

全国普通高校
电子信息与
电气学科
基础规划教材

电子技术基础

习题与解答

李雪飞 编著



清华大学出版社

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

电子技术基础

习题与解答

李雪飞 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是为配合由清华大学出版社出版的、李雪飞主编的《电子技术基础》教材使用而编写的。主要包括两部分内容。第一部分是《电子技术基础》教材各章内容要点,介绍各章中的主要知识点、分析和计算的方法、结论等。第二部分是《电子技术基础》教材各章的全部课后习题详解,在每题中都首先介绍拟定该题的意图,然后给出详细解答过程,以方便读者有针对性地学习和参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础习题与解答/李雪飞编著. —北京:清华大学出版社,2014

全国普通高校电子信息与电气学科基础规划教材

ISBN 978-7-302-36390-3

I. ①电… II. ①李… III. ①电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 099127 号

责任编辑:梁 颖 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12 字 数:297 千字

版 次:2014 年 10 月第 1 版 印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:25.00 元

产品编号:057107-01

前言

“电子技术基础”是高等学校电类各专业的重要的专业基础课程。它是一门工程性、实践性比较强的课程,涉及的基本概念多,工程应用方面的计算、分析与设计灵活多变,初学者会感到不适应,入门过程比较长,而在概念不明、电路不清、方法不熟的情况下,解题难又是初学者遇到的普遍问题。为了帮助读者尽快适应电子技术课程的学习,让学生在学习本门课程时能够抓住要点、突破难点,提高学习效率,编写了《电子技术基础习题与解答》一书。

本书是以清华大学出版社出版的、李雪飞编写的《电子技术基础》教材中的习题为基础编写的。书中共包含两部分内容。第一部分为《电子技术基础》各章内容要点,主要是对各章内容进行归纳、总结、浓缩、提炼,其中概括基本概念、基本原理,总结基本规律、计算、分析和设计的方法,归纳比较各种电路的结构、特点、性能、应用等。便于读者比较全面地把握所学的知识点。第二部分为主教材同步习题答案,这部分对主教材各章的全部课后习题做了详细解答,且其章节安排与主教材同步。在每题中都首先给出拟定该题的意图,以方便读者有针对性地学习和参考。因为数字电子技术部分的题目往往有不同的解法,答案不唯一,故本书给出的答案不一定是最优的,仅供参考。第15章的课后习题中涉及用Multisim仿真的习题答案,均通过Multisim 10进行了仿真验证。书中出现的“图 $\times.\times.\times$ ”、“式($\times.\times.\times$)”、“表 $\times.\times.\times$ ”、“图P $\times.\times$ ”均为主教材书中使用的编号,而解答内容的图、表则采用“图A $\times.\times.\times$ ”、“表A $\times.\times$ ”编号,以示区别。

本书可供使用《电子技术基础》教材的教师、工程技术人员、学生等参考使用。但愿本书的出版能够对所有以《电子技术基础》为教材的教师和学生有所帮助。

本书书稿主要由李雪飞撰写,王丽新、韩瑞华、谭群燕参加了部分章节的编写工作。

由于编者水平有限,书中难免有不足、差错和不完善之处,敬请读者给予批评指正。

编者

2013年11月

第 1 部分 《电子技术基础》各章内容要点

第 2 部分 各章习题与解答

第 1 章	半导体二极管及其基本电路	21
第 2 章	半导体三极管及放大电路基础	26
第 3 章	场效应管及其放大电路	43
第 4 章	集成运算放大电路	49
第 5 章	放大电路中的反馈	60
第 6 章	理想运放的应用	70
第 7 章	波形发生电路	82
第 8 章	直流稳压电源	96
第 9 章	逻辑代数基础	104
第 10 章	门电路	111
第 11 章	组合逻辑电路	118
第 12 章	触发器	132
第 13 章	时序逻辑电路	142
第 14 章	数/模和模/数转换	160
第 15 章	Multisim 10 简介及其在电子电路仿真中的应用	163

第1部分 《电子技术 基础》各章内容要点

第 1 章 半导体二极管及其基本电路

本章内容要点包括半导体二极管的结构、伏安特性、主要参数及其应用,稳压管的伏安特性、主要参数及由稳压管构成的稳压电路。

二极管具有单向导电性,即当二极管承受正向偏置电压时导通,承受反向偏置电压时截止。而实际的二极管外加正向电压大于死区电压时才导通,二极管的材料不同死区电压也不同,硅管的死区电压约为 0.6V ,锗管的死区电压约为 0.2V 。二极管一旦导通,其导通压降为常数,硅二极管的导通压降 U_D 约为 0.7V ,锗二极管的导通压降 U_D 约为 0.3V 。二极管外加反向电压时,可近似认为二极管处于截止状态。二极管的反向饱和电流越小,其单向导电性越好;如果反向电压超过击穿电压 U_{BR} 以后,二极管被击穿,反向电流急剧增大,很容易因为过热而烧坏二极管,因此在使用时,二极管一般要串联电阻。

