



高等学校经典教材配套辅导丛书

电子技术基础

模拟部分

同步辅导及习题全解

华中理工第四版

周淑阁 编著

- ★ 名校名师编著
- ★ 主要内容归纳
- ★ 重点难点剖析
- ★ 疑难问题解答
- ★ 经典例题精选
- ★ 教材习题详解

新版



陕西师范大学出版社
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS



高等学校经典教材配套辅导丛书

电子技术基础
模拟部分
同步辅导及习题全解
华中理工第四版

周淑阁 编著



陕西师范大学出版社
SHAANXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书代号:JF6N0709

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础(模拟部分)/同步辅导及习题全解/周淑阁主编. —西安:陕西师范大学出版社,2006.8

(高等学校经典教材配套辅导丛书)

ISBN 7-5613-3616-0/T·14

I.电… II.周… III.模拟电路—电子技术—高等学校—教学参考资料 IV.TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057345 号

责任编辑 陈光明 彭 青

装帧设计 王静婧

出版发行 陕西师范大学出版社

社 址 西安市陕西师大 120[#](邮政编码:710062)

网 址 <http://www.snuph.com>

经 销 新华书店

印 刷 南京金阳彩色印刷有限公司

开 本 787×960 1/16

印 张 28.5

字 数 658 千

版 次 2006 年 8 月第 1 版

印 次 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 29.80 元

开户行:光大银行西安电子城支行 账号:0303080-00304001602

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电 话:(029)85307864 85233753 85251046(传真)

E-mail:if-centre@snuph.com

前言

本书是应陕西师范大学出版社的邀请编写的,是和高等教育出版社出版的康华光主编的《电子技术基础》模拟部分(第四版)相配套的学习指导书。

本书的编写按照教育部印发的《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》精神,以“把提高教材质量作为教材建设的核心”为宗旨,按照国家教育部电气信息类课程指导委员会分委会制定的教学大纲编写。因此本书可以作为高等学校电子信息类学生的“模拟电子线路”、“电子技术基础”、“低频电子线路”等课程的学习指导书,也可以供从事电子技术工作的工程技术人员、非电子信息类相关课程的教师和学生参考。

本书是编者多年来教学实践经验的总结。本书对主教材的各章重点内容都做了系统的总结,指出了学习的重点和难点,并对重点和难点的内容用典型的例题加以说明。为了加强对重点内容的学习、理解和记忆,本书在每一章中都特别设立了“疑难问题解答与例题精选”一节,将教学大纲中的重点、难点和学生在学習中的疑惑以提问题的方式提出,然后再深入浅出地加以回答,配合例题阐明工作原理和分析方法,以比较活泼的方式帮助读者理解和记忆。

习题详解中也力求讲清来龙去脉,让读者理解出题的用意。

本书在校对过程中得到了邱益茂、张卫清等的大力支持,在这里一并表示感谢。

由于时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2006年6月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 主要内容归纳	(1)
1.2 重点难点剖析	(1)
1.2.1 电子技术中的常用名词	(1)
1.2.2 放大器中的常用名词及公式	(2)
1.3 疑难问题解答	(4)
1.4 教材习题详解	(4)
第 2 章 半导体二极管及其基本电路	(14)
2.1 主要内容归纳	(14)
2.2 重点难点剖析	(14)
2.2.1 半导体的基础知识	(14)
2.2.2 杂质半导体	(14)
2.2.3 PN 结及 PN 结的伏安特性	(15)
2.2.4 二极管的模型	(16)
2.2.5 二极管的应用和特性参数	(17)
2.3 疑难问题解答与例题精选	(19)
2.3.1 二极管伏安特性方面的问题	(19)
2.3.2 电路中有多个二极管时,判断二极管导通与否的问题	(21)
2.3.3 稳压管及其应用方面的问题	(23)
2.4 教材习题详解	(24)
第 3 章 半导体三极管及放大电路基础	(43)
3.1 主要内容归纳	(43)
3.2 重点难点剖析	(43)
3.2.1 半导体三极管	(43)
3.2.2 三极管共射电路的特性曲线	(44)
3.2.3 放大器的图解分析法	(46)
3.2.4 静态工作点的合理设置和工作点稳定问题	(48)
3.2.5 三极管的小信号模型	(49)
3.2.6 放大器的小信号模型分析法	(51)
3.2.7 常用放大器性能的比较	(52)
3.2.8 多级放大器	(54)

