



晶体管电路设计

《晶体管电路設計》翻譯組 譯

002027

國防工業出版社

晶体管电路設計

〔日〕池原典利等著

《晶体管电路設計》翻譯組譯

國防工業出版社

1970

內 容 簡 介

本书主要根据日本《トランジスタ回路の設計(第四版)》一书譯出。

全书共分十二章，逐一介绍了晶体管音频放大、高频放大、直流放大、振荡、变频、检波、调制、稳压电源、电视、脉冲以及使用特殊半导体器件等基本电路的設計计算方法，并有設計舉例；还着重介绍了功率晶体管的损坏原因及其保护措施；为了便于读者参考使用，在附录中还选編了部分国内外晶体管型号对照表。

全书侧重于电路設計与舉例，內容較淺显易懂，适于有关工人和技术人員参考使用。

晶体管电路設計

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第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

*

850×1168 $1/32$ 印张 18 $7/16$ 464 千字

1970年7月第一版 1970年8月第三次印刷 印数：98,001—178,000册

统一书号：15034·1214 定价：2.30元

譯 者 序

在毛主席“抓革命，促生产，促工作，促战备”的伟大战略方针指引下，一个大办电子工业赶超世界先进技术水平的群众运动，正在全国轰轰烈烈地展开。为了配合这种形势发展的需要，我们遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译出版了这本《晶体管电路设计》，以供参考。

由于晶体管比电子管具有体积小、重量轻、寿命长以及牢固可靠等优点，所以发展非常迅速，应用也日益广泛，因此对晶体管电路设计方面也提出了新的要求。本书主要介绍了晶体管电路的一些设计方法，其特点是，电路参数的计算，大部分没有采用繁杂的数学推导，而运用了图解和实验数据，直接给出了计算关系式，并通过实际电路设计举例加以说明。因此，内容较浅显易懂，适于有关工人和技术人员参考使用。

在翻译过程中，我们遵照毛主席关于“对于外国文化，……应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化”的伟大教导，删除了原书中为一些厂商吹嘘捧场、做宣传广告的部分，并对在叙述上较繁琐部分和技术上的错误，做了修改和更正。

由于我们毛泽东思想学的不够，业务水平有限，本书还会有错误和不妥之处，望同志们继续进行批判，并提出宝贵意见。

晶体管、二极管的符号和缩写字

C_n	中和电容 (中和用的外接电容)。
C_{ob}	集电极电容。
C_{ie}	发射极电容。
f_{max}	最高振荡频率。
f_T	特征频率, 即发射极接地 h_{ie} 为 1 的频率。
f_{ab}	基极接地时的截止频率, 即 α 低于低频 3 分贝时的频率。
g_{ce}	C-E 间电导 (混合 π 型等效电路 C-E 间电导)。
G_C 或 $C.G.$	变频增益。
g_i	输入电导。
g_o	输出电导。
g_m	互导。
G_p 或 $P.G.$	功率增益。
G_V	电压增益。
$h_{ib}(=\alpha)h_{FB}^*$	基极接地小信号电流放大系数 (输出端短路)。 * 直流电流放大系数 (基极接地)。
h_{ib}	基极接地小信号输入电阻 (输出端短路)。
h_{ob}	基极接地输出导纳 (输入端开路)。
h_{rb}	基极接地反向电压放大系数 (输入端开路)。
$h_{fe}(=\beta)h_{FE}^*$	发射极接地小信号电流放大系数 (输出端短路)。 * 直流电流放大系数 (发射极接地)。
h_{ie}	发射极接地小信号输入电阻 (输出端短路)。
h_{oe}	发射极接地小信号输出导纳 (输入端开路)。

