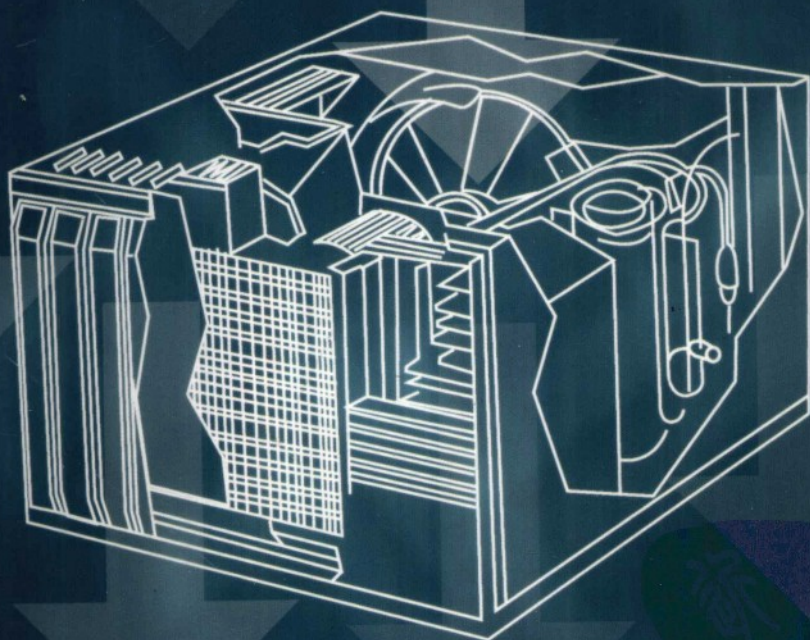


1+X 职业技术·职业资格培训教材

制冷设备维修工 [中级]

劳动和社会保障部教材办公室 组织编写
上海市职业技术培训教研室



 中国劳动社会保障出版社

责任编辑：吕红文
责任校对：洪 娟
封面设计：薛俊雷
版式设计：沈 悦

制冷设备维修工 中央空调工 职业技术·职业资格培训教材

- 制冷与空调技术综合基础
- 制冷设备维修工（初级）
- 制冷设备维修工（中级）
- 制冷设备维修工（高级）
- 中央空调工（初级）
- 中央空调工（中级）
- 中央空调工（高级）

ISBN 7-5045-3760-8



9 787504 537607 >

ISBN 7-5045-3760-8/TU·179

定价：23.00 元

TB
C1



职业技术·职业资格培训教材

制冷设备维修工 [中级]

主 编 陈维刚

副 主 编 谢 莹

编 者 王开元 傅秀丽 刘立平 余克志 周卫民 张友梅

审 稿 徐世琼 顾建中



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

制冷设备维修工：中级/陈维刚主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2003
职业技术·职业资格培训教材

ISBN 7-5045-3760-8

I. 制… II. 陈… III. 制冷-设备-维修-技术-培训-教材 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 091676 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

新华书店经销

北京印刷二厂印刷 北京京顺印刷有限公司装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 270 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 7 月第 2 次印刷

印数：4000 册

定价：23.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

内 容 简 介

本书由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业技术培训教研室依据上海 1+X 职业技能鉴定考核细目——制冷设备维修工（中级）组织编写。本书从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握中级制冷设备维修工的核心内容与技能有直接的帮助和指导作用。

本书在编写中摒弃了传统教材注重系统性、理论性和完整性的编写方法，而是根据本职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书主要包括三大模块：制冷电气模块、制冷设备模块和制冷系统模块。每一模块着重介绍相关专业理论知识与专业操作技能，使理论与实践得到有机地结合。

为便于读者掌握本教材的重点内容，教材每单元后附有模拟测试题及答案，全书最后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，用于检验、巩固所学知识 with 技能。