3.2.9	波特图的画法	(55)
3.2.10	放大器的频率响应	(57)
3.3	疑难问题解答与例题精选	(58)
3.3.1	晶体管类型判断方面的问题	(58)
3.3.2	NPN 型晶体管和 PNP 型晶体管的区别	(60)
3.3.3	判断三极管工作状态的问题	(66)
3.3.4	图解法和静态工作点的选择问题	(68)
3.3.5	小信号模型分析法方面的问题	(72)
3.3.6	多级放大器方面的问题	(76)
3.3.7	放大器频率响应方面的问题	(81)
3.4	教材习题详解	(86)
第 4 章	场效应管放大电路	(129)
4.1	主要内容归纳	(129)
4.2	重点难点剖析	(129)
4.2.1	JFET 的结构和工作原理	(129)
4.2.2	JFET 的特性曲线和参数	(131)
4.2.3	MOSFET 的结构和工作原理	(134)
4.2.4	MOSFET 的特性曲线和参数	(135)
4.2.5	场效应管放大器的偏置电路	(137)
4.2.6	场效应管放大器的图解法	(139)
4.2.7	场效应管的小信号模型	(141)
4.2.8	场效应管的小信号模型分析法	(141)
4.2.9	常用场效应管放大器的性能比较	(143)
4.3	疑难问题解答与例题精选	(144)
4.3.1	场效应管工作原理和特性曲线方面的问题	(144)
4.3.2	场效应管放大器偏置电路方面的问题	(150)
4.3.3	用小信号等效电路求解场效应管放大器方面的问题	(155)
4.4	教材习题详解	(159)
第 5 章	功率放大电路	(174)
5.1	主要内容归纳	(174)
5.2	重点难点剖析	(174)
5.2.1	功率放大器的特点	(174)
5.2.2	常用的低频功率放大器的分类	(175)
5.2.3	常用功率放大器的分析与计算	(175)
5.3	疑难问题解答与例题精选	(180)
5.3.1	甲类功率放大器方面的问题	(180)
5.3.2	乙类功率放大器方面的问题	(182)

5.3.3 甲乙类功率放大器方面的问题	(186)
5.4 教材习题详解	(187)
第6章 集成电路运算放大器	(198)
6.1 主要内容归纳	(198)
6.2 重点难点剖析	(198)
6.2.1 集成电路的特点	(198)
6.2.2 集成电路中的电流源	(198)
6.2.3 差分放大电路	(200)
6.2.4 集成运算放大器	(205)
6.3 疑难问题解答与例题精选	(206)
6.3.1 电流源方面的问题	(206)
6.3.2 差分放大电路方面的问题	(210)
6.3.3 集成运算放大器方面的问题	(218)
6.4 教材习题详解	(219)
第7章 反馈放大电路	(236)
7.1 主要内容归纳	(236)
7.2 重点难点剖析	(236)
7.2.1 反馈的基本概念和分类	(236)
7.2.2 负反馈放大电路的方框图和增益表达式	(238)
7.2.3 负反馈对放大器性能的改善	(240)
7.2.4 负反馈放大电路的分析方法	(240)
7.2.5 负反馈放大电路的稳定问题	(247)
7.3 疑难问题解答与例题精选	(249)
7.3.1 反馈类型判断方面的问题	(249)
7.3.2 负反馈对放大器性能影响方面的问题	(254)
7.3.3 负反馈放大电路指标的求解方面的问题	(257)
7.3.4 负反馈放大电路和稳定性方面的问题	(261)
7.4 教材习题详解	(262)
第8章 信号的运算与处理电路	(294)
8.1 主要内容归纳	(294)
8.2 重点难点剖析	(294)
8.2.1 集成运算放大器的理想化条件	(294)
8.2.2 集成运算放大器组成的基本运算电路	(295)
8.2.3 运算电路的误差分析	(299)
8.2.4 集成运放组成的有源滤波器	(300)
8.3 疑难问题解答与例题精选	(304)

