



晶体管 实用电路 解读

门宏 主编

以**图解**的形式和**通俗易懂**的语言，为你详细解读每一个电路，并举例说明，使你真正**看一个、学一个、懂一个、会一个**，而且能够举一反三、不断提高

JINGTIGUAN
SHIYONG DIANLU
JIEDU



化学工业出版社



晶体管 实用电路 解读

门宏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

晶体管实用电路解读/门宏主编. —北京: 化学工业出版社, 2011. 12
实用电路解读系列
ISBN 978-7-122-12648-1

I. 晶… II. 门… III. 晶体管电路-图解
IV. TN710.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 215860 号

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 云 雷

责任校对: 吴 静

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 256 千字

2012 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究



前言 FOREWORD

“实用电路解读系列”丛书是一套专门为电子技术爱好者和从业人员量身打造的实用性丛书，包括晶体管电路、晶闸管电路、时基电路、LED 电路等最常用和最实用的基本电路。

“实用电路解读系列”丛书的特点是实用和图文解读。作者结合自己长期从事电子技术教学和研究工作的实践，以图解的形式和通俗易懂的语言，为读者详细解读每一个电路，并举例说明，使读者真正看一个、学一个、懂一个、会一个，而且能够举一反三、不断提高。

《晶体管实用电路解读》是该系列丛书中的一本。全书共分 5 章，内容涵盖了放大电路、振荡电路、电源电路和开关电路等最基本的晶体管实用电路。第 1 章详细解读了电压放大电路，包括单管电压放大电路、阻容耦合放大电路、直接耦合放大电路、负反馈放大电路和选频放大电路等。第 2 章详细解读了功率放大电路，包括单管功率放大电路、推挽功率放大电路、OTL 功率放大电路、OCL 功率放大电路和 BTL 功率放大电路等。第 3 章详细解读了振荡电路，包括变压器耦合振荡器、三点式振荡器、晶体振荡器和 RC 振荡器组成的电路。第 4 章详细解读了电源电路，包括整流电路、负压整流电路、倍压整流电路、滤波电路和稳压电路等。第 5 章详细解读了开关电路，包括电子开关电路、双稳态触发器电路、单稳态触发器电路、多谐振荡器电路和施密特触发器电路等。全书还详细

解读了助听器、信号寻迹器、红外无线耳机、高保真扩音机、音频高频信号发生器、电子门铃、晶体管稳压电源、电子催眠器、声波遥控器和光控自动窗帘等许多电路实例，进一步帮助读者理解和掌握晶体管电路。

本书由门宏主编，参加编写的还有施鹏、门雁菊、张元景、吴敏、张元萍、李扣全、吴卫星等。本书适合广大电子技术爱好者、家电维修人员和相关行业从业人员阅读学习，并可作为职业技术学校和务工人员上岗培训的基础教材。书中如有不当之处，欢迎读者朋友批评指正。

编者

目录

第1章 晶体管电压放大电路

1 /

1.1 单管电压放大电路	1
知识链接 1 电路图的概念与要素	2
1.1.1 晶体管基本电路	4
知识链接 2 晶体三极管	7
1.1.2 直流工作点的建立和稳定	13
知识链接 3 电阻器	15
1.1.3 交流信号的放大	22
1.1.4 电压放大电路故障分析	24
知识链接 4 检测晶体三极管	26
知识链接 5 检测电阻器	31
1.2 阻容耦合电压放大电路	34
1.2.1 阻容耦合原理	35
知识链接 6 电容器	37
1.2.2 实用电路——助听器	45
1.2.3 阻容耦合放大电路故障分析	46
知识链接 7 检测电容器	48
1.3 直接耦合电压放大电路	53
1.3.1 双管工作点的建立和稳定	53
1.3.2 交流信号的直接耦合放大	55
1.3.3 实用电路——信号寻迹器	56
1.3.4 直接耦合放大电路故障分析	59

1.4 负反馈电压放大电路	60
1.4.1 串联电流负反馈放大电路	62
1.4.2 并联电压负反馈放大电路	63
1.4.3 射极跟随器电路	65
1.4.4 多级负反馈放大电路	67
1.4.5 实用电路——红外无线耳机	68
1.4.6 负反馈放大电路故障分析	72
1.5 选频放大电路	73
1.5.1 谐振回路	73
知识链接 8 电感器	75
1.5.2 中频放大电路	81
知识链接 9 中频变压器	83
1.5.3 高频放大电路	85
知识链接 10 高频变压器	87
1.5.4 实用电路——超外差收音机	88
1.5.5 选频放大电路故障分析	92
知识链接 11 检测电感器	94