h_{re}	发射极接地小信号反向电压放大系数 (输入端开路)。
I_B, i_b	基极电流。
I_C, i_c	集电极电流。
$I_{CBO} (= I_{CO})$	发射极开路, 集电极-基极反向截止电流。
I_{CEO}	基极开路, 集电极为反向偏压时的集电极电流。
I_{CER}	基极-发射极之间接有电阻时, 集电极为反向偏压的集电极电流。
I_{CES}	基极-发射极之间短路时, 集电极为反向偏压的集电极电流。
I_{CEX}	在基极-发射极之间加入一指定电路时, 集电极为反向偏压的集电极电流。往往用于基极反偏压的条件。
I_E, i_e	发射极电流。
$I_{EBO} (= I_{EO})$	集电极开路, 发射极-基极反向截止电流。
I_F, i_f	正向电流 (二极管为正向偏压时流过的电流)。
I_O	平均整流电流 (交流电整流时流过的平均电流)。
I_{oms}	峰值整流电流 (交流电整流时流过的峰值电流)。
I_R	反向电流 (二极管为反向偏压时流过的电流)。
I_{surge}	浪涌电流。
I_Z	齐纳电流。
NF	噪声系数。
P_c	集电极损耗功率。
P_t	输入功率。
P_o	输出功率。
q_B	基极存储电荷, 是在基极区内存储的电荷量。

(开关速度的大致标准)。

r_b	基极内阻 (T型等效电路的基极电阻)。
$r_{bb'}$	基极扩散电阻 (混合 π 型等效电路 $b-b'$ 之间的电阻)。
r_c	集电极内阻。
r_e	发射极内阻 (T型等效电路的发射极电阻)。
r_i	小信号输入电阻。
r_I	直流输入电阻。
r_m	低频T型等效电路的 h_{ib} 与 r_e 乘积。
r_o	小信号输出电阻。
R_Z	动态电阻 (齐纳二极管等的动态电阻)。
R_B	基极外接电阻。
R_C	集电极外接电阻。
R_E	发射极外接电阻。
R_s	信号源内阻。
R_i	大信号输入电阻。
R_L	负载电阻。
R_n	中和电阻 (中和用的外接电阻)。
$R_{th}(=\theta)$	热电阻。
t_d	延迟时间。
t_f	下降时间。
t_{off}	断开时间 (从接通到断开所需的时间)。
t_{on}	接通时间 (从断开到接通所需的时间)。
t_r	上升时间。
t_{rr}	反恢复时间 (在二极管由于霍尔存储效应反向电流恢复到规定值的时间)。
t_s	存储时间 (由于霍尔存储效应产生的脉冲延迟时间)。
T_a	环境温度。

T_c	管壳温度。
T_j	結温度。
T_{stg}	保存温度 (对保存晶体管没有影响的温度)。
V_B, V_b	基极电压。
V_{BB}	基极供电电压。
V_{BE}, V_{be}	基极-发射极間电压。
$V_{BE(SAT)}$	基极饱和电压 (集电极电流饱和时的 $B-E$ 間电压降)。
V_C, V_c	集电极电压。
V_{CB}, V_{cb}	集电极-基极間电压。
V_{CBO}	集电极-基极間电压 (发射极开路)。
V_{CC}	集电极供电电压。
V_{CE}, V_{ce}	集电极-发射极間电压。
$V_{CE(SAT)}$	集电极饱和电压 (集电极电流饱和时的 $C-E$ 間剩余电压)。
V_{CEO}	集电极-发射极間电压 (基极开路时)。
V_{CER}	集电极-发射极間电压 (基极-发射极間接上电阻 R 时)。
V_{CES}	集电极-发射极間电压 (基极-发射极間短路时)。
V_{CEX}	集电极-发射极間电压 (基极-发射极間連接指定的电路时)。
V_E, V_e	发射极电压。
V_{EB}, V_{eb}	发射极-基极間电压 (集电极开路)。
V_{EE}	发射极供电电压。
V_F, V_f	正向电压 (在二极管中流过正向电流时的电压降)。
V_{OSC}	振荡电压。
V_{PT}	穿透电压 (由于空間电荷范围的扩大, 有效的

