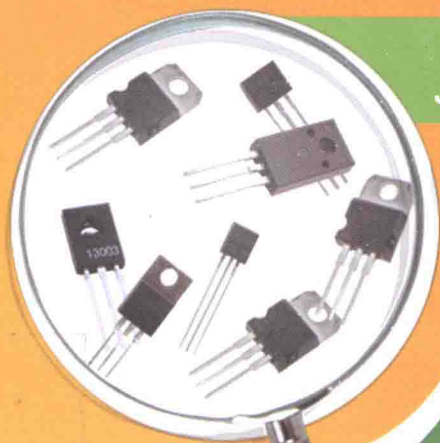


青少年科普丛书

神奇的 晶体三极管

SHENQI DE
JINGTI SANJIGUAN

胡斌◎编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

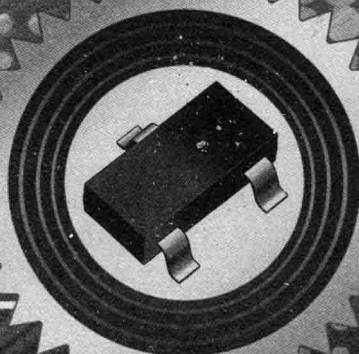
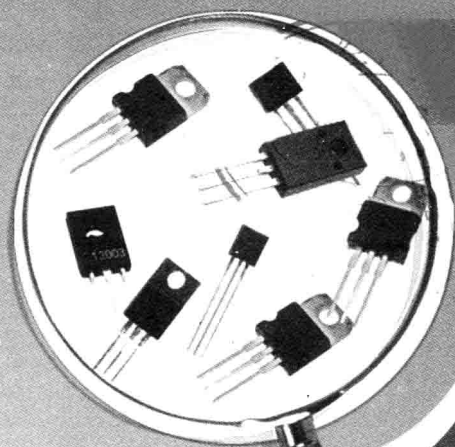


青少年科普丛书

神奇的 晶体三极管

SHENQIDE
JINGTISANJIGUAN

胡斌◎编著



本书从基础的知识起步,随着学习的进行,读者水平得到进步和提高,从而轻松快速地系统掌握晶体三极管基础知识。晶体三极管知识点的讲解主要包括电路符号信息、外形特征、结构和工作原理、引脚分布规律和识别方法、引脚极性识别方法、主要特性、直流电路工作原理和典型应用电路工作原理等。

本书可作为各类电子爱好者的初级入门读物,适合于立志从事电子行业的人员快速入门学习。

图书在版编目(CIP)数据

神奇的晶体三极管/胡斌编著. —北京:机械工业出版社, 2012.9
(青少年科普丛书)

ISBN 978-7-111-39470-9

I. ①神… II. ①胡… III. ①晶体管—青年读物 ②晶体管—少年读物 IV. ①TN32-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第191333号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:张俊红

版式设计:霍永明 责任校对:于新华

封面设计:马精明 责任印制:张楠

北京双青印刷厂印刷

2012年9月第1版第1次印刷

148mm×210mm·3.375印张·85千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-39470-9

定价:15.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本书鲜明特色

作者凭借多年的教学、科研和百余部著作及以读者为本写作经验，精心组织编写了《神奇的晶体三极管》、《神奇的电阻器》和《神奇的电子元器件》，希望助您在电子技术学习之路中快乐而轻松地学习，天天取得进步。

众所周知，晶体三极管是构成复杂电子电路的最小元素，更是学习电子电路的基础。学习电子技术的“路线图”是：系统学习，适度动手，从晶体三极管起步。

本书是专门围绕晶体三极管知识讲解的初步入门之作。

本书的“我的 500”行动为一个方法类励志板块，“我的 500”行动为您提供了一个快速成才的通道，参与行动的人们正在成功之道上有力、有趣、有效行动，您准备好加入了吗？来吧，欢迎新朋友加盟。

