

机械工业技师考评培训教材

维修电工 技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



- ★ 机械行业首套技师培训教材
- ★ 按照技师考评要求编写
- ★ 集教材与试题库于一体

机械工业技师考评培训教材

维修电工技师培训教材

机械工业技师考评培训教材编审委员会 编



机械工业出版社

本书包括教材和试题两大部分,内容丰富,涉及面较广。

教材部分的主要内容有电子技术基础、电机、晶闸管交流技术、自动控制、电动机调速系统、可编程控制器和机床数控技术。此外,教材部分还介绍了机电一体化技术、计算机辅助设计和现代管理的基本知识。

试题部分有大量的试题和三套试卷样例,可供读者复习时选用,书后附有试题答案。

本书主要用作维修电工技师考评培训教材,也可供中、高级维修电工和有关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工技师培训教材/机械工业技师考评培训教材编审委员会编. —北京:机械工业出版社,2001.10

机械工业技师考评培训教材

ISBN 7-111-08851-4

I. 维… II. 机… III. 电子技术—技术培训—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 068749 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:郑文斌 版式设计:张世琴 责任校对:张莉娟

封面设计:方 芬 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·14.125 印张·419 千字

0 001 5000 册

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

机械工业技师考评培训教材

编审委员会名单

主 任：郝广发 苏泽民

副 主 任：施 斌 李超群

委 员：（按姓氏笔画排序）

马登云 边 萌 王兆山 王听讲

朱 华 朱为国 刘亚琴 江学卫

何月秋 张乐福 余茂祚 卓 炜

季连海 荆宏智 姜明龙 徐从顺

技术顾问：杨溥泉

本书主编：姜 平

参 编：孙燕华 倪森寿 周桂谨 朱福祥

本书主审：范 镇

参 审：韩希春 汪本兰 陈瑞彬

前 言

技师是技术工人队伍中具有高级技能的人才，是生产第一线的一支重要力量，他们对提高产品质量、提高产品的市场竞争力起着非常重要的作用。积极稳妥地开展技师评聘工作，对于鼓励广大技术工人钻研业务、提高技能水平、推动企业生产技术进步以及稳定技术工人队伍有积极的促进作用。

为适应经济发展和技术进步的客观需要，进一步完善技师评聘制度，以加快高级技能人才的培养，拓宽技能人才成长通道，促进更多的高级技能人才脱颖而出，1999年，劳动和社会保障部发出了《关于开展技师考评社会化管理试点工作的通知》，《通知》中提出了如下指导意见：扩大技师考评的对象及职业范围，完善技师考评的依据及内容，改进技师考评方式方法，实行技师资格认定与聘任分开等，并在全国部分省市开始技师考评社会化管理试点。

为配合技师评聘工作的开展，满足机械行业对工人技师培训和考评的需要，加快技师培训教材建设，我们经过到上海、江苏、四川等地进行广泛的调研，并结合《通知》精神，确立了教材编写的总体思路；组织了一批由工程技术人员、教师、技师、高级技师组成的编写队伍，编写了这套《机械工业技师考评培训教材》。全套教材共有22种，包括四种基础课教材和车工、钳工、机修钳工、工具钳工、铣工、磨工、焊工、铸造工、锻造工、热处理工、电工、维修电工、冷作工、涂装工、汽车维修工、摩托车调试修理工、制冷设备维修工、电机修理工等18个专业工种教材。

基础课教材以原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》相关工种高级工“知识要求”中的“基本知识”和“相关知识”为主编写；专业工种教材则以本工种高级工“知识要求”中的“专业知识”为主编写，在此基础上，加强了工艺分析方面内容的比重，并增加了新知识、新工艺、新技术、

新方法等方面的内容，以适合新形势的需要。

每本书的内容包括两大部分：第一部分为培训教材，第二部分为试题库，试题库后还附有考核试卷样例。教材部分内容精炼、实用，有针对性和通用性，主要介绍应重点培训和复习的内容，不强求内容的系统性；试题部分出题准确、题意明确，有典型性、代表性、通用性和实用性，试题题型有是非题、选择题、计算题和简答题等，并附有答案。书末还附有技师论文写作与答辩要点。