第 2 章 晶体管功率放大电路

97 /

2.1 单管功率放大电路	97
2.1.1 功率放大器的特点	98
2.1.2 单管功放工作点的建立和稳定	99
2.1.3 电路工作过程	100
知识链接 12 扬声器	102
2.1.4 单管功放故障分析	107
知识链接 13 检测扬声器	108

2.2 推挽功率放大电路	110
2.2.1 乙类推挽功率放大器	110
知识链接 14 音频变压器	114
2.2.2 甲乙类推挽功率放大器	116
2.2.3 实用电路——有源小音箱	119
2.2.4 推挽功放故障分析	121
知识链接 15 检测音频变压器	124
2.3 OTL 功率放大电路	126
2.3.1 变压器倒相式 OTL 功率放大器	126
2.3.2 晶体管倒相式 OTL 功率放大器	129
2.3.3 互补对称式 OTL 功率放大器	130
2.4 OCL 功率放大电路	132
2.4.1 OCL 功放电路结构特点	133
2.4.2 OCL 功放电路原理	133
2.5 BTL 功率放大电路	134
2.5.1 BTL 功放电路原理	134
2.5.2 晶体管倒相式 BTL 功率放大器	135
2.5.3 自倒相式 BTL 功率放大器	136
2.6 实用电路——高保真扩音机	137
2.6.1 电路整体分析	137
2.6.2 平衡调节电路	140
2.6.3 前置电压放大器	141
2.6.4 音调调节电路	141
2.6.5 功率放大器	142
2.6.6 扬声器保护电路	144
知识链接 16 继电器	146

第3章 晶体管振荡电路

154/

3.1 变压器耦合振荡器	155
3.1.1 变压器耦合振荡器电路结构	155
3.1.2 变压器耦合振荡器工作原理	156
3.1.3 实用电路——音频信号发生器	157
3.1.4 变压器耦合振荡器故障分析	158
3.2 三点式振荡器	160
3.2.1 电感三点式振荡器	161
3.2.2 电容三点式振荡器	162
3.2.3 改进型电容三点式振荡器	164
3.2.4 实用电路——高频信号发生器	165
3.3 晶体振荡器	168
3.3.1 并联晶体振荡器	168
知识链接 17 晶体	169
3.3.2 串联晶体振荡器	173
3.3.3 晶体振荡器故障分析	175
知识链接 18 检测晶体	175
3.4 RC 振荡器	177
3.4.1 RC 移相振荡器	177
3.4.2 实用电路——电子门铃	179
3.4.3 RC 桥式振荡器	182
3.4.4 实用电路——信号注入器	183

第4章 晶体管电源电路

187/

4.1 整流电路	187
----------------	-----

4.1.1	半波整流电路	187
知识链接 19	晶体二极管	189
4.1.2	全波整流电路	194
知识链接 20	电源变压器	197
4.1.3	桥式整流电路	203
知识链接 21	整流桥堆	206
4.1.4	整流电路故障分析	208
知识链接 22	检测晶体二极管	209
知识链接 23	检测电源变压器	212
4.2	负压整流电路	214
4.2.1	负压半波整流电路	215
4.2.2	负压全波整流电路	215
4.2.3	负压桥式整流电路	217
4.3	倍压整流电路	218
4.3.1	二倍压整流电路	218
4.3.2	多倍压整流电路	220
4.4	滤波电路	221
4.4.1	电容滤波电路	222
4.4.2	RC 滤波电路	224
4.4.3	有源滤波电路	225
4.4.4	实用电路——整流电源	226
4.5	晶体管稳压电路	227
4.5.1	简单稳压电路	228
知识链接 24	稳压二极管	230
4.5.2	串联型稳压电路	233
4.5.3	带放大环节的串联型稳压电路	236
知识链接 25	电位器	239

4.5.4 稳压电路故障分析	245
知识链接 26 检测稳压二极管	247
知识链接 27 检测电位器	249
4.6 实用电路——晶体管稳压电源	251
4.6.1 电路结构与工作原理	251
4.6.2 整流滤波电路	253
4.6.3 稳压电路	254
4.6.4 指示电路	258

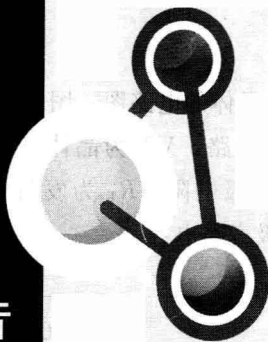
第5章 晶体管开关电路

259 /

5.1 电子开关电路	259
5.1.1 晶体管的开关特性	260
5.1.2 晶体管反相器	263
5.1.3 实用电路——电子催眠器	265
知识链接 28 单结晶体管	267
知识链接 29 电磁讯响器	272
5.2 双稳态触发器电路	275
5.2.1 双稳态触发器工作原理	276
5.2.2 双稳态触发器的触发方式	278
5.2.3 实用电路——声波遥控器	282
知识链接 30 扬声器	286
5.3 单稳态触发器电路	295
5.3.1 单稳态触发器电路结构	295
5.3.2 单稳态触发器工作原理	296
5.3.3 实用电路——声控坦克	298
5.4 多谐振荡器电路	303