本书插入了一些电子技术发展史上著名的晶体三极管发明事件，可以激励广大读者发奋学习。

本书配备“读者伴随服务”，阅读的同时作者团队时刻伴随，详见淘宝网“古木电子@读者伴随服务”。

本书阅读特色

人性化写作方式
所谓人性化写作，是指以初学者为本，减轻读者阅读负担，提高阅读效率的崭新写作方式。



在充分研究和考虑电子技术类图书的识图要素后，运用写作技巧和错版技巧，消除视觉疲劳，实现阅读高效率。

对重点内容进行“重要提示”，加深读者阅读印象，强化记忆。

个性化写作风格迎来好评如潮

从读者的回馈意见看，作者写作风格迎合大多数读者，好评如潮：太棒了；慕名而来；买了您好多书，现在还想买；一下子就被吸引了；我的第一感觉是感激；这在课堂是学不到的；给了我这个新手巨大帮助；与您的书是“相见恨晚”；只三言两语，便如拨云见日，轻松地捅破了“窗户纸”，而且还是在“轻松”的感觉中完成的；以前是事倍功半，而现在是事半功倍，等等。

本书主干知识

本书将帮助读者从零点起步，随着学习的进行水平得到进步和提高，从而轻松快速地系统掌握晶体三极管基础知识，做到高速入门，为以后的进一步学习打下基础。

本书比较系统地讲解了晶体三极管的实用基础知识点。

晶体三极管知识的讲解主要包括电路符号信息、外形特征、结构和工作原理、引脚分布规律和识别方法、引脚极性识别方法、主要特性、直流电路工作原理和典型应用电路工作原理等。

本人情况简介

作为电子技术类图书写作近 30 年的我，一直追求以读者为本的理念，加之勤于思考，敢于创新，努力写作，取得了读者的认可。

其一，写作风格令读者喜好，用简单的语句讲述复杂的问题，这是读者最为喜欢的特点。

其二，百本著作的理想已经实现，多套畅销书的梦想也已成功

实现。

其三，依据“开卷全国图书零售市场观测系统”近几年的数据统计，本人在电子类图书销售总册数和总码洋两项指标中个人排名第一，且遥遥领先，2012年度更是领先第二名近四倍。

网络交流平台

自7年前开通QQ实时辅导以来，回答了数以千计读者在学习遇到的问题。由于读者人群数量日益庞大，一对一的回答愈加困难，加上应广大读者相互之间交流的需求，本人已与国内知名电子类网站——与非网结成战略合作伙伴，建立全国第一家以电子技术基础为特色的大型空中课堂平台，即“古木电子社区”。读者请直接进入 gumu.eefocus.com，我们在网络社区中见。

社区设有读者提问专栏等，其中“我的500”为创新型成才平台，欢迎更多有志人士加盟新型的成才通道。希望广大朋友在这一网络平台中轻松学习，快乐成长，相互交流，共同进步，走向成功！

作者在国内首创了读者伴随服务，详见淘宝网“古木电子@读者伴随服务”店铺的门前告示。

江苏大学 胡斌

目 录

前言

第 1 章 初步熟悉大名鼎鼎的三极管	1
1.1 初步接触三极管	1
1.1.1 了解三极管种类和外形特征	2
1.1.2 三极管图形符号有点复杂	7
1.1.3 了解三极管结构和基本工作原理	12
1.1.4 三极管的三种工作状态很有意思	16
1.1.5 了解三极管主要参数	21
1.2 牢记三极管主要特性	23
1.2.1 掌握好三极管电流放大和控制特性	25
1.2.2 深入理解好三极管集电极与发射极之间内阻可控和 开关特性	27
1.2.3 深层次理解好发射极电压跟随基极电压特性	29
第 2 章 高度重视三极管直流电路	33
2.1 必须掌握三极管偏置电路	33
2.1.1 学会三极管电路分析方法	34
2.1.2 深入掌握三极管固定式偏置电路工作原理	38
2.1.3 高度重视三极管分压式偏置电路工作原理	40
2.1.4 熟练掌握三极管集电极-基极负反馈式 偏置电路工作原理	44
2.2 需要熟悉三极管集电极直流电路和发射极直流电路	45
2.2.1 三极管集电极直流电路特点和分析方法	45
2.2.2 综述三极管集电极直流电路大全	46
2.2.3 综述三极管发射极直流电路大全	49
第 3 章 深入学习三种基本的单级放大器	53



