

[美] Charles Platt 著 赵正 译

电子元器件 百宝箱



Encyclopedia of Electronic Components Vol.2

信号处理

LEDs ■ LCDs ■ 声频 ■ 光源
晶闸管 ■ 数字 ■ 模拟



第2卷

电子元器件 百宝箱

Encyclopedia of Electronic Components Vol.2

[美] Charles Platt 著

赵正 译

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电子元器件百宝箱. 第2卷 / (美) 普拉特
(Platt, C.) 著; 赵正译. — 北京: 人民邮电出版社,
2016. 2

(爱上制作)

ISBN 978-7-115-40753-5

I. ①电… II. ①普… ②赵… III. ①电子器件—制
作②电子元件—制作 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第267479号

版权声明

© 2016 year of first publication of the Translation Posts & Telecom Press

Authorized Simplified Chinese translation of the English edition of Encyclopedia of Electronic Components Volume 2
(ISBN 9781449334185) © 2014 Maker Media, Inc. published by O'Reilly Media, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the
same.

本书英文版版权归 Maker Media, Inc. 所有, 由 O'Reilly Media, Inc. 于 2014 年出版。简体中文版通过 O'Reilly Media,
Inc. 授权给人民邮电出版社, 于 2016 年出版发行, 得到原出版方的授权。版权所有, 未得书面许可, 本书的任何
部分不得以任何形式重制。

内 容 提 要

本书是《电子元器件百宝箱(第1卷)》的续篇, 它如同一个收纳了多种元器件的百宝箱, 针对 LED、LCD、
声频、晶闸管、放大器等信号处理问题做了阐述。全书分为分离半导体、集成电路、光源与指示器、声源几个大
类, 每个大类再分成若干个小项目, 比如二极管、比较器、定时器、解码器、LED 指示器等, 各个项目再从功能、
工作原理、演变过程、参数、使用方法、注意事项等方面作详细介绍。它适合初学者对电子元器件进行全面、系
统的学习, 也适合作为爱好者的参考工具书。本书内容分类清晰, 方便查阅。

-
- ◆ 著 [美] Charles Platt
 - 译 赵 正
 - 责任编辑 李 健
 - 执行编辑 马 涵
 - 责任印制 周昇亮
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京市雅迪彩色印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
 - 印张: 14.25 2016 年 2 月第 1 版
 - 字数: 405 千字 2016 年 2 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2015-2404 号

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010)81055339 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

谨以此书纪念我的父亲 Maurice Platt

目 录

如何使用本书.....	1
0.1 丛书目录.....	2
0.2 组织结构.....	3

0.3 Safari® Books Online	5
0.4 如何联系原出版社	5
0.5 鸣谢	5

分离半导体

晶闸管.....	8
01 可控硅.....	8
1.1 它可以做什么.....	9
1.2 它如何工作.....	9
1.3 它的内部构造.....	10
1.4 演变	12
1.5 参数	12
1.6 如何使用它.....	12
1.7 禁止事项.....	14
02 双向触发二极管	16

2.1 它可以做什么.....	17
2.2 它如何工作.....	17
2.3 演变	18
2.4 参数	19
2.5 禁止事项.....	19
03 三端可控硅	20
3.1 它可以做什么.....	21
3.2 它如何工作.....	22
3.3 演变	27
3.4 参数	27
3.5 禁止事项.....	28