基极幅度为零的集电极电压)。

V_R 直流反向电压 (二极管的直流反向电压)。

V_{rm} 峰值反向电压 (对交流半波的峰值的二极管的反向电压)。

V_Z 齐纳二极管电压。

Z_s 信号源阻抗。

Z_i 小信号输入阻抗。

Z_o 小信号输出阻抗。

目 录

第一章 音频放大电路的设计	17
1.1 偏置电路和稳定度	17
1.1.1 稳定系数	18
1.1.2 偏置电路	19
1.1.3 V_{BE} 的补偿	22
1.1.4 热致击穿	23
1.2 变压器耦合放大器	24
1.3 阻容耦合放大器	30
1.3.1 RC 耦合放大器的频率特性	32
1.4 负反馈放大器	36
1.5 多级放大器	42
1.5.1 变压器耦合多级放大器	42
1.5.2 RC 耦合多级放大器	43
1.5.3 多级放大器的实际电路	46
1.5.4 对多级放大器中各级特性的要求	49
1.6 倒相电路	55
1.6.1 相位分割型倒相电路	56
1.6.2 发射极耦合倒相电路	57
1.6.3 用 PNP 和 NPN 的电路	59
1.6.4 电路举例	59
1.7 甲类功率放大器	62
1.8 乙类功率放大器	66
1.8.1 乙类放大器的失真	68
1.8.2 乙类放大器的温度补偿	69
1.9 无输出变压器 (OTL) 放大器	73
第二章 高频放大电路的设计	80

2.1 設計基本知識	80
2.1.1 高频晶体管的等效电路	80
2.1.2 高频晶体管的种类	82
2.1.3 高频晶体管的 β 参量	85
2.1.4 中和	88
2.1.5 功率增益和输入、输出阻抗	90
2.1.6 晶体管的输入、输出阻抗和阻抗匹配	93
2.2 高频耦合放大器	95
2.2.1 电路方式	95
2.2.2 单耦合耦合放大器	96
2.2.3 双耦合中频变压器	108
2.3 高频功率放大器	115
2.3.1 丙类功率放大	115
第三章 直流放大电路的设计	121
3.1 直接耦合直流放大电路的基本问题	121
3.1.1 温度的影响	122
3.1.2 电源电压的影响	125
3.2 直接耦合式直流放大器	126
3.2.1 单端式直流放大器	126
3.2.2 平衡式放大器	135
3.2.3 平衡差动式直流放大电路	141
3.3 换流式直流放大器	150
3.3.1 晶体管换流器	151
3.3.2 二极管换流器	158
3.4 高稳定度的直流放大器	160
3.4.1 换流式稳定直流放大器	160
3.4.2 自动调零式直流放大器	161
第四章 振荡电路的设计	163
4.1 晶体管振荡器及其分类	164
4.1.1 分类方法	164
4.1.2 晶体管二端振荡器(负阻振荡器)	165
4.1.3 晶体管四端振荡器	167
4.2 正弦波振荡器	169
4.2.1 正弦波振荡器	169

4.2.2 LC 振蕩器	173
4.2.3 RC 振蕩器	179
4.2.4 晶体振蕩器	186
4.2.5 机械振子振蕩器	190
4.3 張弛振蕩器	193
4.3.1 方波振蕩器 (自激多諧振蕩器)	194
4.3.2 間歇振蕩器	197
4.3.3 鋸齒波振蕩器	202
第五章 變頻電路的設計	209
5.1 變頻原理	209
5.2 晶体管變頻電路	210
5.3 變頻功率增益和輸入、輸出電導	212
5.4 自激式變頻電路	216
5.5 輸入、輸出調諧電路	217
5.5.1 輸入電路	217
5.5.2 輸出電路	220
5.6 變頻電路的噪声	222
5.7 本地振蕩電路	225
5.8 特殊變頻電路	225
第六章 檢波電路的設計	227
6.1 調幅波的檢波	227
6.1.1 檢波理論	227
6.1.2 檢波電路的等效輸入電阻	232
6.1.3 檢波電路的非线性失真	234
6.1.4 实际檢波電路和設計注意事項	235
6.2 調頻波的檢波	239
6.2.1 斜率鑑頻器	239
6.2.2 振幅鑑頻器	240
6.2.3 相位鑑頻器	241
6.2.4 比例鑑頻器	244
第七章 調制電路的設計	248
7.1 振幅調制電路	249
7.1.1 集电极調制電路	249