全书由陈维刚主编，谢堃副主编；参加编写的人员具体分工为：王开元、张友梅（第一单元），余克志（第二单元第一节、第二节），周卫民（第二单元第三节），陈维刚（第三单元第一节、第二节），刘立平（第三单元第二节），谢堃（第三单元第一节、第四节），傅秀丽（第三单元第三节、第四节），袁进（第二单元第三节）。全书由徐世琼、顾建中审定。

本书可用于制冷设备维修工（中级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供全国中等职业学校学生学习掌握先进中级制冷设备维修知识与技术，或进行岗位培训、就业培训使用。

前言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业技术培训教研室联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。每个模块单元所附模拟测试

前 言

题和答案用于检验学习效果，教材后附本级别的知识模拟试卷和技能模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识与技能。

本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对本教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业技术培训教研室



目 录

第一单元 制冷电气	(1)
第一节 制冷电气基础与元器件	(1)
一、晶体管基础	(1)
二、数字电路	(8)
三、制冷常用控制器	(20)
第二节 制冷电气控制电路与故障分析	(26)
一、电冰箱控制电路与故障分析	(26)
二、空调器控制电路与故障分析	(32)
三、小型冷间控制电路与故障分析	(37)
模拟测试题	(42)
模拟测试题答案	(46)
第二单元 制冷设备	(47)
第一节 制冷压缩机	(47)
一、小型活塞式制冷压缩机的表示方法	(47)
二、活塞式制冷压缩机	(48)
三、回转式制冷压缩机	(53)
第二节 热交换器与制冷辅助设备	(58)
一、冷凝器	(58)
二、蒸发器	(65)
三、制冷辅助设备	(70)
第三节 制冷剂节流和控制阀门	(74)
一、节流装置	(74)
二、控制阀门	(82)
模拟测试题	(88)
模拟测试题答案	(92)
第三单元 制冷系统	(93)
第一节 制冷技术基础理论	(93)

目 录

一、热工基础	(93)
二、单级压缩制冷系统的实际循环	(102)
三、影响制冷量的因素	(106)
四、单级蒸汽压缩式制冷实际循环的热力计算	(109)
五、双级压缩制冷	(113)
六、复叠式制冷循环	(126)
第二节 空调技术基础理论	(129)
一、空气的典型处理过程	(129)
二、典型的空气调节系统	(131)
第三节 房间空气调节器	(138)
一、冷风型空调器	(138)
二、热泵型空调器	(140)
三、轿车空调	(144)
第四节 冷藏装置	(149)
一、家用电冰箱	(149)
二、小型冷库	(159)
三、低温箱	(168)
四、食品冷藏装置的隔热	(171)
模拟测试题	(176)
模拟测试题答案	(180)
知识考核模拟试卷	(182)
知识考核模拟试卷答案	(187)
技能考核模拟试卷	(188)



第一单元 制冷电气

第一节 制冷电气基础与元器件

一、晶体管基础

1. 二极管的组成

二极管是由一个 PN 结组成，P 为正，N 为负。二极管的正向导通电阻较小，反向电阻较大，根据组成 PN 结材料的不同，二极管正向导通时两端的电压也不同，硅材料组成的两端电压为 0.6 V 左右，锗材料组成的两端电压为 0.2 V 左右。

2. 三极管的组成

三极管从结构上来看是由两个二极管相邻组成的，根据它们组成的不同又可分为 NPN、PNP 两大类，在图形符号中竖直线左边的为 b（基极），带箭头的为 e（发射极），另一个脚为 c（集电极）。在正常放大的工作情况下，对于 NPN 管，c 极的电位最高，b 极的电位其次，e 极的电位最低。对于 PNP 管，e 极的电位最高，b 极的电位其次，c 极的电位最低。下面介绍单管放大器的工作原理。

PNP管： NPN管：



根据图 1—1 所示，三极管工作状态分为三部分：ON 线左边为饱和线；OM 线下方为截止线；两线中间为放大区。在截止区，三极管 c 与 e 之间的电阻很大，流过的电流很