8.3.1	理想运放组成的运算电路方面的问题	(304)
8.3.2	运算电路误差方面的问题	(309)
8.3.3	有源滤波器方面的问题	(311)
8.4	教材习题详解	(314)
第9章	信号产生电路	(368)
9.1	主要内容归纳	(368)
9.2	重点难点剖析	(368)
9.2.1	正弦波振荡电路	(368)
9.2.2	电压比较器	(373)
9.2.3	非正弦波振荡电路	(377)
9.3	疑难问题解答与例题精选	(379)
9.3.1	正弦波振荡器方面的问题	(379)
9.3.2	电压比较器方面的问题	(384)
9.3.3	非正弦波振荡电路方面的问题	(389)
9.4	教材习题详解	(391)
第10章	直流稳压电源	(418)
10.1	主要内容归纳	(418)
10.2	重点难点剖析	(418)
10.2.1	整流电路	(418)
10.2.2	滤波电路	(421)
10.2.3	稳压电路	(423)
10.3	疑难问题解答与例题精选	(425)
10.3.1	整流滤波方面的问题	(425)
10.3.2	稳压方面的问题	(429)
10.4	教材习题详解	(430)

第1章 绪论

通过本章的学习,了解电子技术中一些常用的名词,了解放大电路中的常用名词的定义。

1.1 主要内容归纳

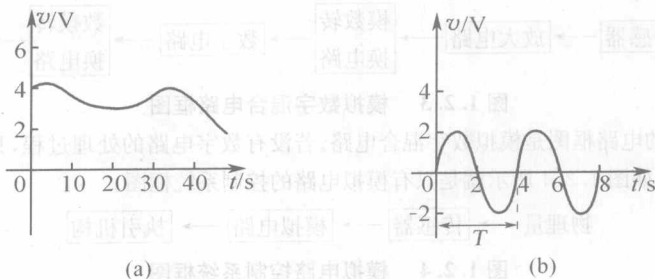
- * 电子技术中的常用名词
- * 放大器中的常用名词及公式

1.2 重点难点剖析

1.2.1 电子技术中的常用名词

1. 模拟信号

在时间上和数值上均为连续的信号称为模拟信号。如图 1.2.1a 所示的电压信号和 1.2.1b 所示的正弦信号,都是模拟信号。



(a) 电压信号 (b) 正弦信号

图 1.2.1 模拟信号

(1) 周期信号

在一段时间间隔内包含了信号的全部信息,这样的信号则称为周期信号。这一段时间称为周期信号的周期。如图 1.2.1b 的正弦信号就是周期信号,图中的 T 就是正弦波的周期。

(2) 非周期信号

非周期信号是无规律变化的信号,任何时间间隔内都可能新的信息出现。图 1.2.1a 就是非周期信号。

2. 模拟电路

处理模拟信号的电路就是模拟电路。这本书全书都是讲解模拟电路的工作原理和分析、计算的方法。

3. 数字信号和数字电路

时间上或数值上是离散的(不连续的)信号就称为数字信号。

图 1.2.2 中所示的数字信号,在数值上是不连续的,它只有两个值:0 和 1,在数值上是不连续的,是跳变的,只能从 0 跳变到 1,或从 1 跳变到 0。

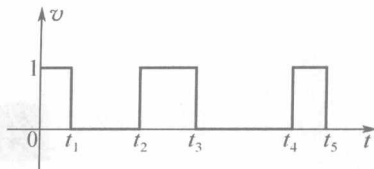


图 1.2.2 数字信号

处理数字信号的电路称为数字电路。

4. 传感器

世界上存在的信号,大多数是模拟量,如温度的变化,声音大小的变化,压力大小的变化,光的强度的变化,液体流量的变化等都是连续的量,即模拟量,若要用电路对这些量进行控制时,首先要将这些量变成电压量或电流量。将这些物理量变成电压或电流量的设备称为传感器。

5. 模数转换和数模转换电路

模拟电路是用来处理模拟信号的,数字电路是用来处理数字信号的,若使用数字电路来直接处理模拟信号,那么电路的工作就会不正常,达不到我们的预期目的。但是我们可以预先用信号的转换电路将信号的特性改变。

将模拟信号转换为数字信号的转换电路叫模数转换电路。

将数字信号转换为模拟信号的转换电路叫数模转换电路。

一般由传感器得到的都是模拟信号,若要用数字电路处理,则只有先用模数转换电路,将其转换成数字信号,然后进行处理。

一般电动的执引机构,都由模拟量来推动,因此经数字电路处理后的数字信号又要经数模转换电路,将数字信号转换成模拟信号去推动执引机构,如图 1.2.3 所示。

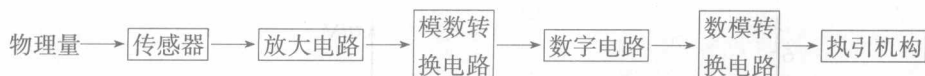


图 1.2.3 模拟数字混合电路框图

图 1.2.3 所示的电路框图是模拟数字混合电路。若没有数字电路的处理过程,只用模拟电路处理,则不必要进行转换,如图 1.2.4 所示就是只有模拟电路的控制系统框图。