3.1 必须学好最常用的三极管共发射极放大器	54
3.1.1 学会直流和交流电路分析	54
3.1.2 学会共发射极放大器中元器件作用分析	55
3.1.3 了解共发射极放大器主要特性	63
3.2 必须搞懂三极管共集电极放大器	66
3.2.1 学会共集电极单级放大器电路特征和直流电路分析	67
3.2.2 学会共集电极放大器交流电路和发射极电阻作用分析	67
3.2.3 了解共集电极放大器主要特性	70
3.3 了解共基极放大器	73
3.3.1 学会共基极放大器直流电路分析	74
3.3.2 学会共基极放大器交流电路及元器件作用分析	75
3.3.3 了解共基极放大器电路故障分析和主要特性	77
3.4 三种类型放大器特性综述	80
3.5 学会三种类型放大器的判断方法	81
第4章 初步掌握三极管识别和检测方法	84
4.1 看图学会识别三极管的引脚	84
4.1.1 了解国产三极管封装形式和识别方法	84
4.1.2 了解进口三极管和贴片三极管封装形式	88
4.2 初步学会三极管的检测方法	89
4.2.1 熟悉三极管故障现象	90
4.2.2 学会使用指针式万用表检测 NPN 和 PNP 型三极管 的方法	91
4.2.3 了解三极管选配和更换操作方法	98
参考文献	100

第1章 初步熟悉大名鼎鼎的三极管

【您可知道否?】

三极管（国标中应称为晶体管，有时也称为晶体三极管，旧称三极管，本书出于科普考虑，全书均用三极管）可能在学电子的人群中人人皆知了，它的大名绝不逊色于名胜古迹中的泰山、长城，它的应用也是数不胜数。可以这么说吧，如果少了三极管，那电子电路就简单得没有什么好学习的了。因为电子电路中的许多元器件都是围绕着三极管设置，是“一心一意”为三极管正常、高效、卓越工作而服务的。

1.1 初步接触三极管

【重要提示】

讲起电子电路、电子元器件，当然离不开“主角”——三极管。电子电路离开了三极管根本就是“一事无成”，电路中的许多元器件也都是为三极管服务的。

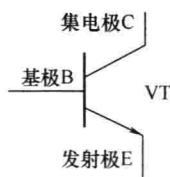
值得提醒的是：虽然三极管的主要功能是放大电信号，但是电子电路中许多三极管并不用来放大电信号，而是起信号控制、处理等各种各样的作用，这样的三极管电路分析比较困难。

如图 1-1 所示是三极管示意图。三极管有三根引脚：基极（B）、集电极（C）和发射极（E），各引脚不能相互代用。

三根引脚中，基极是控制引脚，基极电流大小控制着集电极和发射极电流的大小。基极电流最小，且远小于另外两个引脚的电流，发射极电流最大，集电极电流略小于发射极电流。



a) 实物图



b) 电路符号

图 1-1 三极管示意图

1.1.1 了解三极管种类和外形特征

【史上元器件发明小传记：晶体管发明史】

早在 20 世纪 30 年代，从事电话业务的企业就希望能有一种电子器件，它能够取代真空三极管，因为真空三极管有许多缺点令人头痛。

当时贝尔实验室主任 Kelly 根据 19 世纪以来关于半导体在光照下能产生电流，以及它和金属接触能起到整流和检波作用的现象，认为半导体有希望取代电子管。从 1936 年起他开始招聘有关的尖端人才，组成研究小组。肖克力和布莱顿都是其中的成员。