二极管的应用范围很广,可以用于整流、钳位、限幅以及开关电路等。在分析二极管电路时,根据情况可以将二极管看成理想二极管或恒压二极管。

在实际选择二极管时,主要考虑最大整流电流 I_F 、最高反向工作电压 U_{RM} 、反向电流 I_R 、最高工作频率 f_M 几个主要参数,根据使用条件选择满足要求的二极管。

稳压二极管可工作在正向导通、反向截止和击穿稳压三种工作状态。使用稳压管组成稳压电路时,需要注意三个问题。第一,应使外加电源的极性保证稳压管工作在反向击穿区。第二,稳压管应与负载并联。第三,稳压管电路中必须接入一个合适的限流电阻,以调节稳压管电流 I_Z ,使其不超过规定的 I_{Zmax} ,以免因为过热而烧坏稳压管,也不低于规定的 I_{Zmin} ,以免失去稳压作用。

第2章 半导体三极管及放大电路基础

本章内容要点包括半导体三极管的结构及其电流放大作用、输入和输出特性曲线及其主要参数,放大电路的组成原则、主要性能指标,共射放大电路的图解分析方法和微变等效电路分析方法,共集电极和共基极放大电路的分析,三种组态放大电路的性能比较,多级放大电路的耦合方式及参数计算,放大电路的频率响应。

三极管有两种类型,即 NPN 型和 PNP 型。三极管的三个电极分别为发射极、基极和集电极,两个 PN 结分别为集电结和发射结。

三极管能够放大电信号,主要是因为其具有电流放大作用。三极管三个电极的电流关系为 $i_E = i_B + i_C$ 。描述三极管放大作用的重要参数是共射电流放大系数 $\beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{i_c}{i_b}$ 和共基电流放大系数 $\alpha = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_E} = \frac{i_c}{i_e}$ 。三极管的输入特性与半导体二极管的伏安特性的正向导通部分形状相似,输出特性分为三个工作区,即截止区、放大区和饱和区,当三极管工作在放大区时才可以对输入信号进行线性放大。

由三极管组成放大电路的原则是,外加直流电源的极性必须使三极管的发射结正向偏置,集电结反向偏置,以保证三极管工作在放大区;输入信号必须能够作用于三极管的输入回路;被放大之后的信号应能传送出去。

对放大电路进行定量分析主要是静态分析和动态分析。静态分析是通过直流通路确定放大电路的静态工作点,动态分析是通过交流通路求出电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。分析方法有两种,即图解法和微变等效电路法。图解法适于观察静态工作点的位置是否合适、观察非线性失真、估算最大输出幅度以及电路参数对静态工作点的影响。微变等效电路法是输入小信号时,定量计算出电压放大倍数、输入电阻和输出电阻。

三极管放大电路有三种组态,分别为共发射极、共集电极和共基极。共发射极放大电路典型的特点是其具有倒相作用,共集电极放大电路的典型特点是其电压放大倍数略小于 1,且输出电压与输入电压的相位相同,共基极放大电路的典型特点是不具有电流放大作用。这三种组态的放大电路都具有功率放大作用。

多级放大电路的耦合方式主要有三种:阻容耦合、变压器耦合和直接耦合。由于变压器耦合放大电路的最大缺点是变压器比较笨重,无法集成化,不能放大变化缓慢的信号,所以很少采用。阻容耦合放大电路虽然前后级的静态工作点各自独立,但是不适合传递缓慢变化的信号,且无法集成化。所以在集成电路中均采用直接耦合放大电路,但其缺点是前后级静态工作点互相影响,且容易出现零点漂移现象。多级放大电路的电压放大倍数为各级电压放大倍数的乘积,输入电阻就是输入级的输入电阻,输出电阻就是输出级的输出电阻。

对于阻容耦合单管共射放大电路,在中频段,电压放大倍数基本不变,输出电压与输入电压的相位相差 180° 。由于三极管的结电容及电路中电抗元件的存在,使得在低频段和高频段,信号通过时明显衰减,并且产生了附加相移。而直接耦合放大电路不存在级间耦合电容,因此其低频特性好,其下限频率为 $f_L = 0$ 。多级放大电路的通频带总是比组成它的每一级的通频带窄,即放大电路的级数越多,对信号的适应能力越弱。