集成电路

模拟.....	30
04 固态继电器.....	30
4.1 它可以做什么.....	31

4.2 它如何工作.....	32
4.3 演变	32
4.4 参数	34
4.5 如何使用它.....	34

4.6 禁止事项.....	34
05 光耦合器.....	36
5.1 它可以做什么.....	37
5.2 它如何工作.....	37
5.3 演变.....	38
5.4 参数.....	39
5.5 如何使用它.....	39
5.6 禁止事项.....	40
06 比较器.....	41
6.1 它可以做什么.....	42
6.2 它如何工作.....	42
6.3 演变.....	44
6.4 参数.....	44
6.5 如何使用它.....	45
6.6 禁止事项.....	48
07 运算放大器.....	49
7.1 它可以做什么.....	50
7.2 它如何工作.....	50
7.3 演变.....	52
7.4 参数.....	52
7.5 如何使用它.....	53
7.6 禁止事项.....	55
08 数字电位器.....	57
8.1 它可以做什么.....	58
8.2 它如何工作.....	58
8.3 演变.....	59
8.4 参数.....	62
8.5 如何使用它.....	62
8.6 禁止事项.....	63
09 定时器.....	64
9.1 它可以做什么.....	65
9.2 它如何工作.....	65
9.3 演变.....	65
9.4 参数.....	70
9.5 如何使用它.....	72
9.6 禁止事项.....	77

数字..... 79

10 逻辑门.....	79
10.1 它可以做什么.....	80
10.2 它如何工作.....	80
10.3 演变.....	83
10.4 如何使用它.....	91
10.5 禁止事项.....	92
11 触发器.....	94
11.1 它可以做什么.....	95
11.2 它如何工作.....	95
11.3 演变.....	101
11.4 参数.....	102
11.5 如何使用它.....	102
11.6 禁止事项.....	103
12 移位寄存器.....	104
12.1 它可以做什么.....	105
12.2 它如何工作.....	106
12.3 演变.....	107
12.4 参数.....	107
12.5 如何使用它.....	109
12.6 禁止事项.....	110
13 计数器.....	111
13.1 它可以做什么.....	112
13.2 它如何工作.....	112
13.3 演变.....	113
13.4 参数.....	116
13.5 禁止事项.....	116
14 编码器.....	118
14.1 它可以做什么.....	119
14.2 它如何工作.....	119
14.3 演变.....	120
14.4 参数.....	120
14.5 如何使用它.....	120
14.6 禁止事项.....	121

15 解码器	122	16 多路复用器	127
15.1 它可以做什么	123	16.1 它可以做什么	128
15.2 它如何工作	125	16.2 它如何工作	129
15.3 演变	125	16.3 演变	130
15.4 参数	125	16.4 参数	131
15.5 如何使用它	125	16.5 如何使用它	131
15.6 禁止事项	125	16.6 禁止事项	132

光源、指示灯或显示设备

反射光源

134

17 LCD

134

17.1 它可以做什么	135
17.2 它如何工作	135
17.3 演变	135
17.4 如何使用它	140
17.5 禁止事项	142

单一光源

143

18 白炽灯

143

18.1 它可以做什么	144
18.2 历史	144
18.3 它如何工作	145
18.4 演变	146
18.5 参数	148
18.6 如何使用它	149
18.7 禁止事项	150

19 氖管灯

151

19.1 它可以做什么	152
19.2 它如何工作	152
19.3 如何使用它	154
19.4 演变	155
19.5 禁止事项	156

20 荧光灯

157

20.1 它可以做什么	158
20.2 它如何工作	158
20.3 演变	159
20.4 参数	160
20.5 禁止事项	161

21 激光

162

21.1 它可以做什么	163
21.2 它如何工作	163
21.3 演变	165
21.4 参数	165
21.5 如何使用它	166
21.6 禁止事项	166

22 LED 指示器

167

22.1 它可以做什么	168
22.2 它如何工作	168
22.3 演变	169
22.4 参数	172
22.5 如何使用它	174
22.6 禁止事项	175

23 LED 区域光源

176

23.1 它可以做什么	177
23.2 它如何工作	178
23.3 演变	180

23.4 参数.....	181
23.5 禁止事项.....	182

多光源或面板光源..... 183

24 LED 显示屏.....	183
24.1 它可以做什么.....	184
24.2 它如何工作.....	184
24.3 演变.....	184
24.4 参数.....	187
24.5 如何使用它.....	187
24.6 禁止事项.....	190

25 真空荧光灯显示屏.....	191
25.1 它可以做什么.....	192
25.2 它如何工作.....	192
25.3 如何使用它.....	192
25.4 演变.....	193
25.5 禁止事项.....	194