全套教材汲取了有关教材的优点，略去了低起点的内容，同时采用了最新国家标准和法定计量单位。全套教材既适合考前短期培训用，又可作为考前复习和自测使用，也可供技师考评及职业技能鉴定部门在命题时参考。

由于我们是首次尝试编写技师培训教材，因此教材中难免存在不足和错误，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

机械工业技师考评培训教材编审委员会

目 录

前言

第一章 电子技术基础	1
第一节 模拟电子电路	1
第二节 数字电子电路	16
第三节 电力半导体器件	29
第二章 电机	38
第一节 直流电机	38
第二节 交流电机	51
第三节 测速发电机	58
第四节 旋转变压器	65
第五节 伺服电动机	71
第六节 步进电动机	77
第三章 晶闸管变流技术	84
第一节 可控整流电路	84
第二节 斩波器与交流调压器	93
第三节 逆变电路	98
第四节 晶闸管中频电源装置及其调试	114
第四章 自动技制系统的基本知识	123
第一节 自动控制系统的概念	123
第二节 自动控制系统性能及其指标	129
第三节 自动控制的基本规律与调节器	133
第五章 电动机的调速系技	146
第一节 概述	146

第二节	有静差直流自动调速系统	149
第三节	无静差直流自动调速系统	156
第四节	可逆直流调速系统	161
第五节	异步电动机串级调速系统	174
第六节	异步电动机变频调速系统	180
第六章	可编程序编制器 (PC)	191
第一节	概述	191
第二节	F1 系列 PC 简介	198
第三节	PC 的程序设计	216
第四节	PC 的应用	229
第七章	机床编控技术	245
第一节	概述	245
第二节	插补原理	254
第三节	数控机床的位置检测装置	262
第四节	数控机床的伺服驱动系统	270
第五节	经济型数控系统简介	278
第八章	四新知识	289
第一节	机电一体化概论	289
第二节	计算机辅助设计基础	306
第三节	现代管理	317
试编床		328
一、是非题	试题 (328) 答案 (407)	
二、选择题	试题 (349) 答案 (408)	
三、计算题	试题 (381) 答案 (409)	
四、简答题	试题 (387) 答案 (422)	
五、读图与作图题	试题 (391) 答案 (435)	
考核试卷样例		394
第一套试卷		394
第二套试卷		398

第三套试卷	402
附录 技师论文写作与答辩要点.....	440

第一章 电子技术基础

培训要点 本章应重点掌握各种典型电子电路的功能、工作原理、性能指标和分析方法，电力半导体器件的结构、原理、特性和主要参数、使用与保护知识。

电子技术是有关电子元器件、电子电路及其应用的技术科学。电子电路中的电信号有两大类：模拟信号和数字信号。所谓模拟信号，是指模拟各种物理量及其实际变化的电压和电流。模拟信号在时间上和幅度上都是连续变化的，其波形是平滑的。而所谓数字信号，则是指时间上和幅度上是离散的、不连续的电压和电流。电子电路根据其工作信号的不同，可分为模拟电子电路和数字电子电路两大类。随着半导体制造技术的发展，电子技术又产生了新的分支——电力电子技术。电力电子技术是以各种大功率的电力半导体器件为核心，并应用于电力技术领域的电子技术。

第一节 模拟电子电路

模拟电子电路，通常包括放大、运算、滤波、比较、波形变模、功率放大、稳压电路等，其常用的电子器件，有二极管、稳压管、晶体管、场效应晶体管和各種模拟集成电路（如集成运算放大器、集成比较器、集成功率放大、集成稳压器等）。各种模拟电子电路，均有其各自的应用场合。

一、晶体管放大电路

晶体管放大电路的基本组成条件，是晶体管工作于放大区而且信号能不失真地输入和输出。各种晶体管放大电路都是利用晶体管的电流放大特性，在输入信号的作用下，将直流电源的能量转变为输出信号的能量。因此它们都存在输出电压、输出电流和输出功率，而各种放大电路的差异主要是其侧重点有所不同。放大电路的特点是电路中同时存在直流量和交流量，而且晶体管是非线性器件。因此，分析放