小, 相当于开关断开; 在饱和区三极管 c 与 e 之间的电阻很小, 相当于开关短路, 两端的电压近似为 0.3 V; 在放大区三极管的各工作参数会变化。单管基本放大电路是指由一个三极管构成的处于放大区的简单电路, 如图 1—2 所示, 它是由三极管 V、电阻 R_B 及 R_C 、电容 C_1 及 C_2 、电源 E_B 及 E_C 共同组成, 并依靠电容 C_1 、 C_2 分别与前面的信号源和后边的负载相连。故 AO 叫做放大电路输入端, BO 为放大电路输出端。整个放大电路分别分成输入回路和输出回路两部分, 输入信号 u_i 、电容 C_1 、基极 b 和发射极 e 组成输入回路, 而发射极 e、电阻 R_L 及集电极 c 和 C_2 组成输出回路。

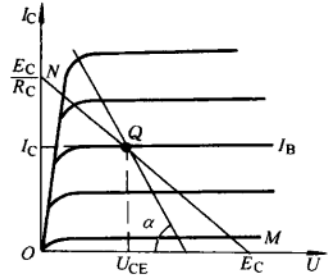


图 1—1 负载曲线图

三极管是放大电路的核心元件, 它把直流电源 E_C 供给的能量转换为按输出信号变化的交流电能, 基极电源 E_B 和电阻 R_B 是发射极处于正向偏置, 并提供适当的基极电流 I_B , 使电路获得合适的工作点; 集电极电源 E_C 一方面保证集电结处于反偏, 使三极管起到放大作用, 同时又是放大电路的能量, 集电极负载电阻 R_C , 通过它把电流的变化转变为电压的变化, 以实现电压的放大; 耦合电容 C_1 、 C_2 又称隔直电容, 在电路中起“传递交流, 隔断直流”的作用, 耦合电容一般采用电解电容, 连接时注意极性。

三极管的静态工作点: 在放大电路中同时存在着直流量和交流分量。直流量 (电压、电流) 决定三极管直流工作状态, 交流分量 (电压、电流) 反映输出信号的变化规律。图 1—2 可分为直流通路和交流通路, 如图 1—3 所示。

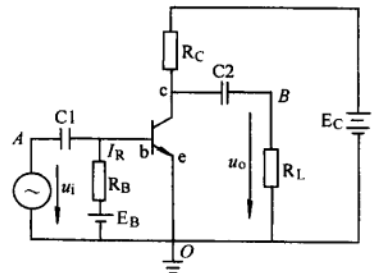


图 1—2 单管放大器

当放大器接通电源但无交流信号输入时, 电路的状态称为静态, 它是由三极管各极直流电流、电压决定的。在三极管输出特性曲线上把此电流和电压决定的那一点叫静态工作点 Q , 如图 1—1 所示。从放大器的直流通路中可得到三极管基极电流 I_B , 集电极与发射极之间电压 U_{CE} 的表达式为:

$$I_B = (E_B - U_{BE}) / R_B \quad U_{CE} = E_C - I_C R_C$$

按照三极管电流放大原理, 在忽略穿透电流后, 静态集电极电流 $I_C \approx \beta I_B$ 。

将上面的公式画在图 1—1 中就是静态工作点 Q 和直流负载线 MN 。

当偏置电流 I_B 变化时, 直流负载线与其相交就得到不同的静态工作点, 一旦放大电路的元件参数确定, 直流负载线即被确定, I_B 被确定, Q 点也就自然被确定了。利用三极管的输出特性曲线做出的直流负载线能够直观地看出放大器静态工作点的变化对放大器性能的影响。图解法的分析过程, 包括画出直流负载线、确定静态工作点、画出交流负载线及求得输出电压、电流的波形及放大倍数等。