图 1.2.4 模拟电路控制系统框图

6. 电子系统

能够完成一种特定功能的电路的集合称为电子系统。

在很多情况下,电子系统要和其它的一些物理系统或控制系统进行组合,才能构成完整的实用系统,如教材中的光导纤维拉制塔控制系统就是多种系统组成的。

1.2.2 放大器中的常用名词及公式

1. 信号源、负载

图 1.2.5 所示为放大器的框图。

提供放大器的输入信号的设备就称为信号源。信号源一般以电压源或电流源的形式出现。图 1.2.5 中的信号源就是电压源,图 1.2.6 中的信号源就是电流源。

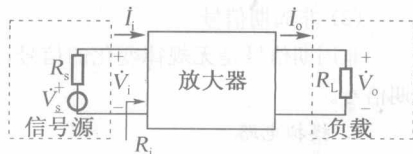


图 1.2.5 放大器的框图

R_L 为放大器的负载电阻。

2. 放大器的主要性能指标

图 1.2.5 和 1.2.6 中都标出了放大器输入端的电压 \dot{V}_i 和电流 \dot{I}_i , 输出端的电压 \dot{V}_o 和电流 \dot{I}_o 。

(1) 放大器的电压增益 \dot{A}_v

$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}$$

(2) 放大器的电流增益 \dot{A}_i

$$\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$$

(3) 放大器的互阻增益 \dot{A}_R

$$\dot{A}_R = \frac{\dot{V}_o}{\dot{I}_i}$$

(4) 放大器的互导增益 \dot{A}_G

$$\dot{A}_G = \frac{\dot{I}_o}{\dot{V}_i}$$

(5) 放大器的功率增益 A_P

$$A_P = \frac{|\dot{V}_o \dot{I}_o|}{|\dot{V}_i \dot{I}_i|}$$

(6) 放大器的输入电阻 R_i

$$R_i = \frac{\dot{V}_i}{\dot{I}_i}$$

一般信号源要和放大器的输入电阻相配合, 若 R_i 很小, 则信号源最好使用电流源, 若 R_i 很大, 则信号源要使用电压源。

(7) 放大器的输出电阻 R_o

求放大器输出电阻的电路如图 1.2.7 所示。

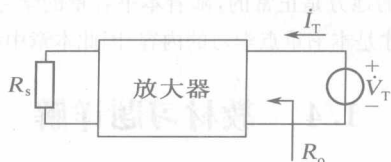


图 1.2.7 放大器输出电阻的测试电路

要求解或测试放大器的输出电阻时, 应将信号源进行处理, 若信号源为电压源, 则将其短路; 若信号源为电流源, 则将其断开, 这样处理后在放大器的输入端只留下了信号源的内阻 R_s , 如图 1.2.7 所示。

另外还要将放大器的负载去掉在放大器的输出端加上 \dot{V}_T , 使输出端产生的电流为 \dot{I}_T , 如图 1.2.7 所示。

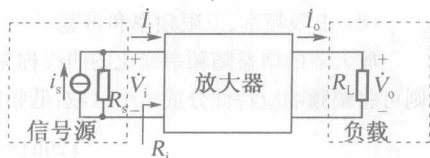


图 1.2.6 放大器的框图

输出电阻为:

$$R_o = \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T}$$

(8) 上限频率、下限频率和带宽

放大器的增益随频率变化的曲线称为幅频响应特性。若某放大器的幅频响应特性如图 1.2.8 所示, 则可将幅频响应特性分成三个区域: 低频区、中频区、高频区。

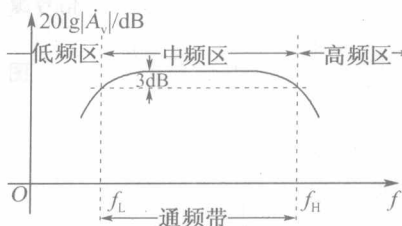


图 1.2.8 某放大器的幅频响应

上限频率 f_H : 电压增益比中频区下降 3dB 的高端频率。

下限频率 f_L : 电压增益比中频区下降 3dB 的低端频率。

通频带: f_H 和 f_L 之间称为通频带。

带宽 BW : $BW = f_H - f_L$ 。

(9) 失真

放大器的输出信号和输入信号相比不是成正比例的放大称为失真。

失真的种类

- 频率失真
 - 幅度失真
 - 相位失真
- 非线性失真(由于放大器件的非线性引起的)