大电路时，主要采用图解法和微变等效电路法等分析方法。图解法是一种借助晶体管特性曲线，进行作图求解的分析方法，适用于分析输入信号幅值较大（如功率放大）、频率较低以及无反馈的放大电路，但它不能用来求取放大电路的某些指标，如输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 等。而微变等效电路法，则是一种近似计算的分析方法，即在一定条件下用线性模型代替晶体管，然后用分析线性电路的方法来分析放大电路的各项参数和指标，因此它适用于分析输入信号幅值较小的电压放大电路。常用的放大电路，有电压放大电路、差动放大电路和功率放大电路等。

1. 电压放大电路 电压放大电路一般工作在小信号状态，即输入信号为 mV 级，甚至更小，而电路各处电流也较小。电压放大电路的重点是电压放大性能，即要求电压放大倍数足够大，输出波形不失真，工作稳定。电压放大器的主要性能指标，有电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 等。

(1) 设置静态工作点 由晶体管的输入和输出特性可知，为使晶体管在放大交流信号的全过程中始终工作在特性曲线的线性部分，以不失真地放大信号，必须通过直流工作电源配合适当的电阻，来满足晶体管放大状态时发射结正偏、集电结反偏的外部条件，这称为设置静态工作点。设置静态工作点的典型电路有固定偏置放大电路和射极偏置放大电路，如图 1-1 所示。其中，射极偏置放大电路利用直流负反馈的自动调节作用，可以稳定晶体管的静态工作点。

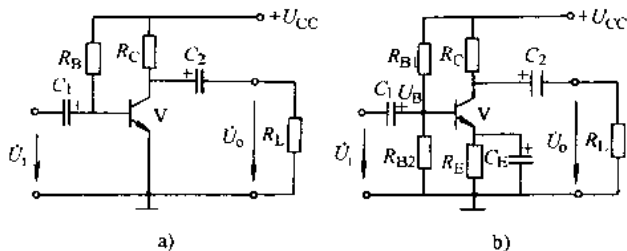


图 1-1 电压放大电路

a) 固定偏置放大电路 b) 射极偏置放大电路

(2) 晶体管的三种基本放大电路 利用晶体管的三种基本接法(即三种组态)可以构成三种基本放大电路。三种基本放大电路及其主要特点见表 1-1。

(3) 放大电路中的交流负反馈 放大电路引入交流负反馈,虽然会降低放大电路的放大倍数,但却能够显著改善电路的其它性能,如稳定放大电路的放大倍数、减小非线性失真、扩展频带以及改变放大电路的输入电阻及输出电阻等。

由于负反馈的反馈网络对输出回路的采样有电压和电流之分(分别用于稳定输出电压或输出电流),而反馈量与输入量在输入回路的联接方式,又有串联和并联之分(分别适用于输入信号源为低内阻或高内阻),故负反馈共有四种类型,即电压串联负反馈、电压并联负反馈、电流串联负反馈、电流并联负反馈。

(4) 多级放大器 实际应用中的放大器,大多是由若干个单级放大器组成的多级放大器。各级放大器之间的耦合形式,有阻容耦合、变压器耦合和直接耦合三种。

1) 电压放大倍数 多级(n 级)放大器的电压放大倍数为各级放大器的电压放大倍数之积,即 $\dot{A}_u = \dot{A}_{u1} \dot{A}_{u2} \cdots \dot{A}_{un}$ 。式中的 $\dot{A}_{u1}$ 、 $\dot{A}_{u2}$ 、 $\dot{A}_{un}$ 分别为第一级、第二级、第 n 级放大器的电压放大倍数,而这些放大倍数必须是将后级输入电阻作为前一级的负载电阻来考虑所获得的电压放大倍数。

