

# 实用晶体管 电路设计

国防工业出版社

73.76  
620

# 实用晶体管电路设计

〔日〕 高桥健二 编著

赵长奎、杨德山、卢 懋 译

国防



DS82 / 01  
内 容 简 介

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国电子工业飞速发展，为了配合这一大好形势，我们遵照毛主席关于“洋为中用”的伟大教导，翻译了《实用晶体管电路设计》一书。

本书主要介绍了实用晶体管电路，如低频放大器、低频功率放大器、高频放大器、高频功率放大器、宽频带放大器、电磁偏转电路、直流放大器、脉冲电路和电源电路的设计及典型电路的参数计算。设计步骤清楚，并附有实测数据和曲线，对有关电路工作原理也作了说明，并进行了适当地推导。

对于原文中的错误，凡译者发现的都已在译文中改正。

本书可供从事电子电路设计的工人、工程技术人员和有关专业的工农兵大学生参考。

实用トランジスタ回路設計

〔日〕 高橋健二

日刊工業新聞社、1972年第四版

\*

实用晶体管电路设计

赵长奎、杨德山、卢 懋 译

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张10<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 218千字

1974年12月第一版 1974年12月第一次印刷 印数：00,001—62,500册

统一书号：15034·1388 定价：0.83元

# 目 录

1. 半导体元件所用的略语和符号 .....	5
1.1 半导体元件的图示符号和电极符号 .....	5
1.2 半导体元件的型号 .....	5
1.3 表示半导体元件的温度条件、电特性的文字和符号 .....	9
2. 低频放大电路的设计 .....	19
2.1 前置放大器 .....	19
2.2 补偿放大器 .....	36
2.3 音调控制电路 .....	43
2.4 高输入阻抗低噪声放大电路 .....	53
3. 音频功率放大电路的设计 .....	65
3.1 输出 5 W 变压器耦合甲类功率放大器 .....	65
3.2 输出 7 W 变压器耦合乙类推挽功率放大器 .....	74
3.3 输出 20 W 具有输入变压器的单端乙类 推挽功率放大器 .....	80
3.4 输出 20 W 准互补单端乙类推挽功率放大器 .....	84
4. 高频放大电路 .....	89
4.1 100MHz 射频放大电路(用场效应晶体管时) .....	89
4.2 200MHz 射频放大电路 .....	103
4.3 500MHz 高频放大电路[用林温图(Linville Chart)例] .....	108
4.4 455kHz 中频放大电路 .....	117
4.5 45MHz 中频放大电路 .....	126
5. 高频功率放大电路的设计 .....	142
5.1 175MHz 功率放大电路 .....	142
5.2 其它的高频大功率放大电路 .....	159

6. 宽频带放大电路的设计 .....	164
6.1 光导摄像管摄像机图象放大电路 .....	164
6.2 电视图象放大电路 .....	172
7. 电磁偏转电路的设计 .....	184
7.1 垂直偏转电路 .....	184
7.2 水平偏转电路 .....	189
7.3 电磁偏转电路的说明 .....	192
8. 直流放大器的设计 .....	209
8.1 不平衡型直接耦合放大器 .....	209
8.2 晶体管差动放大器 .....	219
8.3 场效应晶体管 (FET) 差动放大器 .....	226
8.4 多级差动放大器 .....	238
8.5 伺服马达驱动电路 .....	243
8.6 斩波式放大器 .....	246
9. 开关电路的设计 .....	271
9.1 倒相器电路 .....	271
9.2 无稳态多谐振荡器电路 .....	274
9.3 单稳态多谐振荡器 .....	277
9.4 双稳态电路 .....	280
9.5 施密特电路 .....	285
9.6 单结晶体管 (UJT) 振荡器 .....	288
9.7 场效应晶体管定时器 .....	291
9.8 十进计数器 .....	295
9.9 显示电路 .....	298
10. 电源电路的设计 .....	301
10.1 稳压电源电路〔电路例 1〕 .....	301
10.2 稳压电源电路〔电路例 2〕 .....	311
10.3 稳压电源电路〔电路例 3〕 .....	313
10.4 直流-直流变换电路 .....	316

73.76  
620

# 实用晶体管电路设计

〔日〕 高桥健二 编著

赵长奎、杨德山、卢 懋 译

国防



DS82 / 01  
内 容 简 介

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国电子工业飞速发展，为了配合这一大好形势，我们遵照毛主席关于“洋为中用”的伟大教导，翻译了《实用晶体管电路设计》一书。