1945 年成立固体物理研究小组，由肖克力任组长。肖克力上任后做的第一件事就是聘用巴丁和其他一些科学家。

他们在一系列的试验中不断取得新发现。布莱顿在做试验时，发现金粒与半导体之间的电阻很小，两者几乎形成短路，即氧化层没有起绝缘作用。而当布莱顿在给金粒和钨丝加上负电压后，发现没有输出信号。

激动人心的时刻到来了，布莱顿将钨丝电极移到金粒的旁边，加上负电压，而在金粒上加了正电压，突然间，在输出端出现和输入端变化相反的信号，巴丁和布莱顿立刻意识到一个历史性的新纪元开始了。



根据记录，三极管的发明时间应该是1947年12月15日。根据小组成员对这项工作的贡献大小，推举巴丁和布莱顿为发明人，如图1-2所示。考虑肖克利在发明前后对三极管理论的研究成就，他和巴丁、布莱顿三人共同获得1956年诺贝尔物理学奖。



图1-2 巴丁和布莱顿

1. 三极管种类

三极管是一个“大家族”，人丁众多，品种齐全。表1-1所示是三极管种类说明。

表1-1 三极管种类说明

划分方法及名称		说 明
按极性划分	NPN 型三极管	这是目前常用的三极管，电流从集电极流向发射极
	PNP 型三极管	电流从发射极流向集电极。NPN 型和 PNP 型三极管通过图形符号可以分清，不同之处是发射极的箭头方向不同
按材料划分	硅三极管	简称为硅管，这是目前常用的三极管，工作稳定性好
	锗三极管	简称为锗管，反向电流大，受温度影响较大



(续)

划分方法及名称		说 明
按极性和材料组合划分	PNP 型硅三极管	最常用的是 NPN 型硅三极管
	NPN 型硅三极管	
	PNP 型锗三极管	
	NPN 型锗三极管	
按工作频率划分	低频三极管	工作频率比较低, 用于直流放大器、音频放大器电路
	高频三极管	工作频率比较高, 用于高频放大器电路
按功率划分	小功率三极管	输出功率很小, 用于前级放大器电路
	中功率三极管	输出功率较大, 用于功率放大器输出级或未级电路
	大功率三极管	输出功率很大, 用于功率放大器输出级
按封装材料划分	塑料封装三极管	小功率三极管常采用这种封装
	金属封装三极管	一部分大功率三极管和高频三极管采用这种封装
按安装形式划分	普通方式三极管	大量的三极管采用这种形式, 三根引脚通过电路板上引脚孔伸到背面铜箔线路上, 用焊锡焊接
	贴片三极管	三极管引脚非常短, 三极管直接装在电路板铜箔线路一面, 用焊锡焊接
按用途划分	放大管、开关管、振荡管等	用来构成各种功能电路

2. 三极管外形特征

目前用得最多的是塑料封装三极管, 其次为金属封装三极管。关于三极管的外形特征主要说明以下几点:

1) 一般三极管只有三根引脚, 它们不能相互代替。这三根引脚可以按等腰三角形分布, 也可以按一字形排列。各引脚的分布规律在不同封装类型的三极管中不同。

2) 三极管的体积有大有小。一般功率放大管的体积较大, 且



功率越大其体积越大，体积大的三极管约有手指般大小，体积小的三极管只有半个黄豆大小。

3) 一些金属封装的功率三极管只有两根引脚，它的外壳是集电极，即第三根引脚。有的金属封装高频放大管有四根引脚，第四根引脚接外壳，这一引脚不参与三极管内部工作，接电路中地线。如果是对管，即外壳内有两只独立的三极管，则有6根引脚。

4) 有些三极管外壳上需要加装散热片，这主要是功率放大管。

【“我的500”行动(1)：每天500字是基本任务】

“我的500”行动成才的“良方+绝招”