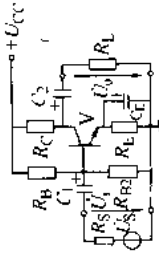
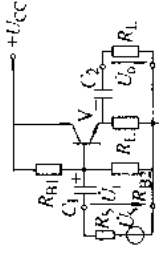
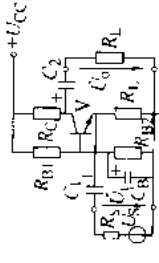
2) 输入电阻和输出电阻 多级放大器的输入电阻就是考虑了后级影响后的第一级的输入电阻,即 $R_i = R_{i1}$ 。多级放大器的输出电阻就是考虑了所有前级影响后的末级的输出电阻,即 $R_o = R_{on}$ 。

例 1 在图 1-1b 所示的电压放大电路中, $R_{B1} = 33\text{k}\Omega$, $R_{B2} = 10\text{k}\Omega$, $R_E = 1.5\text{k}\Omega$, $R_C = 3.3\text{k}\Omega$, $R_L = 5.1\text{k}\Omega$, $U_{CC} = +12\text{V}$, 晶体管 $\beta = 50$, 试确定晶体管的静态工作点,并估算放大器的电压放大倍数 $\dot{A}_u$ 、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o 。

解 晶体管的静态工作点

$$U_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} U_{CC} = \frac{10\text{k}\Omega}{33\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega} \times 12\text{V} = 2.79\text{V}$$

表 1-1 三种基本放大电路

电路名称	共发射极电路	共集电极电路	共基极电路
电路形式			
静态工作点 (I_B, I_C, U_{CE})	$I_B = I_C / \beta$ $I_C \approx I_E = (U_{CC} - U_{BE}) / R_E$ $U_{CE} = U_{CC} - I_C (R_C + R_E)$ 其中: $U_{BE} = V_{CC} R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})$	U_{BE}, I_C, I_E 同 A $U_{CE} = U_{CC} - I_E R_E$	
$\dot{A}_u$	$-\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$ 其中: $R'_L = R_C // R_L$ $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E (\text{mA})}$	$\beta \frac{R'_L}{r_{be} + \beta R'_L} \approx 1$ 其中: $R'_L = R_C // R_L$ $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E (\text{mA})}$	$\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$ 其中: $R'_L = R_C // R_L$ $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26\text{mV}}{I_E (\text{mA})}$
R_i	$R_{B1} // R_{B2} // r_{be}$	$R_{B1} // R_{B2} // [r_{be} + (1 + \beta) R'_L]$	$r_{be} / (1 + \beta)$
R_o	R_C	$\frac{R_B // R_{B2} // R_E - r_{be}}{1 + \beta} // R_E$	R_C
特点	属于反相放大电路, 电压放大倍数较大, 输入电阻和输出电阻较为适中	属于同相放大电路, 具有电压跟随特性, 电压放大倍数小于并接近 1, 输入电阻较大, 输出电阻较小	属于同相放大电路, 电压放大倍数与共射极电路基本相同, 输入电阻较小
应用场合	多级低频电压放大器的输入级、中间级和输出级	多级低频电压放大器的输入级和输出级	宽频带放大器

$$I_c \approx I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_F} = \frac{2.79V - 0.7V}{1.5k\Omega} = 1.39mA$$

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{1.39mA}{50} = 27.8\mu A$$

$$\begin{aligned} U_{C1} &= U_{CC} - I_c(R_C + R_E) \\ &= 12V - 1.39mA \times (3.3k\Omega + 1.5k\Omega) \\ &= 5.33V \end{aligned}$$

放大器的微变等效电路如图 1-2 所示, 图中

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_E(mA)} = 300 + (1 + 50) \times \frac{26mV}{1.39mA} \approx 1.25k\Omega$$

$$\begin{aligned} \text{电压放大倍数 } \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} &= -\beta \frac{R_C // R_L}{r_{be}} \\ &= -50 \times \frac{3.3k\Omega // 5.1k\Omega}{1.25k\Omega} \approx -80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{输入电阻 } R_i &= R_{B1} // R_{B2} // r_{be} \\ &= 33k\Omega // 10k\Omega // 1.25k\Omega \approx 1.25k\Omega \end{aligned}$$

$$\text{输出电阻 } R_o = R_C = 3.3k\Omega$$

2. 差动放大电路 为了放大缓慢变化的信号及直流信号, 放大电路一般采用直接耦合的方式。为减小直接耦合放大电路的零点漂移, 通常应选用高稳定度的电源和温度稳定性好的元器件, 而在电路结构上最为有效的抑制零漂的方法, 则是采用差动放大电路。差动放大电路有四种接法, 即双端输入双端输出、双端输入单端输出、单端输入双端输出和单端输入单端输出。差动放大电路四种接法的工作情况见表 1-2。