第 3 章 场效应管及其放大电路

本章内容要点包括结型场效应管和绝缘栅场效应管,场效应管的主要参数,共源极放大电路和共漏极放大电路。

场效应管是电压控制器件,它是利用栅源电压 u_{GS} 来控制漏极电流 i_D ,基本上不需要信号源提供电流,因此输入电阻很高。

结型场效应管(JFET 管)和绝缘栅场效应管(MOS 管)都有 N 沟道和 P 沟道之分。绝缘栅场效应管又分为增强型和耗尽型,结型场效应管只有耗尽型。耗尽型 MOS 管具有原始的导电沟道,正常工作时 u_{GS} 可正、可负、可为零;增强型 MOS 管只有外加的栅源电压 u_{GS} 超过开启电压 $U_{GS(TH)}$,才能形成导电沟道,正常工作时, u_{GS} 和 u_{DS} 极性相同。JFET 在正常工作时, u_{GS} 和 u_{DS} 极性相反。

表征场效应管放大作用的重要参数跨导 g_m ,反映了栅源电压 u_{GS} 对漏极电流 i_D 的控制能力,数值上通常比三极管的电流放大系数 β 小得多。

场效应管放大电路有共源极、共漏极和共栅极放大电路三种组态,但是共栅极放大电路几乎不用。对场效应管放大电路的分析分为静态分析和动态分析,其分析方法与三极管放大电路的分析方法类似。场效应管放大电路的直流偏置电路通常采用自偏压式和分压-自偏压两种。其中,分压-自偏压偏置电路可用于各种类型的场效应管放大电路,而自偏压式偏置电路只适用于耗尽型场效应管。

第4章 集成运算放大电路

本章内容要点包括集成运放的基本组成单元,集成运放的性能指标和使用注意事项。

集成运放主要由四部分组成,即偏置电路、输入级、中间级和输出级。

偏置电路的作用是为输入级、中间级和输出级提供静态偏置电流,建立合适的静态工作点,通常是由各种电流源实现。常见的电流源主要有镜像电流源、比例电流源和微电流源。镜像电流源、比例电流源适用于工作电流为毫安数量级的场合,微电流源适用于工作电流为微安数量级的场合。

由于集成运放的内部实际上是高放大倍数的多级直接耦合放大电路,而直接耦合放大电路的典型缺点是有零点漂移,因此输入级采用差分放大电路用来抑制零点漂移。在实际的集成运放中常常利用长尾电阻或恒流源,以提高共模抑制比。

中间级主要实现电压放大作用,可由一级或多级放大电路组成,经常采用复合管做放大管,以恒流源做集电极负载的共射放大电路。

输出级主要是向负载提供足够大的输出功率,其应具有较低的输出电阻,较高的输入电阻。一般采用甲乙类互补对称功率放大电路以避免出现交越失真。若采用 OCL 互补对称功率放大电路需要双电源供电,若是 OTL 互补对称电路采用单电源供电。如果遇到负载电阻较小,又要输出较大的功率的情况,可以考虑采用复合管功率放大电路。功率放大电路的参数计算主要包括最大输出功率 P_{om} 、转换效率 η 、管耗 P_T 。但是 OTL 互补对称电路在计算这些参数时,公式中要用 $\frac{V_{CC}}{2}$ 代替 V_{CC} 。功放管常常工作在极限应用状态,为保证功放管安全工作,必须使管子的实际工作状态不能超过其极限参数 P_{CM} 、 I_{CM} 、 $U_{(BR)CEO}$ 。

为了正确地挑选和使用集成运放,必须清楚它的性能指标。主要的性能指标如共模抑制比、开环差模增益、差模输入电阻、输入失调电压、输入失调电流、最大差模输入电压等。另外,在使用运放之前要辨认运放的管脚、检验运放的完好性、消除自激振荡和调零。在使用中要注意对运放采取保护措施。

第5章 放大电路中的反馈

本章的内容要点包括反馈的分类,负反馈对放大电路性能的影响和深度负反馈放大电路的估算。

根据反馈信号的性质和形式的不同,可以分为交流反馈和直流反馈、串联反馈和并联反馈、电压反馈和电流反馈、正反馈和负反馈。在判断反馈类型时,应首先找出反馈网络,然后再进行判断。