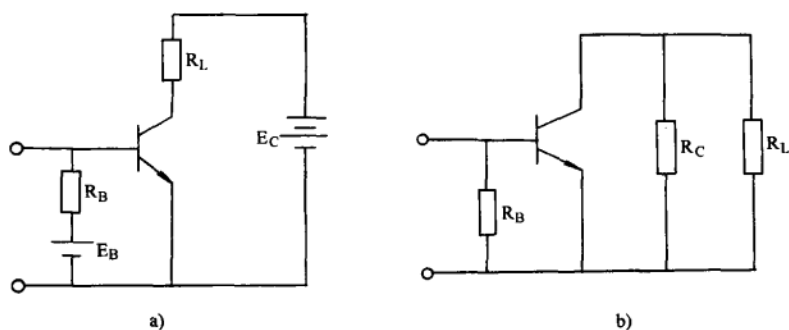


图 1—3 单管放大器的直流、交流通路

a) 直流通路 b) 交流通路

单管放大器各部分波形：

假如放大电路的输入信号 u_i 是正弦波，放大器各部分的波形如图 1—4 所示，在图中，输入电压信号 u_{be} 为正弦波，最终导致图 1—4 中的输出电压 u_{ce} 的正弦波形变化，但变化的幅度远远大于 u_{be} 的变化幅度。输入信号为零时，放大器工作在 Q 点，当图 1—4 的输入信号 u_{be} 变化时， I_B 随之变化，工作点在 Q_1 、 Q_2 之间沿直流负载线变化。从图 1—4 中的电流波形看到它们都是由直流分量和交流分量叠加起来的，由于 Q_2 的隔直作用，只有 u_{ce} 的交流分量到达输出端。此输出电压与输入电压的幅值比，就是放大器的放大倍数 K 。

$$K = U_{om} / U_{im}$$

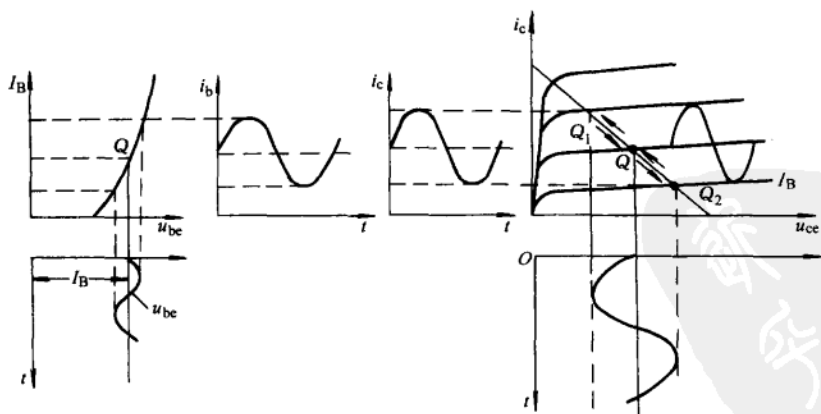


图 1—4 放大器输入、输出波形

从图 1—4 中还可看到，输入信号与输出信号之间保持一定的相位关系，输出信号的电流、电压与集电极电流是同相位的，而输出电压信号与它们是反相位的，这是共发射极

放大器的重要特征。放大器有较高的放大倍数,同时也会产生一定的非线性失真。失真是指放大器输入、输出信号的相似程度。三极管是非线性器件,合理地选择静态工作点,可使放大电路的失真度得到改善。

放大器的交流负载线:从图 1—3 可知,输出回路的交流通路包括 R_C 与 R_L 的并联,用 R'_L 表示,则 $\Delta i_c / \Delta u_{ce} = -1/R'_L$,即这时负载线的斜率将由 R'_L 决定,其次,这条直线必然要通过静态工作点 Q ,因此,只要通过 Q 点做一条斜率为 $-1/R'_L$ 的直线,就是由交流通路得到的交流负载线。比较交流、直流负载线,可看到交流负载线比较陡,在相同的输入电压下,由交流负载线得到的电压放大倍数有所降低,从减小失真的角度考虑,静态工作点 Q 应选择在交流负载线的中间较好。当静态工作点 Q 偏上时,输出会出现波形下平的失真,这种失真叫饱和失真,当静态工作点 Q 偏下时,输出会出现波形上平的失真,这种失真叫截止失真。