5.4.1	多谐振荡器电路结构	304
5.4.2	多谐振荡器工作原理	304
5.4.3	实用电路——调皮的考拉	307
知识链接 31	发光二极管	309
5.5	施密特触发器电路	313
5.5.1	施密特触发器电路结构	313
5.5.2	施密特触发器工作原理	314
5.5.3	实用电路——光控自动窗帘	316
知识链接 32	光电三极管	320

第 1 章



晶体管电压放大电路

晶体管电路是指以晶体管为主要核心元器件构成的电子电路，电压放大电路是电子电路中最基本的、使用最多的单元电路。电压放大电路的基本功能和作用是放大电压信号，当一级电压放大单元不能满足整机电路的要求时，往往采用多级电压放大单元串联工作。

电压放大电路可以有多种电路形式，以满足不同电路功能的要求，主要的有单管电压放大电路、阻容耦合电压放大电路、直接耦合电压放大电路、负反馈电压放大电路和选频放大电路等。

1.1

单管电压放大电路

单管电压放大电路，顾名思义就是指用一只晶体三极管构成的电压放大电路，它是最基本的放大电路，也是所有晶体管放大电路的基础。



我们来看一个具体的电路图。图 1-1 所示为一个典型的单管共发射极电压放大电路，VT 为晶体三极管， R_1 、 R_2 为基极偏置电阻， R_3 为集电极电阻， R_4 为发射极电阻， C_1 、 C_2 为耦合电容， C_3 为发射极旁路电容。

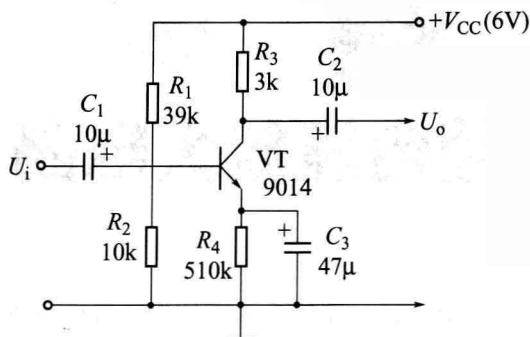


图 1-1 单管共发射极电压放大电路



知识链接 1

电路图的概念与要素



要认识和看懂一个电路，首先要对电路图的基本概念有所了解，即知道什么是电路图，电路图有哪些种类，它们具有什么样的功能和作用。

(1) 什么是电路图

顾名思义，电路图就是关于电路的图纸。电路图由各种符号和线条按照一定的规则组合而成，反映了电路的结构与工作原理。例如，图 1-1 所示为单管电压放大器的电路图，它用抽象的符号反映出单管电压放大器的电路结构与工作原理。

(2) 电路图的种类和作用

通常所说的电路图是指电路原理图，广义的电路图概念还包括



方框图和电路板图等。

① 电路原理图 电路原理图简称电路图，是一种反映电子设备中各元器件的电气连接情况的图纸。电路原理图由各种符号和字符组成，通过电路原理图，我们可以详细了解电子设备的电路结构、工作原理和接线方法，还可以进行定量的计算分析和研究。电路原理图是电子制作和维修的最重要的依据。

② 方框图 方框图是一种概括地反映电子设备的电路结构与功能的图纸。方框图由方框、线条和说明文字组成。方框图简明地反映出电子设备的电路结构和电路功能，有助于我们从整体上了解和研究电路原理。

③ 电路板图 电路板图是一种反映电路板上元器件安装位置和布线结构的图纸。电路板图由写实性的电路板线路、相应位置上的元器件符号和注释字符等组成。电路板图是根据电路原理图设计绘制的实际的安装图，标明了各元器件在电路板上的安装位置。电路板图为实际制作和维修提供了很大的方便。

(3) 电路图的构成要素

一张完整的电路图是由若干要素构成的，这些要素主要包括图形符号、文字符号、连线以及注释性字符等。下面通过图 1-1 所示单管电压放大器电路图的例子，作进一步的说明。