7.1.2 基极调制电路	260
7.1.3 发射极调制电路	262
7.1.4 直接调制振荡器振幅的电路	262
7.2 频率调制电路	265
7.2.1 改变晶体管电极电容的方法	265
7.2.2 直接调频方式	268
7.2.3 间接调频方式	276
7.2.4 改变晶体管截止频率获得调频的方法	279
7.3 特殊调制电路	281
7.3.1 脉冲宽度和脉冲位置调制电路	281
7.3.2 平衡调制电路	282
第八章 稳压电源电路的设计	284
8.1 整流电路的种类及设计	284
8.1.1 具有电阻负载的单相半波整流电路	288
8.1.2 单相半波电容输入式及电感输入式整流电路	288
8.1.3 单相全波整流电路	290
8.1.4 单相全波电感输入式和电容输入式整流电路	291
8.2 稳压二极管及其稳压电路	294
8.2.1 稳压二极管的特性	294
8.2.2 具有稳压二极管的稳压电路	296
8.3 并联式晶体管稳压电路	301
8.4 串联式晶体管稳压电路	303
8.4.1 串联式晶体管稳压电路的设计方法	303
8.4.2 晶体管稳压电路的设计举例	315
8.5 过载保护电路	319
8.5.1 隧道二极管保护电路	319
8.5.2 双稳态多谐振荡器电路保护电路	321
8.5.3 其他保护电路	322
8.6 具有过载保护的 24V-1A 标准电源电路	322
第九章 电视电路的设计	325
9.1 调谐器	325
9.1.1 所需条件	325
9.1.2 调谐器电路的组成	326
9.1.3 调谐器的基本电路	327

9.1.4 晶体管的选择方法	329
9.1.5 调谐器电路的设计	330
9.1.6 实际电路	331
9.2 图像中频放大电路	341
9.2.1 所需条件	341
9.2.2 图像中频电路的组成	342
9.2.3 图像中频的基本电路	342
9.2.4 增益的控制	343
9.2.5 图像中频电路的设计	344
9.2.6 自动增益控制电路 (AGC)	345
9.2.7 晶体管的选择方法	347
9.2.8 实际电路	348
9.3 视频放大电路	364
9.3.1 所需条件	364
9.3.2 视频放大电路的组成	364
9.3.3 视频放大电路的设计	365
9.3.4 晶体管的选择方法	367
9.3.5 实际电路	368
9.4 音频接收电路	374
9.4.1 所需条件	374
9.4.2 音频接收电路的组成	374
9.4.3 基本电路及其设计	375
9.4.4 实际电路	375
9.5 同步和自动频率控制 (AFC) 电路	380
9.5.1 所需条件	380
9.5.2 同步电路的组成	380
9.5.3 同步分离的基本电路	381
9.5.4 同步电路的设计	382
9.5.5 晶体管的选择方法	382
9.5.6 同步自动频率控制电路	383
9.5.7 实际电路	383
9.6 行偏转电路	389
9.6.1 所需条件	389
9.6.2 行偏转电路的工作原理	390
9.6.3 行偏转电路的组成	392
9.6.4 行偏转电路的设计	393
9.6.5 晶体管的选择方法	397