本书主要介绍了实用晶体管电路，如低频放大器、低频功率放大器、高频放大器、高频功率放大器、宽频带放大器、电磁偏转电路、直流放大器、脉冲电路和电源电路的设计及典型电路的参数计算。设计步骤清楚，并附有实测数据和曲线，对有关电路工作原理也作了说明，并进行了适当地推导。

对于原文中的错误，凡译者发现的都已在译文中改正。

本书可供从事电子电路设计的工人、工程技术人员和有关专业的工农兵大学生参考。

实用トランジスタ回路設計

〔日〕 高橋健二

日刊工業新聞社、1972年第四版

\*

实用晶体管电路设计

赵长奎、杨德山、卢 懋 译

\*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张10<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 218千字

1974年12月第一版 1974年12月第一次印刷 印数：00,001—62,500册

统一书号：15034·1388 定价：0.83元

# 目 录

1. 半导体元件所用的略语和符号 .....	5
1.1 半导体元件的图示符号和电极符号 .....	5
1.2 半导体元件的型号 .....	5
1.3 表示半导体元件的温度条件、电特性的文字和符号 .....	9
2. 低频放大电路的设计 .....	19
2.1 前置放大器 .....	19
2.2 补偿放大器 .....	36
2.3 音调控制电路 .....	43
2.4 高输入阻抗低噪声放大电路 .....	53
3. 音频功率放大电路的设计 .....	65
3.1 输出 5 W 变压器耦合甲类功率放大器 .....	65
3.2 输出 7 W 变压器耦合乙类推挽功率放大器 .....	74
3.3 输出 20 W 具有输入变压器的单端乙类 推挽功率放大器 .....	80
3.4 输出 20 W 准互补单端乙类推挽功率放大器 .....	84
4. 高频放大电路 .....	89
4.1 100MHz 射频放大电路(用场效应晶体管时) .....	89
4.2 200MHz 射频放大电路 .....	103
4.3 500MHz 高频放大电路[用林温图(Linville Chart)例] .....	108
4.4 455kHz 中频放大电路 .....	117
4.5 45MHz 中频放大电路 .....	126
5. 高频功率放大电路的设计 .....	142
5.1 175MHz 功率放大电路 .....	142
5.2 其它的高频大功率放大电路 .....	159



6. 宽频带放大电路的设计 .....	164
6.1 光导摄像管摄像机图象放大电路 .....	164
6.2 电视图象放大电路 .....	172
7. 电磁偏转电路的设计 .....	184
7.1 垂直偏转电路 .....	184
7.2 水平偏转电路 .....	189
7.3 电磁偏转电路的说明 .....	192
8. 直流放大器的设计 .....	209
8.1 不平衡型直接耦合放大器 .....	209
8.2 晶体管差动放大器 .....	219
8.3 场效应晶体管 (FET) 差动放大器 .....	226
8.4 多级差动放大器 .....	238
8.5 伺服马达驱动电路 .....	243
8.6 斩波式放大器 .....	246
9. 开关电路的设计 .....	271
9.1 倒相器电路 .....	271
9.2 无稳态多谐振荡器电路 .....	274
9.3 单稳态多谐振荡器 .....	277
9.4 双稳态电路 .....	280
9.5 施密特电路 .....	285
9.6 单结晶体管 (UJT) 振荡器 .....	288
9.7 场效应晶体管定时器 .....	291
9.8 十进计数器 .....	295
9.9 显示电路 .....	298
10. 电源电路的设计 .....	301
10.1 稳压电源电路〔电路例 1〕 .....	301
10.2 稳压电源电路〔电路例 2〕 .....	311
10.3 稳压电源电路〔电路例 3〕 .....	313
10.4 直流-直流变换电路 .....	316

# 1. 半导体元件所用的略语和符号

为能熟练使用晶体管和二极管等半导体元件完成预期的电路设计，必须很好理解半导体元件具有的特征、性质。这些半导体元件的特征、性质记载于产品目录、技术资料、产品规格表中。在日本采用的是以电子机械工业协会 (EIAJ) 为中心统一的略语和符号。这些略语和符号在“EIAJ SD-102 半导体器件所用文字、符号和略语”及“SD-104 半导体器件所用图示符号”中已经标准化了。