上面简单介绍了三极管工作在放大区的情况,下面分析三极管工作在饱和与截止区的情况。如图 1—5 所示,二极管 VD5、VD6 整流经电容 C2 滤波以后,直流电分别加到由

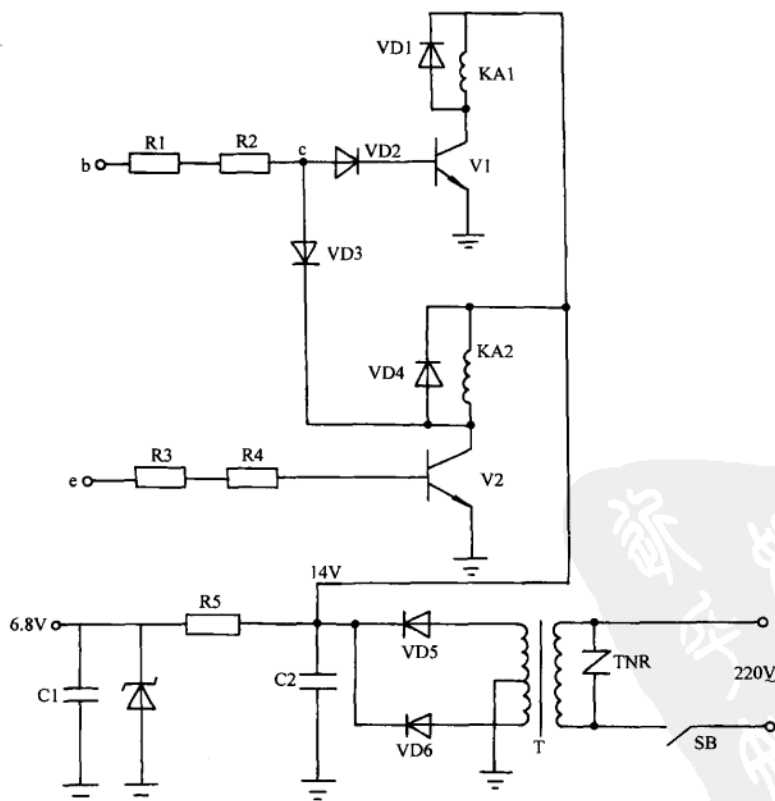


图 1—5 三极管开关工作状态

继电器 KA1 线圈、三极管 V1 与地组成的一条回路；以及由继电器 KA2 线圈、三极管 V2 与地组成的另一条回路。以由继电器 KA1 线圈、三极管 V1 与地组成的回路为例分析继电器的工作情况。当三极管 V1 的 b 与 e 之间的电压差大于 0.7 V 时，三极管处于饱和状态，其 c 与 e 之间的电阻很小，两端的电压差约为 0.3 V，相当于开关短路，这时整流电压通过继电器 KA1 线圈，三极管 V1 与地组成通路，有很大的电流通过，继电器产生足够的磁力进行动作（继电器触点吸合）。当三极管 V1 的 b 与 e 之间的电压差小于 0.3 V 时，三极管处于截止状态，其中 c 与 e 之间的电阻很大，相当于开关断路，这时整流电压不能通过继电器 KA1 线圈，三极管 V1 与地组成断路，（有很小的电流通过），继电器不能产生足够的磁力进行动作（继电器触点断开）。由继电器 KA2 线圈、三极管 V2 与地组成的回路工作原理与上相同。

3. 晶体振荡电路

从电路结构看，振荡电路就是一个没有输入信号而带有选频网络的正反馈放大器，当反馈信号 u_f 与输入信号 u_i 同相且等幅时，即使输入信号为零，放大器仍有稳定的输出，这时电路就产生了自激振荡。因此，振荡的基本条件有两个，即振幅平衡条件和相位平衡条件。

$$|AF| = 1 \quad \varphi_A + \varphi_f = 2n\pi \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