26 电发光.....	195
26.1 它可以做什么.....	196
26.2 它如何工作.....	196
26.3 参数.....	196

声源

声频报警器..... 200

27 换能器.....	200
27.1 它可以做什么.....	201
27.2 它如何工作.....	201
27.3 演变.....	201
27.4 参数.....	202
27.5 如何使用它.....	204
27.6 禁止事项.....	205

28 蜂鸣器.....	206
28.1 它可以做什么.....	207
28.2 演变.....	207
28.3 参数.....	207
28.4 如何使用它.....	208
28.5 禁止事项.....	209

扩音器..... 210

29 耳机.....	210
29.1 它可以做什么.....	211
29.2 它如何工作.....	211
29.3 演变.....	211
29.4 参数.....	213
29.5 禁止事项.....	214

30 扬声器.....	215
30.1 它可以做什么.....	216
30.2 它如何工作.....	216
30.3 演变.....	218
30.4 参数.....	219
30.5 禁止事项.....	219

如何使用本书

本书为丛书中的第 2 卷，作者致力于向学生、工程师、业余爱好者们提供一本常用的电子元器件参考书。书中的内容大多可以从元器件规格书、指导书、网站和供应商处获得，不过电子元器件宝典丛书在将这些内容筛选整理到一起的同时，还加上了很多珍贵的其他知识，方便大家查阅和学习。每个主题章节都包括典型应用、替代品、类似元器件索引、原理图范例和常见问题错误列表等内容。

关于本丛书更多的信息，请读者参阅第 1 卷的前言部分。

0.1 丛书目录

出于实用性的考虑，作者将本书分为3卷。每卷内容如下。

0.1.1 卷1

电源；电磁设备；分离半导体元器件

电源类目中包含了可以产生、分发、存储、切断、转换电能的设备。电磁设备类目主要讲述可以对外产生平动或转动效果的电驱动设备。分离半导体部分则涵盖了常见的二极管、三极管。本书第1卷的目录见图P-1。

主类目	次级类目	元器件类型
功率元器件	电源	电池
	连接器	跳线
		保险丝
		按钮
		开关
		旋转开关
		旋转编码器
	调整	继电器
		电阻
		变阻器
		电容
		可调电容
		电感
	变换	交流-交流变压器
		交流-直流电源
		直流-直流变换器
		直流-交流逆变器
	管理	稳压器
电磁	线性输出	电磁铁
		螺线管
	旋转输出	直流电机
		交流电机
		伺服电机
		步进电机
分离半导体	单结	二极管
		单结晶体管
	多结	双极型晶体管
		场效应管

图 P-1
丛书第1卷的主题分类

0.1.2 卷2

晶闸管（可控硅、双向触发二极管和三端可控硅），集成电路，光源、指示灯和显示器，声源元器件。

集成电路分为模拟元器件和数字元器件两大类。光源、指示灯和显示器分为被动显示、单光源、自发光显示三部分。声源元器件分为产生声音和回放声音两种。本书第2卷的目录见图P-2。

主类目	次级类目	元器件类型
分离半导体	晶闸管	可控硅
		双向触发二极管
		三端可控硅
集成电路	模拟	固态继电器
		光耦合器
		比较器
		运算放大器
		数字电位器
		定时器
	数字	逻辑门
		触发器
		移位寄存器
		计数器
		编码器
		解码器
		多路复用器
	光源、指示灯或显示设备	反射光源
		单一光源
		LCD
		白炽灯
		氖管灯
		荧光灯
		激光
		LED指示器
		LED区域光源
		LED显示屏
		真空荧光显示屏
		电发光
声源	音频报警器	换能器
		蜂鸣器
	扩音器	耳机
		扬声器