## 1.1 半导体元件的图示符号和电极符号

电极的符号采用大写字母，通常是取如图 1.1 所示的各电极名称的字头。

主要半导体元件的图示符号示于图 1.2。

符 号	名 称	符 号	名 称
E	发射极	G	栅极
B	基极	D	漏极
C	集电极	S	源极
A	阳极	SD	屏蔽
K	阴极	T	端子

三端双向可控硅元件时为 T-1, T-2

图1.1 各电极的名称

## 1.2 半导体元件的型号

半导体元件中晶体管、二极管、整流元件和可控整流元

件的型号是根据 JIS(日本工业标准)的规定命名的,它区分元件的极性和大致用途,并由下面所示的文字和数字构成。

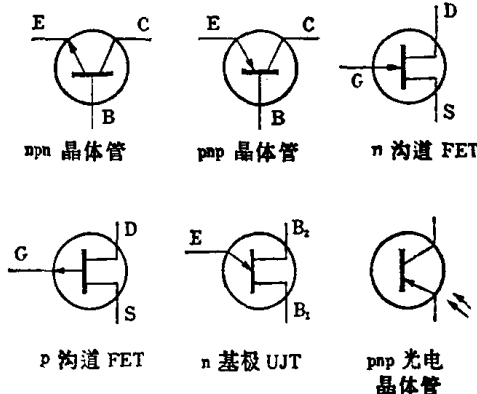
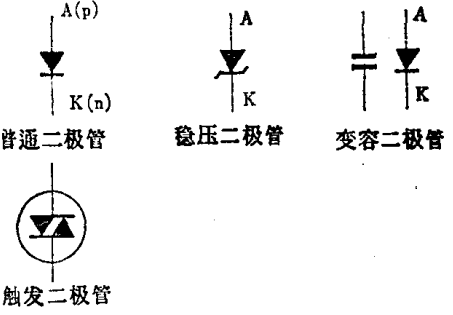
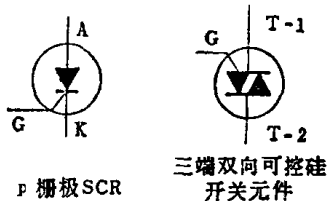
产 品 名	图 示 符 号
晶 体 管	 <p>npn 晶体管      pnp 晶体管      n 沟道 FET</p> <p>p 沟道 FET      n 基极 UJT      pnp 光电晶体管</p>
二 极 管	 <p>A(p) K(n) 普通二极管</p> <p>A K 稳压二极管</p> <p>A K 变容二极管</p> <p>触发二极管</p>
半 导 体 开 关 元 件	 <p>A G K p 栅极 SCR</p> <p>G T-1 T-2 三端双向可控硅 开关元件</p>
注	<p>FET: 场效应晶体管 UJT: 单结晶体管 SCR: 硅可控整流器</p>

图1.2 主要半导体元件的图示符号

型号 2 S C 780 A

构成 1项 2项 3项 4项 5项  
 数字 文字 文字 数字 文字

(1) 第1项的数字

根据表 1.1 所示的性能和电极数, 用 0、1、2、3、4 的数字表示。

表1.1 型号第1项数字的命名法

1项的数字	种 类		例
0	光电晶体管、光电二极管和含有这些器件的组合体		
1	除光电晶体管、光电二极管和含有这些器件的组合体外的半导体元件	有2个有效电接点	二极管
2		有3个有效电接点	晶体管、可控整流元件
3		有4个有效电接点	
4		有5个有效电接点	

注: 所谓有效电接点, 包括不引到外部的端子, 但不包括屏蔽和吸气器的连接。

(2) 第2项的文字

第2项的文字必须用符号 S, 它表示是半导体元件。

(3) 第3项的文字

A...对输出电极 (通常是集电极) 加负电源的高频用晶体管 (pnp 型高频用)

B...对输出电极 (通常是集电极) 加负电源的低频用晶体管 (pnp 型低频用)

C...对输出电极 (通常是集电极) 加正电源的高频用晶体管 (nnp 型高频用)