引入负反馈的放大电路会使放大倍数下降,但是会改善其性能。直流负反馈可以稳定静态工作点,交流负反馈可以改善动态性能,例如能提高放大倍数的稳定性、减小非线性失真,展宽频带,串联负反馈提高输入电阻,并联负反馈减小输入电阻,电压负反馈减小输出电阻,电流负反馈提高输出电阻,电压负反馈可以稳定输出电压,而电流负反馈可以稳定输出电流。

负反馈放大电路的放大倍数可以写成

$$\dot{A}_f = \frac{\dot{X}_o}{\dot{X}_i} = \frac{\dot{A}}{1 + \dot{A}\dot{F}}$$

当为深度负反馈时, $\dot{A}_f \approx \frac{1}{\dot{F}}$ 。反馈组态不同, $\dot{A}_f$ 的物理意义也不同。

如果电路引入了深度负反馈,可以采用近似估算的方法计算闭环电压放大倍数。对于任何反馈组态的深度负反馈放大电路,均可以利用 $\dot{X}_i \approx \dot{X}_f$ 估算闭环电压放大倍数。但对于不同的反馈组态,具体的表现形式不同。若是串联负反馈,则为 $\dot{U}_i \approx \dot{U}_f$,若是并联负反馈,则为 $\dot{I}_i \approx \dot{I}_f$ 。如果是电压串联负反馈还可以采用 $\dot{A}_f \approx \frac{1}{\dot{F}}$ 直接估算出闭环电压放大倍数。

第 6 章 理想运放的应用

本章的内容要点包括由理想运放构成的基本运算电路和电压比较器的分析与计算。

由理想运放构成基本运算电路时,从电路结构上必须引入深度负反馈,此时理想运放工作在线性区。基本运算电路主要包括比例运算电路、求和运算电路、积分运算电路和微分运算电路等。在分析运算电路的输出与输入关系时,总是从“虚短”和“虚断”这两个特点出发,列出方程,进行求解。

由理想运放构成电压比较器时,从电路结构上运放常常处于开环状态,或电路中引入正反馈,此时理想运放工作在非线性区,这时理想运放的输出电压 u_o 只有两种可能,当 $u_+ > u_-$ 时, $u_o = +U_{OM}$, 当 $u_+ < u_-$ 时, $u_o = -U_{OM}$, 理想运放的输入电流等于零。

根据电压比较器的阈值电压和电压传输特性的不同,可以将电压比较器分为单限比较器、滞回比较器和双限比较器。电压比较器的输出电压与输入电压之间的关系一般用电压传输特性来描述。电压传输特性有三个要素,即输出电压的高电平和低电平、阈值电压以及输出电压的跃变方向。输出电压的高、低电平决定于限幅电路;令 $u_+ = u_-$ 时所求出的 u_i 就是阈值电压; u_i 等于阈值电压时输出电压的跃变方向决定于输入电压作用于运放的同相输入端还是反相输入端。

第 7 章 波形发生电路

本章的内容要点包括正弦波振荡电路和非正弦波发生电路的分析与计算。

正弦波振荡电路由放大电路、选频网络、反馈网络和稳幅环节四部分组成。按选频网络所用元件的不同,正弦波振荡电路可分为 RC 正弦波振荡电路, LC 正弦波振荡电路和石英晶体正弦波振荡电路。

正弦波振荡电路等幅振荡的幅值平衡条件为 $|\dot{A}\dot{F}| = 1$, 相位平衡条件为 $\varphi_A + \varphi_F = \pm 2n\pi (n=0, 1, 2, \dots)$, 即电路接成正反馈, 起振条件为 $|\dot{A}\dot{F}| > 1$ 。在分析电路是否可能产生正弦波振荡时, 应首先观察电路是否包含四个组成部分, 并检查放大电路能否正常放大, 然后利用瞬时极性法判断电路是否满足相位平衡条件, 必要时再判断电路是否满足幅值平衡条件。

非正弦波发生电路由滞回比较器和 RC 延迟电路组成, 滞回比较器引入正反馈, 目的是加速输出电压的变化; 延迟电路是使电路产生自激振荡。若改变方波发生电路的充、放电时间常数, 则可构成占空比可调的矩形波发生电路。若改变三角波发生电路的充、放电时间常数, 使它们相差悬殊, 便可得到锯齿波发生电路。主要参数计算包括振荡幅值和振荡频率的计算。

