	数字时钟发生器和单脉冲发生器	(337)
12.6.10	上电自清零 (复位) 电路	(341)
12.6.11	开关抗颤动器	(341)
12.6.12	上拉和下拉电阻	(342)
12.7	计数器集成电路	(343)
12.7.1	异步计数器 (纹波计数) 集成电路	(343)
12.7.2	同步计数器集成电路	(346)
12.7.3	带显示功能的计数器	(353)
12.8	移位寄存器	(353)
12.8.1	串行输入/串行输出移位寄存器	(354)
12.8.2	串行输入/并行输出移位寄存器	(354)
12.8.3	并行输入/串行输出移位寄存器	(354)
12.8.4	环形计数器 (移位寄存序列发生器)	(355)
12.8.5	约翰逊移位计数器	(356)
12.8.6	移位寄存器集成电路	(356)
12.8.7	移位寄存器的应用	(360)
12.9	三态缓冲器、锁存器和收发器	(363)
12.9.1	三态八进制缓冲器	(363)
12.9.2	三态八进制锁存器和触发器	(364)
12.9.3	收发器	(366)
12.10	其他数字电子技术内容	(366)

第 13 章 直流电动机、遥控伺服系统和步进电机	(367)
13.1 直流电动机	(367)
13.2 直流电动机的速度控制	(368)
13.3 直流电动机的转向控制	(369)
13.4 遥控伺服系统	(370)
13.5 步进电机	(372)
13.6 步进电机的类型	(372)
13.7 步进电机的驱动	(374)
13.8 带译码器的控制驱动器	(376)
13.9 步进电机的识别	(378)
 第 14 章 电子技术实践	(380)
14.1 安全	(380)
14.1.1 一些安全技巧	(381)
14.1.2 放电损坏元件	(382)
14.1.3 使用注意事项	(382)
14.2 创建电路	(382)
14.2.1 画电路原理图	(382)
14.2.2 电路仿真软件	(384)
14.2.3 做电路的调试样板	(384)
14.2.4 最后的电路	(385)
14.2.5 电路板布局的要点	(388)
14.2.6 在构建电路时常用到的特殊元器件	(388)
14.2.7 焊接	(388)
14.2.8 拆焊	(389)
14.2.9 安装电路	(389)
14.2.10 常用的工具	(389)
14.2.11 电路故障的排除	(389)
14.3 万用表	(390)
14.3.1 基本操作	(391)
14.3.2 模拟万用表的工作原理	(391)
14.3.3 数字万用表的工作原理	(393)
14.3.4 测量的误差	(393)
14.4 示波器	(394)
14.4.1 示波器的工作原理	(394)
14.4.2 示波器的内部电路	(395)
14.4.3 时基扫描线	(396)
14.4.4 示波器的基本应用	(398)
14.4.5 示波器旋钮与开关的使用	(399)

14.4.6	示波器的使用	(402)
14.4.7	示波器的其他应用	(406)
附录 A	电网与配电	(410)
A.1	配电	(410)
A.2	三相电	(410)
A.3	其他国家或地区的电网	(413)
附录 B	电子元件符号	(414)
附录 C	常用资料和数学公式	(416)
C.1	科学计数法	(416)
C.2	线性函数 ($y=mx+b$)	(416)
C.3	二次函数 ($y=ax^2+bx+c$)	(417)
C.4	指数和对数	(417)
C.5	三角函数	(417)
C.6	微分	(418)
附录 D	查找元件	(420)
附录 E	注塑成型和发明专利	(421)
附录 F	电子发明发现历史年表	(423)
附录 G	电子元件和数字集成电路的选用、半导体元件命名方式	(427)
G.1	误差为 5% 的碳膜电阻器的标称电阻值	(427)
G.2	二极管的选用	(427)
G.3	齐纳二极管的选用	(429)
G.4	一般用途双极型晶体管的选用	(429)
G.5	一般用途的双极型功率晶体管的选用	(431)
G.6	射频晶体管的选用	(432)
G.7	小信号结型场效应管的选用	(432)
G.8	功率场效应管的选用	(433)
G.9	运算放大器的选用	(434)
G.10	4000 系列通用数字集成电路	(435)
G.11	7000 系列通用数字集成电路	(436)
G.12	半导体元件命名方式	(438)
附录 H	模拟/数字接口	(439)
H.1	模拟信号触发简单的逻辑响应	(439)
H.2	用逻辑信号驱动负载	(440)
H.3	模拟开关	(441)
H.4	模拟复用器/分用器	(441)
H.5	模-数和数-模转换	(442)
H.6	模-数转换器	(448)
附录 I	显示设备	(454)
I.1	LED 显示器	(454)

I.2	字母 LED 显示器	(456)
I.3	液晶显示器	(460)
附录 J	存储设备	(471)
J.1	只读存储器 (ROM)	(472)
J.2	简单二极管式只读存储器	(472)
J.3	存储容量和存储的组织	(473)
J.4	简单的可编程只读存储器	(473)
J.5	只读存储器的类型	(474)
J.6	随机存取存储器 (RAM)	(479)
附录 K	微处理器和微控制器	(485)
K.1	微处理器	(486)
K.2	微控制器	(492)