要实现单一频率的正弦振荡，还必须使反馈网络具有选频特性。当信号通过这个选频网络后，只有一个频率满足上述两个条件，从而得到单一频率的正弦振荡。按构成选频网络元件的不同来区分，常见的振荡有 RC 文氏桥振荡、LC 振荡器和石英晶体振荡器。

(1) RC 文氏桥振荡电路。图 1—6 是 RC 文氏桥振荡电路的原理图，放大电路是由运放组成的同相输入、电压串联负反馈放大器。选频电路由 Z1 和 Z2 组成。R1, Rf 负反馈网络使电路稳定并减小波形失真度。串并联的 RC 电路组成正反馈电路，决定反馈系数 F，振幅频率由 R, C 决定。

RC 串并联电路的相频、幅频特性如图 1—7 所示，由图看出，当反馈信号相位角 $\omega_o = 0$ 时，幅频特性刚好出现最大值 $F_{\max} = 1/3$ 。即除去 ω_o 点，其他频率都不满足自激条件。

$$\omega_o = \frac{1}{RC} \varphi_f$$

(2) 石英晶体振荡电路。以石英晶体取代 LC 振荡器选频网络中的电感、电容元件所构成的振荡电路叫石英晶体振荡器。它的频率稳定度可达 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ ，在要求频率稳定度高的设备中得到广泛应用。

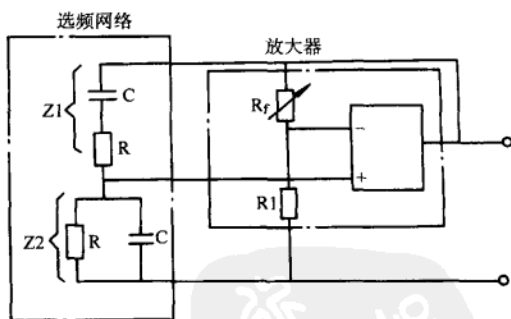


图 1—6 RC 文氏桥振荡电路

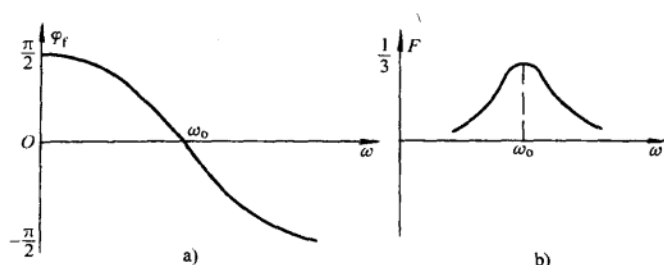


图 1—7 RC 串并联电路的相频、幅频特性

在石英晶体上按一定方位切下薄片，然后在薄片的两个对应表面上蒸涂金属薄膜构成一对电极，就形成了作为振荡元件的石英晶体。若在切得的晶片上加一个电场，会使晶片产生机械变形；若在晶片上加机械压力就会在相应的方向产生电场，这种现象叫压电效应。石英晶振具有压电效应。若在晶片电极上加交变电压，就会产生机械变形振动，同时机械变形振动又会产生交变电场。在一般情况下，这个机械变形的振幅和交变电场的振幅都很小，只有在外加交变电压的频率为某一特定频率时，振幅才突然增大，这种现象称为压电谐振。这种特定的频率叫晶片的固有频率。