图 P-2
丛书第2卷的主题分类

0.1.3 卷3

传感设备

传感设备的类型和涵盖范围极为广阔，因此作

者选择单独用一卷内容来阐述它们。传感设备可以感知声、光、热、运动、压力、气体、湿度、方向、电流、距离、外力、辐射等各种物理量。

截至目前，本丛书第 1 卷已经出版，第 3 卷还在筹备中。

0.2 组织结构

0.2.1 参考书与教材

从书名即可得知本书是一本爱好者使用的参考书，而不是教材。教材会从基础知识讲起，由浅入深地向读者介绍各种知识。而参考书则不要求读者有严格的阅读顺序，读者可以随便翻到一个章节，对感兴趣的内容进行学习，并且随时可以脱离书本。由于参考书的每一章都必须自成一体，尽量相互独立，因此假如读者坚持从头到尾阅读参考书，那么会发现书中有很多重复的知识。

作者的另外两本书 *Make: Electronics* 和 *Make: More Electronics* 是以教材形式编撰的。受教材的章节延续性影响，它们的内容深度要比本书浅显得多。

0.2.2 理论与实践

本书主要侧重于实践。目标读者群感兴趣的应该是电子元器件如何使用，而不是研究其工作原理。因此本书没有那些电子基础理论的公式。关于量纲的定义仅仅到可以避免混淆的地步。

如果读者对理论感兴趣，可以参阅其他理论书籍。

0.2.3 条目

本书在章节上又增加了一层条目，每一条目对应一大类电子元器件。作者依照两条规则来划归条目：

规则 1：

如果一种元器件使用特别广泛（a），或特征极为明显，其产生发展有比较重要的历史渊源（b），

那么本书就将其作为一个类目。例如双极型晶体管就因使用广泛而单独作为一个类目出现。而单结晶体管虽然使用不够广泛，但其特征非常明显，因此也单独作为一个类目出现在本书中。

规则 2：

如果一种元器件使用场景较少（a），或者其功能与其他知名元器件相似（b），那么本书就不将其作为一个单独类目来介绍。例如变阻器就隶属于电位计类目下，硅二极管、齐纳二极管和锗二极管统统属于二极管类目。

当然，在分配类目时不免会出现模棱两可的情况，这时作者会将自己摆在读者的位置，看看读者更希望在哪个地方找到这些元器件，并以此作为编排依据。

0.2.4 主题路径

各类目依照主题来排序，而不是遵从以首字母或者拼音顺序，有点类似于某些图书馆对非小说类书籍排序时使用的杜威十进制系统方法。当读者目的性不是特别强，或者脑子里仅仅知道自己想要完成的任务，并不清晰知晓所有可用元器件时，这种编排方式的优点就显现出来了。

每个大类目下面又有子类目，子类目下面再细分为各种元器件类型。具体分类请看图 P-2。读者也可以在每个词条的第 1 页中找到这种分类关系，例如在双向触发二极管词条的第 1 页中，我们可以看到它的完整路径：

分离半导体 > 晶闸管 > 双向触发二极管

当然，每种分类方式都会有其缺点，任何一种分类都会使某些元器件模棱两可。例如你买到了一颗排阻芯片，严格来说它属于模拟集成电路，但是作者却在本书第 1 卷的电阻一节来介绍它，因为其功能与普通电阻没有什么区别。

有些元器件功能很复杂，例如乘法器。乘法器可以用于模拟信号处理，有时你会遇到模拟乘法器这种元器件，但是从原理上来说它是受控于数字信号的元器件，一般都与数字集成电路搭配使用。因

此放在数字类目中更为合适。

0.2.5 范畴定义

有时我们也会遇到是和非的问题，例如一段导线是不是一个元器件呢？站在本书的立场，答案是否定的。那么 DC-DC 变换器呢？由于如今的电压变换器都被封装在个头很小的外壳里，因此本书不将其作为集成电路来讨论，而是将其划归到第 1 卷中。

在编排过程中会遇到各种类似问题。有时候读者可能对编排结果有异议，但是俗话说众口难调，因此作者只能站在自己的角度，尽力完善之。

0.2.6 绘图风格

图 P-3 是本书采用的原理图绘制示例。黑点表示连接，为了避免混淆，十字连接时本书不采用右上图中的绘制方式，而是采用中上图的方式。导线相交处没有黑点时表示没有电气连接。本书不采用右下角的绘制方式。