“我的500”行动为您提供了一个快速成才的通道，参与行动的人们正在成功之道上有力、有趣、有效行动。

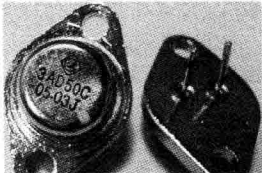
结合自己的工作或学业，确定一个方向，然后每天整理500字笔记，一直坚持，累计要达到30万字，用哲学的从量变到质变的思想来指导整理过程中的心理活动，在完成时您就具备了结构、系统、逻辑、层次、细节、亮点、特色的把握能力，同时系统地掌握了该领域的知识，这对您的成才有重大影响。

信吗？信吧！

3. 初步认识常用三极管

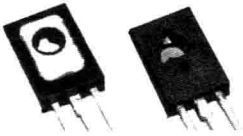
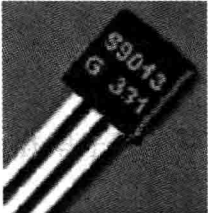
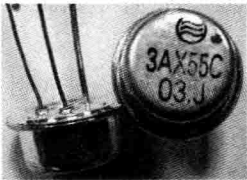
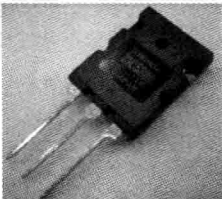
表1-2所示是常用三极管说明。

表1-2 常用三极管说明

实物照片图及名称	说 明
 金属封装大功率三极管	大功率三极管是指它的输出功率比较大，用来对信号进行功率放大。通常情况下，三极管输出的功率越大，其体积越大。图示是金属封装大功率三极管，体积较大，结构为帽子形状，帽子顶部用来安装散热片，其金属的外壳本身就是一个散热部件。两个孔用来固定三极管。这种金属封装的三极管只有基极和发射极两根引脚，集电极就是三极管的金属外壳

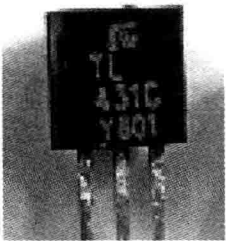
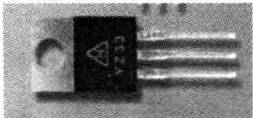
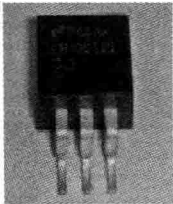


(续)

实物照片图及名称	说 明
 塑料封装大功率三极管	图示是塑料封装大功率三极管，它有三根引脚，在顶部有一个开孔的小散热片。因为大功率三极管的功率比较大，三极管容易发热，所以要设置散热片，根据这一特征也可以分辨是不是大功率三极管
 塑料封装小功率三极管	左图是塑料封装小功率三极管，也是电子电路中最用得最多的三极管，它的具体形状有许多种，三根引脚的分布也不同。小功率三极管在电子电路中主要用来放大信号电压和作为各种控制电路中的控制器件
 金属封装三极管	左图是金属封装的三极管
 金属封装高频三极管	左图是高频三极管，所谓高频三极管就是它的工作频率很高。高频三极管采用金属封装，其金属外壳可以起到屏蔽的作用
 带阻尼管的三极管	左图是带阻尼管的三极管，主要在电视机的行输出级电路中作为行输出三极管，它将阻尼二极管和电阻封装在管壳内。三极管内基极和发射极之间还接入了一只 25Ω 的小电阻。将阻尼二极管设在行输出管的内部，减小了引线电阻，有利于改善行扫描线性和减小行频干扰。基极与发射极之间接入电阻以适应行输出管工作在高反向耐压状态



(续)

实物照片图及名称	说 明
 带阻三极管	带阻三极管是一种内部封装有电阻器的三极管，它主要构成中速开关管，这种三极管又称为反相器或倒相器。带阻三极管按照三极管的极性划分有PNP型和NPN型两种，按照内置几只电阻分有含R_1和R_2两种电阻的带阻三极管和只含一只电阻R_1的带阻三极管。按照封装形式分有SOT-23型、TO-92S型和M型多种带阻三极管
 达林顿三极管	达林顿三极管又称达林顿结构的复合管。有时简称复合管。这种复合管由内部的两只输出功率大小不等的三极管按一定接线规律复合而成。根据内部两只三极管复合的不同可构成四种具体的达林顿三极管，同时管内还会有电阻。它主要作为功率放大管和电源调整管
 贴片三极管	贴片三极管与其他贴片元器件一样，它的三根引脚非常短，它安装在电路板的铜箔线路一面。这是一只封装形式为TO-263的大功率贴片三极管