1104987

D…对输出电极（通常是集电极）加正电源的低频用晶体管（npn型低频用）

F…P栅极可控整流元件（P栅极pnpn开关用）

G…n栅极可控整流元件（n栅极npnp开关用）

H…单结晶体管

J…对输出电极（通常是漏极）加负电源的P沟道场效应晶体管

K…对输出电极（通常是漏极）加正电源的n沟道场效应晶体管

M…双向可控整流元件

#### 注：

1. 第1项的数字是0、1的（光电晶体管、光电二极管、二极管等），不用第3项的文字（例0S13，1S34A）。

2. 关于高频用晶体管，低频用晶体管没有明确规定，但通常是用截止频率为1MHz来区分。

#### （4）第4项的数字

原则上是从11开始追加号数，通常是加到电子机械工业协会（EIIA）已登记的顺序上。

#### （5）第5项的文字

##### ① 表示变更的接尾文字

在需要区分原型和变型时使用。变更原型的型号用大写字母按A B C D F G H J K M顺序写出。此时，变型的晶体管必须能用前型号的晶体管所调换，但是一般不能反过来调换。

##### ② 反极性二极管的接尾文字

对外形相同，除极性以外，电特性相同的反极性二极管，

在型号后加字母 R (例 1S90 和 1S90 R)。

其它的型号

二极管、整流元件和晶体管中的一部分是用 EIA (美国电子工业协会) 的名称。1N60、1N3193、2N404 等就是这种命名法: 第 1 项的数字 1 是二极管, 数字 2 是晶体管, 第 2 项的文字 N 表示半导体元件, 后面所加数字是表示改型后的接尾文字。

除了由上述的 JIS 所制定的型号外, 各公司还有独自的型号。例如, 齐纳二极管, 因为只要看到型号就能知道是齐纳电压, 使用很方便, 所以被命名为 02Z6.5A 等, 在这种场合下它表示的是功率为 200 mW, 齐纳电压是 6.5V, 偏差为 5% (用 A 表示)。

### 1.3 表示半导体元件的温度条件、电特性的文字和符号

表示半导体元件中晶体管、二极管、整流元件的温度条件、电特性所用的文字和符号示于表 1.2。

就文字和符号来说, 大写字母表示直流值, 小写字母表示交流值。为表明输入、输出、接地方式和各电极关系、状态, 使用注脚字。

表 1.2 半导体产品所用的文字和符号

A 全部符号

符 号	项 目	定 义 或 说 明
NF	噪声指数	表示由于结消耗功率而达到热平衡时, 结温对外部指定点来说, 单位功率能上升的度数
P	容许功率	
$R_{\theta}$	热阻	

符 号	项 目	定 义 或 说 明
$R_{th-c}$	结与容器间的热阻	从结到外围容器间的热阻
$R_{th-s}$	结与柱间的热阻	从结到柱间的热阻
$R_{th-a}$	结与周围间的热阻	一般地是不需要散热片的小形的, 或者是散热片处于自然空气冷却时的热阻
$R_{th(f-a)}$	散热片与空气间的热阻	是随散热面积、材料、表面状态、周围条件等变化的
$R_{th(c-f)}$	柱与散热片间的热阻	称为接触热阻。是随着接触面积、接触压力或锁紧力、材料等变化的
$r_{th}$	过渡热阻	表示在壳温度(柱温度)或周围温度一定时, 而且是阶梯输入, 由于结功率损耗, 结温对外部指定点来说, 单位功率上升的温度
$T_a$	环境温度	只表示空气自然对流冷却, 而不考虑反射和辐射的实际影响, 在半导体元件所处的温度完全一致的环境中所测得的空气温度
$T_c$	壳温度	半导体元件外壳上给定点的温度
$T_j$	结温度	
$T_{stg}$	保持温度	在不加电压状态下半导体元件所保持的温度
$t_d$	延迟时间	从输入脉冲上升到它的最大幅度的10%到输出脉冲上升到它的最大幅度的10%的时间
$t_f$	下降时间	输出脉冲从最大幅度的90%减到10%所要的时间
$t_r$	上升时间	输出脉冲从最大幅度的10%增到90%所要的时间
$t_{rr}$	反向恢复时间 (二极管)	从所加电压极性返转到规定值时反向电流的恢复时间
$t_{stg}$	储存时间	从输入脉冲下降到下降部分的最大幅度的10%到输出脉冲下降到下降部分最大幅度的10%的时间
$t_{on}$	接通时间	$t_d$ 和 $t_r$ 的和
$t_{off}$	断开时间	$t_{stg}$ 和 $t_f$ 的和