所有的原理图都以淡蓝色作为背景，这样在需要高亮开关、三极管、LED 时，可以使用白色。请读者仔细分辨元器件的边框，白色区域没有其他意义。

0.2.7 照片背景

所有元器件照片都以黑色网格为背景，网格表示的实际尺寸为 0.1 英寸。网格是虚拟的，但是与在元器件背后放置实际网格没有区别。如果元器件以多角度展示，网格也会做相应的角度调整，创造出三维视图效果。

照片中的背景颜色由元器件颜色来定，以观看清晰为标准。背景颜色本身并没有特殊含义。

0.2.8 元器件生命周期

由于作者无法预计具体元器件的寿命周期，因此本书尽量避免给出具体的元器件型号。读者可以根据详细用途自己获取合适的元器件，例如到供应商网站上搜索。作者最常使用的元器件搜索网站

如下：

Mouser Electronics

Jameco Electronics

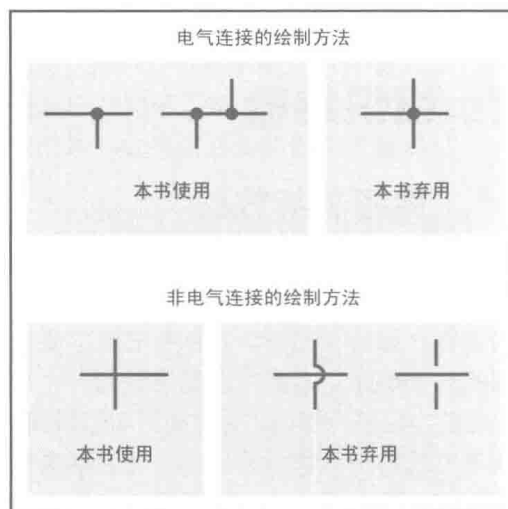


图 P-3

本书使用的原理图绘制风格

可以在 eBay 网站中搜索购买不常用或者濒临停产的元器件。

0.2.9 问题与勘误

如果您找到本书中错误的地方，欢迎在网站中指出：http://bit.ly/eec_v2_errata。

但是在提交错误之前，请您查阅一下过往提交记录，以免重复提交。

欢迎大家多向作者提本书的意见和反馈。但是在您登录 Amazon 或其他网站提交评价之前，作者恳请您慎重公正地行使这份读者权利。一个负面评价产生的影响往往比您想象的要严重得多。一个负面评价甚至可以抵消好多个正面评价。如果 O'Reilly 勘误网站没有给您满意的回答，您也可以直接联系作者本人：

Make.electronics@gmail.com

作者会不定期登录邮箱查看读者信件，虽然有时可能几周才登录一次，但是肯定能做到有问必答。

0.3 Safari® Books Online

Safari Books Online 是点播类数字图书馆，其中汇集了全球顶尖技术经济类专家的图书和视频。

Safari Books Online 是技术专家、软件开发人员、网页开发人员和创意专业人士首选的搜索、学习、培训和答疑一体化网站。

会员们在 Safari Books Online 可以访问 Maker Media、O'Reilly Media、Prentice Hall Professional、Addison-Wesley Professional、Microsoft Press、Sams、Que、Peachpit Press、Focal Press、Cisco Press、John Wiley & Sons、Syngress、Morgan Kaufmann、IBM Redbooks、Packt、Adobe Press、FT Press、Apress、Manning、New Riders、McGraw-Hill、Jones & Bartlett、Course Technology 等几百家出版社的开放搜索数据库，浏览数以千计的图书、培训视频、未出版的手稿。有关 Safari Books Online 更多的信息见本书网络版。

0.4 如何联系原出版社

读者如果有关于本书的任何批评和建议，请直接联系出版商：

Make:

1005 Gravenstein Highway North

Sebastopol, CA 95472

800-998-9938 (北美)