第 8 章 直流稳压电源

本章的内容要点包括直流电源的组成,各个组成部分的作用、工作原理分析与计算。

直流稳压电源由变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路四个部分组成。

电源变压器的作用是将有效值为 220V、频率为 50Hz 的交流电变成频率仍为 50Hz,幅度符合所需大小的交流电。

整流电路的作用是将正负交替的正弦交流电压整流成为单方向脉动的直流电压。单相半波整流电路输出波形脉动大,输出电压 $U_{O(AV)} = 0.45U_2$ 。单相桥式整流电路输出电压的脉动小,输出电压 $U_{O(AV)} = 0.9U_2$ 。

滤波电路的作用是使整流之后的脉动电压变为比较平滑的直流电压。当 $R_L C = (3 \sim 5) \frac{T}{2}$ 时, $U_{O(AV)} \approx 1.2U_2$, 当负载开路,即 $R_L C = \infty$ 时, $U_{O(AV)} = \sqrt{2}U_2$ 。

稳压电路的作用是使输出的直流电压在电网电压或负载电流发生变化时保持稳定。常用的稳压电路有并联型稳压电路和串联型稳压电路。并联型稳压电路即硅稳压管稳压电路,其适用于输出电压固定且负载电流较小的场合。其缺点是输出电压不可调节,当电网电压和负载电流变化范围较大时,电路无法适应。串联型直流稳压电路不论是电源电压的波动还是负载变化,均有很好的稳压效果,而且输出电压可调。

目前,稳压电路都采用集成稳压器,特别是三端集成稳压器,其芯片只引出三个端子,分别接输入端、输出端和公共端,基本不需要外接元件,使用起来非常方便。目前常用的三端固定正输出的集成稳压器主要是 W78××系列、W78M××系列和 W78L××系列稳压器,三端固定负输出的集成稳压器主要是 W79××系列、W79M××系列和 W79L××系列稳压器。

第9章 逻辑代数基础

本章的内容要点包括逻辑电平的概念,数制与码制,基本逻辑关系和复合逻辑关系,逻辑代数中的常用公式和定理,逻辑函数的表示方法,逻辑函数的化简。

在数字电路中,基本的工作信号为二进制数 0 和 1,反映在电路上就是高、低逻辑电平。采用正逻辑赋值时,用逻辑 1 表示高电平,用逻辑 0 表示低电平。常用的数制包括二进制、八进制、十进制和十六进制,而且它们之间可以方便地转换。常用的 BCD 码有 8421 码、2421 码和 5211 码,它们都是恒权代码,其中 8421 码是 BCD 代码中最常用的一种。

逻辑代数中的基本逻辑关系有逻辑与、逻辑或和逻辑非,复合逻辑运算有与非、或非、异或、同或、与或非等。

逻辑代数中的公式包括基本公式和常用公式,而常用公式都可以由基本公式中导出。基本定理包括代入定理、反演定理和对偶定理。这些公式和定理主要是为了进行逻辑函数的化简或不同类型逻辑函数之间的转换,对于合理地分析和设计逻辑电路很有帮助。

逻辑函数的表示方法有真值表、逻辑函数式、卡诺图和逻辑图。这四种表示方法可以任意地互相转换,逻辑电路的分析和设计,实际上就是通过这几种表示方法的转换来完成的。在使用时,可以根据具体情况,选择最适当的一种方法表示所研究的逻辑函数。真值表能最直观地表示出逻辑功能,逻辑函数式能最方便地表示出逻辑功能,卡诺图最方便逻辑函数的化简,逻辑图最接近于实际的电路图。

逻辑函数的化简一般化成最简与或式。化简主要有两种方法,即公式法化简和卡诺图法化简。公式法化简比较适用于表达式不太复杂的情况,而卡诺图法更适合表达式比较复杂或输入变量个数较多时。

第 10 章 门 电 路

本章的内容要点包括分立元器件门电路结构、逻辑功能,CMOS 门电路结构、逻辑功能,TTL 门电路结构、逻辑功能和外部特性,集成门电路实用知识简介。

学习门电路的内部结构和工作原理能帮助理解器件的外特性,以便于更好地掌握外特性。外特性包括电压传输特性、输入特性、输出特性和负载特性。另外,输入端噪声容限和传输延迟时间也是门电路的两个重要参数。

集电极开路的门电路和三态门的输出端都可以并联使用,即可以实现线与功能。但是集电极开路的门电路在使用时必须外加一个电源和一个上拉电阻。三态门在实现线与功能时,必须保证在每一时刻只有一个使能端有效。

在门电路的实际应用中,为可靠起见,不用的输入端应连到稳定的高电平和低电平电压上。在 TTL 与 CMOS 两种电路并存的情况下,需要考虑输入、输出逻辑电平和负载能力等参数。