4. 熟悉电路板上三极管

如图1-3所示是电路板上的三极管。从图中可以看出，这块电路板上的三极管采用的是立式安装方式。

1.1.2 三极管图形符号有点复杂

1. 两种极性三极管图形符号

1) NPN型三极管图形符号。如图1-4所示是NPN型三极管图

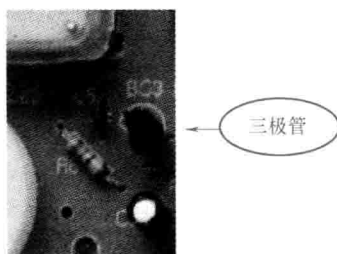


图 1-3 电路板上的三极管

形符号，图形符号中表示了三极管的三个电极，用 VT 表示三极管，过去用 T 表示。

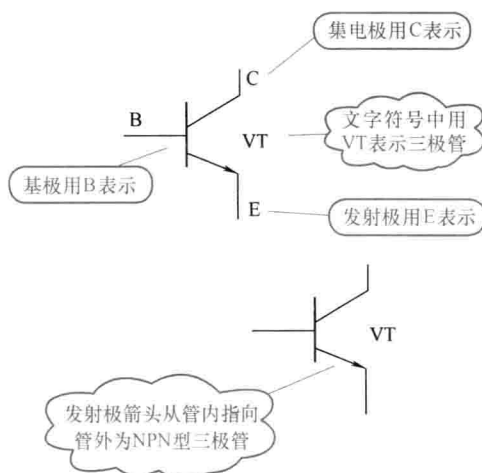


图 1-4 NPN 型三极管图形符号

2) PNP 型三极管图形符号。如图 1-5 所示是 PNP 型三极管图形符号，它与 NPN 型三极管图形符号的不同之处是发射极箭头方向不同。

【重要提示】

PNP 型三极管图形符号中的发射极箭头朝管内，而 NPN 型三

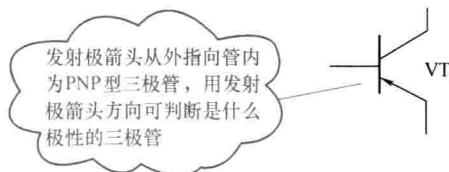


图 1-5 PNP 型三极管图形符号

极管图形符号中的发射极箭头朝管外，以此可以方便地区别电路中这两种极性的三极管。

【“我的 500”行动（2）：一个专题是核心】

【提示】 行动初期，注意只能是一个方向，不能全面开花，集中精力搞一个专题，否则短时间内的成就感不明显，会影响信心。如果感觉时间和精力充沛，可以从每天 500 字适当提高。

一个专题的含义有下列几种情况：

1) 电子电路学习过程中的一个专题内容，如电源电路中的整流电路学习，努力地将这一专题所有能够收集的资料收全，学习并整理笔记，这样可建立起整流电路的知识体系。当后续学习和工作中遇到整流电路这部分知识时，会自如运用，实实在在地感觉到了学习的成功，必将激发更大的学习热情。

在一个专题学习完成之后，第二个专题的选择最好要在前一个专题的知识体系中，例如可以选择电源电路中滤波电路。这样，两个专题的学习相互联系，相互促进，逐步可以建立一个更加完整的知识体系，如电源电路知识体系。

2) 以某一本书学习为专题，用它作为学习的主教材，整理学习笔记，这时还应该再选择几本同类书作参考，并在学习和整理中不断地对主教材进行补充和扩展。这样所掌握的知识更为系统，更加深入。

2. 三极管图形符号中识图信息说明

如图 1-6 所示是根据三极管图形符号记忆三个电极的方法。