石英晶体的等效电路及电抗频率特性如图 1—8 所示。

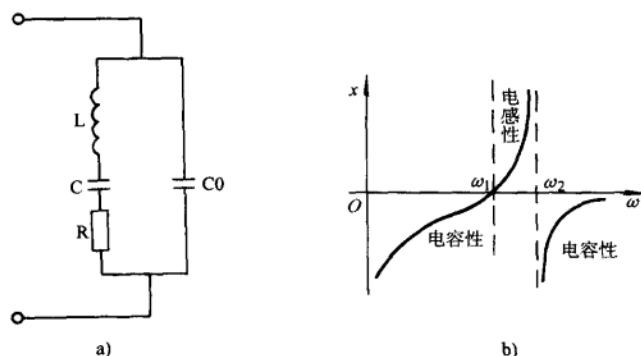


图 1—8 石英晶体

a) 等效电路 b) 电抗频率特性

石英晶体振荡电路的形式是多种多样的。图 1—9 是低频石英振荡器振荡电路，图中 C_1 、 C_2 和石英晶体组成选频网络。

图 1—10 是图 1—9 的交流等效电路，该电路属于电容反馈式振荡电路，图 1—9 中③端接三极管基极，②端接地，所以 C_2 两端的电压就是反馈电压 U_f 。用瞬时极性法可判断出③端电压与基极电压同相，电路满足相位平衡条件。因为 $C \ll (C_0 + \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2})$ ，回路中起作用的是 C ，则谐振频率近似为 $f_o \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = f_s$ 。基本上等于晶体的固有频率 f_s ，因而电路振荡频率稳定度很高。

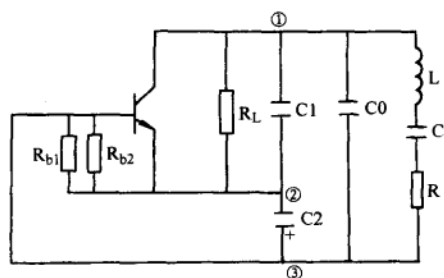


图 1-9 低频石英振荡器振荡电路

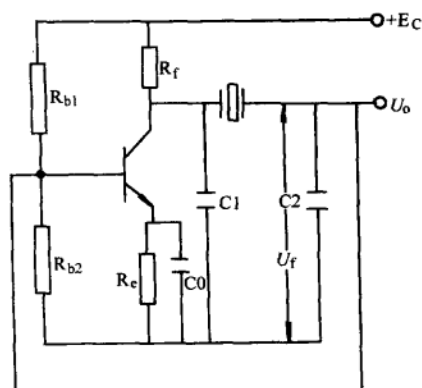


图 1-10 交流等效电路

石英晶体振荡电路中的主体为石英晶体振荡器，石英晶体振荡器简称晶振，其结构如图 1-11 所示。石英晶体振荡电路中的文字符号常用 X, LB, SJT, JT 等表示。

石英晶振由于具有体积小、稳定性好等特点，已广泛应用于空调器的微电脑芯片时钟电路中。

4. 稳压电路

稳压电路可以分成两大类：并联型和串联型。

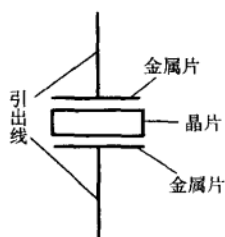


图 1-11 石英晶体

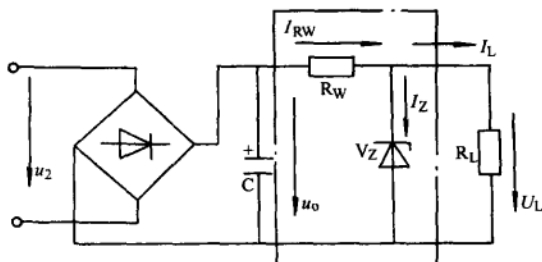


图 1-12 并联型稳压电路

并联型稳压电路如图 1-12 所示。交流电经变压器改变电压以后经过桥式整流电路整流，输出脉动的直流，通过电容的滤波把交流成分滤除，通过限流电阻把直流电压加到稳压管两端，对输出的直流电压进行稳压，使提供给负载的直流电不变。它的缺点是稳压的范围比较小。