## B 晶体管

B-1 晶体管全部符号

符 号	项 目	定 义 或 说 明
$BV_{CBO}$	集电极·基极间 击穿电压	发射极开路, 当集电结加反向电压时, 集电极电流接近急剧增加时的集电极·基极间的电压
$BV_{CEO}$	集电极·发射极 间的击穿电压	基极开路, 当集电结加反向电压时, 集电极电流接近急剧增加时的集电极·发射极间的电压
$BV_{CER}$	集电极·发射极 间的击穿电压	在基极·发射极间连接给定电阻 $R_{RE}$ 时, 对集电结加反向电压, 当集电极电流接近急剧增加时的集电极·发射极间的电压
$BV_{CES}$	集电极·发射极 间的击穿电压	基极·发射极短路, 集电结加反向电压, 当集电极电流接近急剧增加时的集电极·发射极间的电压
$BV_{CEX}$	集电极·发射极 间的击穿电压	把基极在给定的电路条件下接到发射极, 集电结加反向电压, 当集电极电流接近急剧增加时的集电极·发射极间的电压
$BV_{EBO}$	发射极·基极间 的击穿电压	集电极开路, 发射结加反向偏压, 当发射极电流接近急剧增加时的发射极·基极间的电压
$b_{fb}$	正向传输电纳	基极接地
$b_{fe}$	正向传输电纳	发射极接地
$b_{ib}$	输入电纳	基极接地
$b_{ie}$	输入电纳	发射极接地
$b_{ob}$	输出电纳	基极接地
$b_{oe}$	输出电纳	发射极接地
$C_{ob}$	集电极输出电容	基极接地
$C_{oe}$	集电极输出电容	发射极接地
$C_{ib}$	输入电容	基极接地
$C_{ie}$	输入电容	发射极接地
$C_{cr_{bb}'}$	$C_{cr_{bb}'}$ 积	
$f_{ob}$	截止频率	对于给定的电压、电流, 基极接地小信号电流放大系数下降到低频值的 0.707 倍 (下降 3dB 时) 的频率
$f_T$	特征频率	对于给定的电压、电流, 发射极接地小信号电流放大系数为 1 时的频率



符 号	项 目	定 义 或 说 明
$G_c$	转换功率增益	
$G_{pe}$	功率增益	发射极接地, 对于给定的条件, 交流输出功率和交流输入功率的比。通常用dB表示
$G_{ve}$	电压增益	发射极接地
$g_{ib}$	正向传输电导	交流输出电压为零时的交流输出电流与交流输入电压的比(基极接地)
$g_{ie}$	正向传输电导	交流输出电压为零时的交流输出电流与交流输入电压的比(发射极接地)
$g_{ib}$	输入电导	基极接地
$g_{ie}$	输入电导	发射极接地
$g_{ob}$	输出电导	基极接地
$g_{oe}$	输出电导	发射极接地
$g_{rb}$	反向传输电导	基极接地
$g_{re}$	反向传输电导	发射极接地
$h_{fb}$	短路小信号正向 电流放大系数	交流输出电流为零状态时, 交流输出电流与交流输入电流的比(基极接地)
$h_{fe}$	短路小信号正向 电流放大系数	交流输出电流为零状态时, 交流输出电流与交流输入电流的比(发射极接地)
$h_{FE}$	直流电流放大系 数	对给定的试验条件, 直流输出电流与直流输入电流的比(发射极接地)
$h_{ib}$	短路小信号输入 阻抗	交流输出电压为零状态时, 交流输入电压与交流输入电流的比(基极接地)
$h_{ie}$	短路小信号输入 阻抗	交流输出电压为零状态时, 交流输入电压与交流输入电流的比(发射极接地)
$Re(h_{ie})$	短路小信号输入 阻抗 实数部分	交流输出电压为零状态时, 交流输入电压与交流输入电流的比(发射极接地)的实数部分
$Im(h_{ie})$	短路小信号输入 阻抗 虚数部分	交流输出电压为零状态时, 交流输入电压与交流输入电流的比(发射极接地)的虚数部分
$h_{ob}$	开路小信号导纳	交流输入电流为零状态时, 交流输出电流与输出端子上所加交流电压的比(基极接地)