707-829-0515 (国际)

707-829-0104 (传真)

Make 出版社宗旨：联络、培养、激励那些在自家后院、车库、花园中从事各种领域尖端项目开发的精英们，鼓励大家从事技术创新。为改善生活、环境、教育甚至整个世界而贡献自己力量已经成为一种 Make 文化。Make 引领的这股浪潮已经从普

通读者活动发展成了全球范围内的运动——Make 运动。

有关 Make 出版社的更详细信息请参阅网站：

Make 杂志：<http://makezine.com/magazine/>

Maker Faire：<http://makerfaire.com>

Makezine.com：<http://makezine.com>

Maker Shed：<http://makershed.com/>

本书的网上页面网址为：http://bit.ly/encyclopedia_of_electronic_components_v2，网站中有勘误表、范例和其他信息。

0.5 鸣谢

任何参考书的编撰灵感和材料都来源于各种参考资料。电子器件生产商的元器件规格书、指导手册是网络上最可靠的资源之一。此外作者的参考来源还包括元器件分销商、大学文献、普通匿名参考资料、电子爱好者网站等。以下书籍尤其值得推荐。

Boylestad, Robert L. and Nashelsky, Louis: *Electronic Devices and Circuit Theory*, 9th edition. Pearson Education, 2006.

Braga, Newton C.: *CMOS Sourcebook*. Sams Technical Publishing, 2001.

Hoening, Stuart A.: *How to Build and Use Electronic Devices Without Frustration, Panic, Mountains of Money, or an Engineering Degree*, 2nd edition. Little, Brown, 1980.

Horn, Delton T.: *Electronic Components*. Tab Books, 1992.

Horn, Delton T.: *Electronics Theory*, 4th edition. Tab Books, 1994.

Horowitz, Paul and Hill, Winfield: The Art of Electronics, 2nd edition. Cambridge University Press, 1989.

Ibrahim, Dogan: Using LEDs, LCDs, and GLCDs in Microcontroller Projects. John Wiley & Sons, 2012.

Kumar, A. Anand: Fundamentals of Digital Circuits, 2nd edition. PHI Learning, 2009.

Lancaster, Don: TTL Cookbook. Howard W. Sams & Co, 1974.

Lenk, Ron and Lenk, Carol: Practical Lighting Design with LEDs. John Wiley & Sons, 2011.

Lowe, Doug: Electronics All-in-One for Dummies. John Wiley & Sons, 2012.

Mims III, Forrest M.: Getting Started in Electronics. Master Publishing, 2000.

Mims III, Forrest M.: Electronic Sensor Circuits & Projects. Master Publishing, 2007.

Mims III, Forrest M.: Timer, Op Amp, & Optoelectronic Circuits and Projects. Master Publishing, 2007.

Predko, Mike: 123 Robotics Experiments for the Evil Genius. McGraw-Hill, 2004.

Scherz, Paul: Practical Electronics for Inventors, 2nd edition. McGraw-Hill, 2007.

Williams, Tim: The Circuit Designer's Companion, 2nd edition. Newnes, 2005.

作者还参考了以下元器件供应商网站:

Mouser Electronics

Jameco Electronics

All Electronics

sparkfun

Electronic Goldmine

Adafruit

Parallax, Inc.

作者还需要感谢一些个人。感谢编辑 Brian Jepson 为本书出版提供的大力帮助。感谢 Philipp Marek 和 Steve Conklin 做的校对工作。出版商也一直支持作者的工作。Kevin Kelly 对“access to tools”的热情始终默默地感染着作者。还要感谢将我引导在创作活动中的 Mark Frauenfelder 和将作者的兴趣带入电子世界的 Gareth Branwyn。

最后, 作者要感谢老同学们: Patrick Fagg、Hugh Levinson、Graham Rogers、William Edmondson 和 John Witty。是你们让作者在组建声频实验室的宅男道路上不感到孤单, 事实证明作者真的是一个宅男。