串联型稳压电路，如图 1-13 所示。

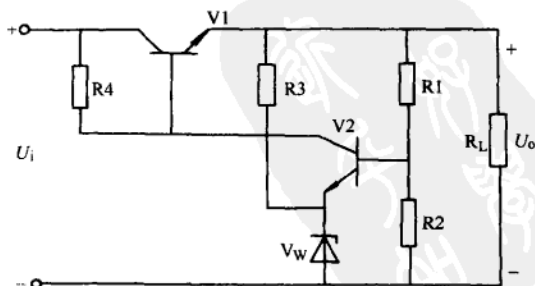
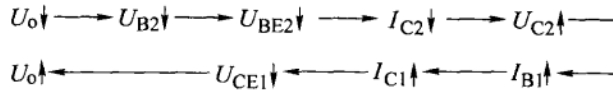


图 1-13 串联型稳压电路

交流电经变压器改变电压以后经过桥式整流电路整流, 输出脉动的直流, 通过电容的滤波把交流成分滤除, 输出的直流成分 U_i 提供给稳压电路, 图中的电阻 R_1 与 R_2 组成分压电路将输出电压变化量的一部分加到三极管 V_2 基极, 组成所谓取样电路; 电阻 R_3 和稳压管 V_w 用以提供基准电压, 三极管 V_2 将取样电压与基准电压的差值放大, R_4 是三极管 V_2 的集电极电阻, 又是 V_1 的偏流电阻。 V_1 为调整管。

电路的稳压原理是: 当整流滤波电路输出电压降低或负载电流增大时, 引起输出电压 U_o 的降低, 这时稳压过程如下:



同理, 当 U_o 升高或负载电流减小时将发生相反的稳压过程。图 1—12 电路的稳压输出是固定的, 若在 R_1 与 R_2 中间串联一电位器 R_w , 电位器中间滑动端接 V_2 的基极, 则成为输出可调的稳压电路。当滑动点靠近 R_2 一侧, 得最大输出 U_{omax} :

$$U_{omax} = \frac{R_1 + R_2 + R_w}{R_2} (U_{V_w} + U_{BE2})$$

当滑动点靠近 R_1 一侧, 可得到最小输出电压 U_{omin} :

$$U_{omin} = \frac{R_1 + R_2 + R_w}{R_2 + R_w} (U_{V_w} + U_{BE2})$$

式中, U_{V_w} 是稳压二极管工作电压。

稳压电路主要特性指标有最大输出电流 I_o 、最大输出电压 U_o 及调节电压的范围。输出电流 I_o 决定于调整管的最大允许功耗及最大允许电流, 为此可选择具有相同参数的三极管并联或采用复合调整管。

分立元件组成的稳压电路具有连线复杂、参数离散、调整繁琐等缺点, 随之出现了集成稳压器件, 就是把稳压电路中稳压、取样、比较等部分集成在一块芯片上引出几个引脚。集成稳压电源有固定输出和可调输出两种, 外形和符号如图 1—14 所示。

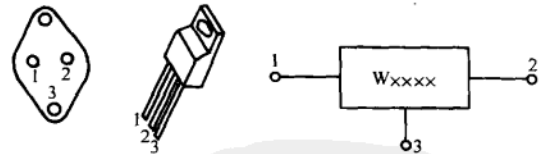


图 1—14 集成稳压器件的外形和符号

二、数字电路

1. 与门电路

图 1—15a 所示为二输入端的与门电路, 图 1—15b 为其逻辑符号, 设输入高电平 $U_{IH} = 3\text{ V}$, 低电平 $U_{IL} = 0\text{ V}$, 二极管的正向压降 $U_D = 0.7\text{ V}$ 。下面分析它的逻辑功能。当输入 $A = B = 0\text{ V}$ 时, 二极管 VD_1 和 VD_2 都导通, 输出 $Y = 0.7\text{ V}$, 为低电平; 当输入 $A = 0\text{ V}$, $B = 3\text{ V}$ 时, VD_1 优先导通, 输出 $Y = 0.7\text{ V}$, 使 VD_2 反偏截止; 同理, 当