① 图形符号 图形符号是指用规定的抽象图形代表各种元器件、组件、电流、电压、波形、导线和连接状态等的绘图符号。图形符号由国家标准 GB 4728 予以规定。

图形符号是构成电路图的主体。图 1-1 所示单管电压放大器电路图中，各种图形符号代表了组成单管电压放大器的各个元器件。例如，小长方形“”表示电阻器，两道短杠“”表示电容器等。各个元器件图形符号之间用连线连接起来，就可以反映出单管电压放大器的电路结构，即构成了单管电压放大器的电路图。

② 文字符号 文字符号是指用规定的字符（通常为字母）表示



各种元器件、组件、设备装置、物理量和工作状态等的绘图符号。文字符号由国家标准 GB 7159 予以规定。

文字符号是构成电路图的重要组成部分。为了进一步强调图形符号的性质，同时也为了分析、理解和阐述电路图的方便，在各个元器件的图形符号旁，标注有该元器件的文字符号。例如，在图 1-1 所示单管电压放大器的电路图中，文字符号“R”表示电阻器，“C”表示电容器，“VT”表示晶体管等。

在一张电路图中，相同的元器件往往会有许多个，这也需要用文字符号将它们加以区别，一般是在该元器件文字符号的后面加上序号。例如，在图 1-1 所示电路图中，电阻器有 4 个，则分别以“ R_1 ”、“ R_2 ”、“ R_3 ”、“ R_4 ”表示；电容器有 3 个，则分别标注为“ C_1 ”、“ C_2 ”、“ C_3 ”。

③ 注释性字符 注释性字符是指电路图中对图形符号和文字符号作进一步说明的字符。注释性字符也是构成电路图的重要组成部分。

注释性字符用来说明元器件的数值大小或者具体型号，通常标注在图形符号和文字符号旁。例如图 1-1 所示单管电压放大器电路图中，通过注释性字符我们即可以知道：电阻器 R_1 的数值为 $39\text{k}\Omega$ ， R_2 的数值为 $10\text{k}\Omega$ ， R_3 的数值为 $3\text{k}\Omega$ ， R_4 的数值为 510Ω ；电容器 C_1 的数值为 $10\mu\text{F}$ ， C_2 的数值为 $10\mu\text{F}$ ， C_3 的数值为 $47\mu\text{F}$ ；晶体管 VT 的型号为 9014 等。注释性字符还用于电路图中其它需要说明的场合。由此可见，注释性字符是我们分析电路工作原理，特别是定量地分析研究电路的工作状态所不可缺少的。

1.1.1 晶体管基本电路

晶体管放大电路有三种基本连接方式：共发射极接法、共基极接法和共集电极接法，如图 1-2 所示。



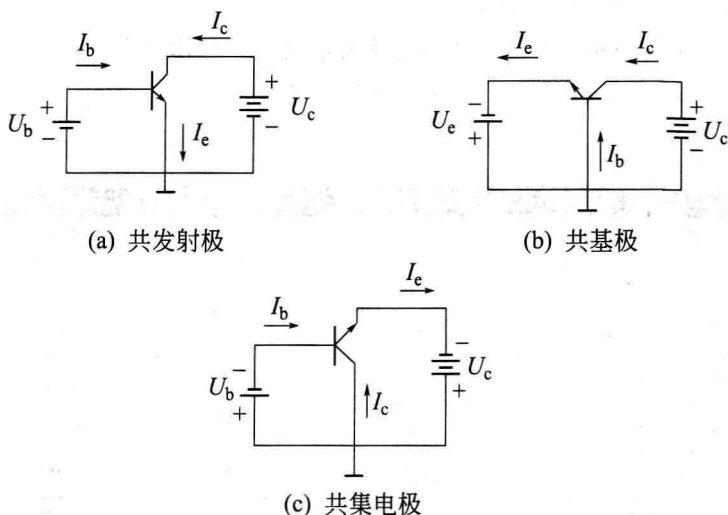


图 1-2 晶体管基本电路

(1) 共发射极电路

在共发射极电路中，发射极为输入、输出回路的交流公共端，如图 1-2(a) 所示。共发射极电路的特点是，电压放大倍数和电流放大倍数都较大，功率放大倍数在三种连接方式中最大，是使用最多的放大电路。

(2) 共基极电路

在共基极电路中，基极为输入、输出回路的交流公共端，如图 1-2(b) 所示。共基极电路的特点是，电压放大倍数较大，电流放大倍数很小（几乎为 1），功率放大倍数一般，主要用于较高频率的放大和振荡电路等。

(3) 共集电极电路

在共集电极电路中，集电极为输入、输出回路的交流公共端，如图 1-2(c) 所示。共集电极电路的特点是，电压放大倍数很小（几乎为 1），电流放大倍数较大，功率放大倍数一般，主