——Charles Platt

分离半导体

可控硅

可控硅是硅可控整流器的缩写，这是一种门触发类型的晶闸管。晶闸管是一种具有 4 层以上 P 型和 N 型硅的半导体元器件。本书将会在后面章节讨论集成电路，由于可控硅的基本形态是单层半导体，因此本书将可控硅划归为分离半导体元器件类目。当可控硅与其他元器件（例如固态继电器）封装在一起时，我们才认为它是集成电路。

除可控硅外，另外两种晶闸管分别叫双端触发二极管和三端可控硅，本书中也有这两种元器件的词条。其他使用不太广泛的晶闸管，例如门控晶闸管和硅控开关，本书中不作过多介绍。

其他相关元器件

- 双端触发二极管（见第 2 章）
 - 三端可控硅（见第 3 章）
-

1.1 它可以做什么

20 世纪 20 年代，人们使用闸流管来作开关或整流，闸流管是一种充气放电管。1956 年通用电气开发出了这种元器件的固态版本并将其更名为晶体闸流管，简称晶闸管。这两种名字的英文都源自人体甲状腺，因为其功能与甲状腺的控制能量消耗功能相近。

可控硅是一种固态开关，通常用在大电流、大电压场合。与双极型晶体管一样，可控硅的触发源也是门极电压。与三极管不同的是，可控硅触发导通后，即便门极电压降低到零，受控电流也不会降低为 0。

1.2 它如何工作

可控硅的电流导通能力是单向的。但如果反向电压大于击穿电压，电流也可以反向导通。与之不同的是，双端交流可控元器件和三端可控硅都是双向导通元器件。

可控硅有 3 个引脚，分别是阳极、阴极和门极。其常用的原理图符号有两种，见图 1-1。早期版本的可控硅原理图画法会多一个圆圈，现在已经很少用了。可控硅的原理图符号与可编程单结晶体管（PUT）类似，见图 1-2。读者需要认真区别，避免混淆。



图 1-1

可控硅（硅可控整流器）的两种不同原理图画法。相比较而言，左侧画法更为通用



图 1-2

此图为可编程单结晶体管（PUT）的原理图符号。请读者认真区分其与可控硅符号的区别

1.2.0 开关特性

当可控硅处于非导通态时，顾名思义，阴极和阳极是非导通状态，但是可能会存在很小的漏电流。当可控硅由于门极被施加正向电压而处于导通态时，电流就可以通过阳极流向阴极，但是阴极到阳极的方向依然是阻断状态的。当阳极到阴极的电流大小达到闭锁电流时，即使门极触发电压降低到 0V，电流通道依然会持续导通，具有这种特性的元器件，我们称其为再生元器件。

如果在持续导通状态下，门极电压保持 0V，而导通电流不断减小，那么当导通电流降低到保持电流以下时，可控硅会突然关断。因此，关断可控硅的唯一方法就是主动降低其导通电流或者施加反向导通电流。

读者需要注意，可控硅的自续流功能是针对电流而非电压的。

与晶体管不同的是，可控硅是二值开关元器件，只有“开”和“关”两种状态，因此不可用作电流放大器使用。与二极管一样，它只能单向导通，这也是为什么它的全名中有整流器的原因。一旦可控硅被触发，阳极与阴极之间的电阻会变得非常小，因此只需要普通散热措施就可以承载很大的电流。

正是由于可控硅具有强大的承载电流能力，人们通常将其用于电机或发热电阻类设备的电源控制。由于可控硅有高速开关响应能力，因此也可以用于 AC 波形的正半周削顶整流，以降低功耗。人们称这种功能为相位控制。

此外可控硅也可以用于过压保护。

从可控硅的封装上就可以看出它适用于很广泛的电压电流范围。图 1-3 所示为一种额定电流 4A RMS（交流有效值）的可控硅。它主要用于微型引擎点火和电路过压保护，过压时可控硅能迅速将多余电能直接导入地回路，就像用撬棍短接汽车电池一样（但是会稍微有一点过压泄漏），参见图 1-15。