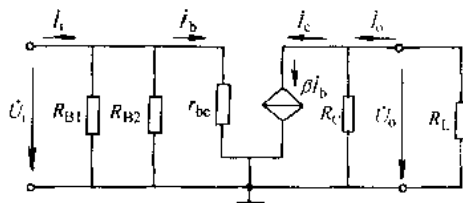


图 1-2 微变等效电路

件, 而在电路结构上最为有效的抑制零漂的方法, 则是采用差动放大电路。差动放大电路有四种接法, 即双端输入双端输出、双端输入单端输出、单端输入双端输出和单端输入单端输出。差动放大电路四种接法的工作情况见表 1-2。

3. 功率放大电路 电压放大电路主要是用来获得较大幅值的输出电压, 而驱动实际负载或执行元件, 则需要采用功率放大电路。在功率放大电路中, 功率放大管处于大信号工作状态, 甚至接近于极限运用状态, 其电压和电流在较大范围内变化, 容易产生非线性失真。对

功率放大电路的主要要求是具有较大的输出功率和较高的效率,以及较小的信号失真。功率放大电路主要有甲类和乙类等几种功率放大类型。乙类功率放大器的效率高于甲类功率放大器,理论上其效率最大值为 78.5%。常见的无变压器互补型乙类功率放大器主要有 OTL、OCL 和 BTL 功率放大电路等,如图 1-3 所示。

表 1-2 差动放大电路四种接法的工作情况

电路名称	双端输入双端输出	双端输入单端输出
电路形式		
$\dot{A}_{ud}$	$\frac{R_C // \frac{R_L}{2}}{\beta \frac{R_S}{2} + r_{be}}$	$-\beta \frac{R_C // R_L}{2(R_S + r_{be})}$
R_i	$2(R_S + r_{be})$	$2(R_S + r_{be})$
R_o	$2R_C$	R_C
电路名称	单端输入双端输出	单端输入单端输出
电路形式		
$\dot{A}_{ud}$	$-\beta \frac{R_C // \frac{R_L}{2}}{R_S + r_{be}}$	$-\beta \frac{R_C // R_L}{2(R_S + r_{be})}$
R_i	$2(R_S + r_{be})$	$2(R_S + r_{be})$
R_o	$2R_C$	R_C

在理想情况(忽略功率放大管压降、输入信号足够大)下,这三种功率放大电路的最大输出功率分别为

$$\text{OTL 功率放大电路 } (U_{CC} \text{ 单工作电源}) \quad P_{OM} = \frac{U_{CC}^2}{8R} \quad (1-1)$$

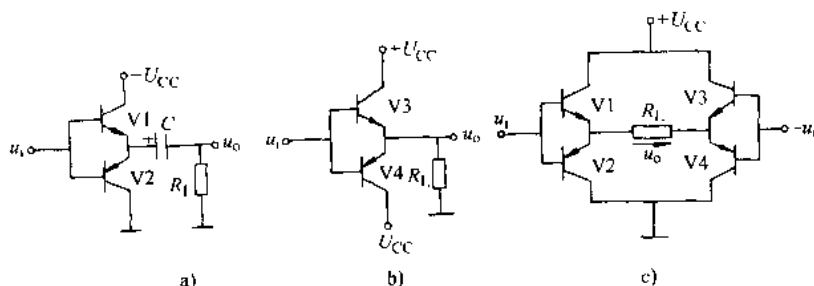


图 1-3 功率放大电路原理图

a) OTL 功率放大电路 b) OCL 功率放大电路 c) BTL 功率放大电路

$$\text{OCL 功率放大电路 (}\pm U_{CC}\text{ 双工作电源)} \quad P_{OM} = \frac{U_{CC}^2}{2R} \quad (1-2)$$

$$\text{BTL 功率放大电路 (}U_{CC}\text{ 单工作电源)} \quad P_{OM} = \frac{U_{CC}^2}{2R} \quad (1-3)$$