9.6.6 实用中的几个问题	400
9.6.7 实际电路	402
9.7 幘偏轉电路	410
9.7.1 所需条件	410
9.7.2 幘偏轉电路的組成	411
9.7.3 电路的工作原理和設計	411
9.7.4 晶体管的选择方法	414
9.7.5 实际电路	415
9.8 电源电路	418
9.8.1 所需条件	418
9.8.2 直流电源	419
9.8.3 交流电源	420
9.8.4 交直流两用电源	421
第十章 脉冲电路的設計	422
10.1 晶体管的脉冲响应	422
10.1.1 用作开关的晶体管	422
10.1.2 飽和型、非飽和型开关	424
10.1.3 开关速度	425
10.1.4 过激勵常数	428
10.1.5 开关时的損耗	429
10.2 脉冲放大电路	431
10.2.1 飽和型脉冲放大电路	431
10.2.2 电流轉換型脉冲放大电路	435
10.2.3 非飽和型脉冲放大电路	438
10.3 自激多諧振蕩器电路	443
10.4 单穩态多諧振蕩器电路	448
10.5 双穩态多諧振蕩器电路	454
10.5.1 双穩态多諧振蕩器电路	454
10.5.2 施密特触发电路	459
10.6 触发电路	459
10.7 波形变换电路	462
10.7.1 密勒积分电路	462
10.7.2 自举电路	463
10.8 門电路	466
10.8.1 “与”門电路	466

10.8.2 “或”門电路	468
10.9 門电路和脉冲放大电路的組合电路	469
10.10 計数电路、寄存器、移位寄存器	475
10.10.1 計数电路	475
10.10.2 寄存器、移位寄存器	479
第十一章 使用特殊半导体器件的电路	481
11.1 脉冲电路	481
11.1.1 隧道二极管和晶体管的混合电路	481
11.1.2 双稳态多諧振荡器电路	484
11.1.3 門电路	485
11.1.4 对电路	486
11.1.5 具有隧道二极管的張弛振荡电路	486
11.1.6 具有单結晶体管的脉冲电路	488
11.2 高频电路	491
11.2.1 振荡电路	491
11.2.2 放大电路	492
11.2.3 倍频电路	494
11.2.4 超高频电视調諧器	495
11.3 使用硅可控整流器的电路	496
11.3.1 交流电源电路	497
11.3.2 直流电源电路	499
11.3.3 保护电路	501
11.4 运算电路	501
11.5 光电变换电路	503
11.5.1 继电器激励电路	503
11.5.2 紙帶讀出器电路	504
11.5.3 傳真电报用变换电路	504
11.5.4 自动点炮电路	505
11.5.5 自动亮度控制电路	505
11.5.6 微光电路	506
11.5.7 利用太阳能电池的电源电路	507
11.6 溫度的測定	507
11.6.1 热敏电阻溫度計	507
11.6.2 溫度的遙測	508
第十二章 功率管的損坏及其保护措施	510

12.1	晶体管的击穿电压	510
12.1.1	基极接地时击穿电压	512
12.1.2	发射极接地时击穿电压	512
12.1.3	晶体管的工作区	513
12.2	集电极最大电压与温度的关系	514
12.3	最大功率损耗	516
12.4	晶体管的二次击穿和安全工作区	521
12.4.1	二次击穿的测定方法	522
12.4.2	安全工作区	525
12.4.3	二次击穿与晶体管特性的关系	528
12.4.4	安全工作区的实际计算例	530
12.5	晶体管在功率放大电路中的损坏	534
12.6	基本型开关电路及其负载曲线	536
12.7	晶体管在变换器中的损坏	540
12.7.1	基本型变换器的损坏	540
12.7.2	单管式变换器的实际例子	542
12.8	在晶体管稳压电源中的损坏	544
12.9	行输出电路的工作原理	546
12.10	行偏转输出晶体管的损坏	549
12.10.1	行输出晶体管的功率损耗	549
12.10.2	行输出晶体管的激励	551
12.10.3	高压电路的打火	551
12.11	行输出晶体管的保护措施	552
附录一	书中所用晶体管参数特性表	555
附录二	国内外晶体管型号对照表	573