由上列三式可知, BTL 功率放大电路的电源利用率较高。从理论上讲, 在同样的电源下, BTL 功率放大电路的输出功率是 OTL 功率放大的四倍。

在实际的功率放大电路中, 应设置适当的静态工作点, 使功率放大管工作在甲乙类状态, 这样既可以保证较高的能量转换效率, 又可以解决交越失真问题。

二、正弦波振荡器

正弦波振荡器是一种能量变换装置, 其功能是将直流电变换为具有一定频率和幅度的正弦交流电, 它在测量、控制、通信等许多领域中都得到了广泛应用。按振荡器中选频网络不同, 正弦波振荡器可分为 LC 正弦波振荡器、RC 正弦波振荡器和石英晶体振荡器。LC 正弦波振荡器可以产生高频正弦波信号, 其输出正弦波信号的频率可达 1000MHz 以上; RC 正弦波振荡器可产生较低频率范围 (如 1Hz ~ 1MHz) 的正弦波信号; 石英晶体正弦波振荡器, 利用石英晶体谐振器的品质因数很高、且谐振频率很精确和很稳定的特性, 可获得很高的频率稳定度。

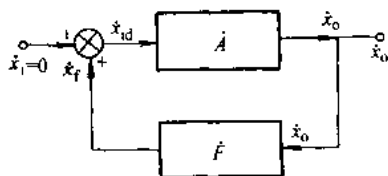


图 1-4 正弦波振荡器原理框图

1. 正弦波振荡器的组成和振

荡条件 正弦波振荡器的原理框图如图 1-4 所示。图中, $\dot{A}$ 为放大器的放大倍数, $\dot{F}$ 为具有选频特性的正反馈网络的反馈系数。

正弦波振荡器维持等幅正弦波振荡的条件为: $\dot{A}\dot{F}=1$ 。该条件包含了相位平衡条件和振幅平衡条件, 即

1) 相位平衡条件: $\varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$ ($n=1, 2, 3, \dots$), 即从输出端反馈到输入端的信号必须与输入信号同相位, 亦即反馈必须是正反馈性质。

2) 振幅平衡条件: $|\dot{A}\dot{F}|=1$ 。即从输出端反馈到输入端的信号幅值必须与输入信号幅值相同。

实际上, 正弦波输出信号是由正弦波振荡电路自激振荡产生的, 没有真正的输入信号, 而只有最初的扰动 (由接通电源时的电冲击和电路元件噪声造成的) 信号, 因此正弦波振荡器有一个建立振荡 (即起振) 的过程。在此过程中, 除了应满足上述的相位条件外, 还应满足起振的幅值条件, 即 $|\dot{A}\dot{F}| > 1$ 。在起振过程中, 微弱的初始扰动信号经过放大、选频、正反馈、再放大……, 逐渐由小到大, 而正弦波振荡器最终便建立起单一频率的稳幅正弦波振荡输出。

一个完整的正弦波振荡器通常由放大器、选频网络、正反馈、稳幅环节四个部分组成。

2. LC 正弦波振荡器 LC 正弦波振荡器, 采用 LC 并联谐振回路作为晶体管的负载, 并作为选频网络, 再由反馈电路将输出信号反馈到放大器输入端, 给放大器引入正反馈, 从而产生自励正弦波振荡, 形成正弦波输出。根据选频网络和反馈电路的结构不同, LC 正弦波振荡器有变压器反馈式、电感三点式和电容三点式等三种基本形式, 如图 1-5 所示。

LC 振荡器的正弦波振荡频率 (即其输出正弦波的频率) f_o 为

$$f_o = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad (1-4)$$

式中 L ——LC 并联谐振回路的等效电感;

C ——LC 并联谐振回路的等效电容。