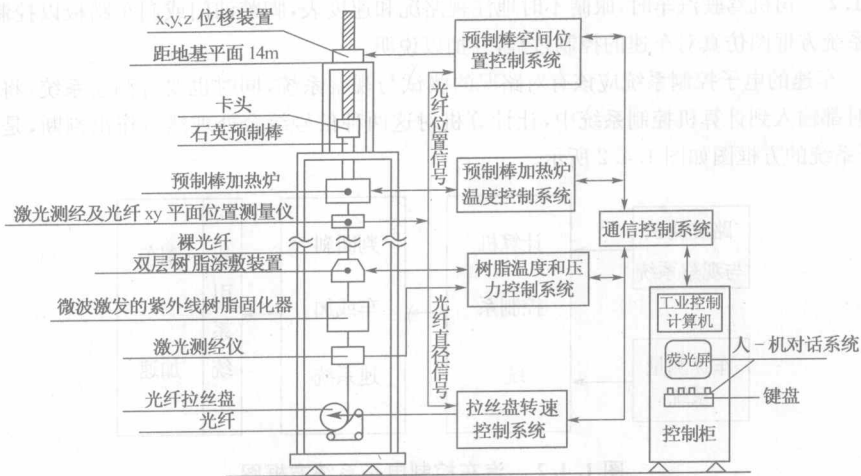
1.3 疑难问题解答

问 1 在这章里讲的内容我们都似懂非懂, 如何来理解这一章呢?

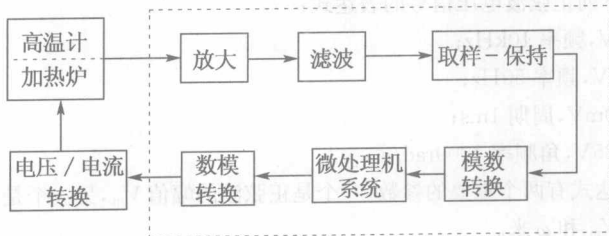
【答】 本章是绪论, 只是将电子技术的一些应用、电子系统的组成、放大器的技术指标的定义等作简单的介绍, 读者有不少不理解的地方是正常的, 随着本书各章的学习, 都会逐步理解的, 因此对本章的内容只要求了解, 从第二章起才是本书重点学习的内容。因此本章中我们也不出什么例题了。

1.4 教材习题详解

题 1.1.1 仿照图题 1.1.16 石英预制棒加热炉温度控制系统方框图, 画出图题 1.1.1a 中光纤拉丝盘转速控制的电子系统方框图, 并加以说明。



(a)



(b)

(a) 控制系统示意图

(b) 炉温控制系统方框图

图题 1.1.1 光导纤维制棒系统

【解】 由图题 1.1.1a 可知, 光纤直径信号输入到拉丝盘转速控制系统中, 经其处理后的信号到通信控制系统, 然后传送到计算机控制系统, 由计算机控制后, 传送到拉丝盘控制系统, 然后控制拉丝盘的转速, 因此可以画出如图 1.4.1 所示的拉丝盘转速控制系统的方框图。

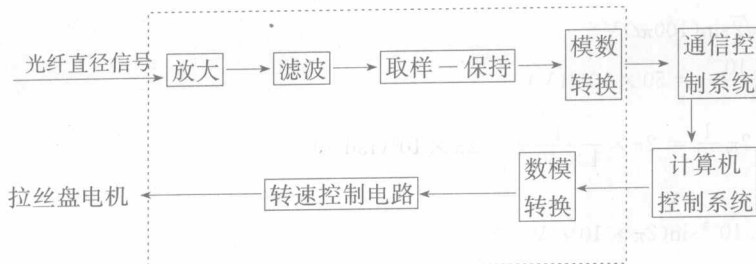


图 1.4.1 拉丝盘转速控制系统

光纤直径信号是模拟信号, 经过一系列处理后要经模数转换电路形成数字信号后才能由计算机控制(因为计算机是数字计算机) 计算机送出的信号也是数字信号, 要由数模转换电路转换成模拟信号才能去控制电机。

题 1.1.2 司机驾驶汽车时,眼睛不时地注视路况和速度表,脚踏油门或刹车踏板以控制车速,试画一电子系统方框图仿真对车速的控制过程,并加以说明。

【解】 车速的电子控制系统应该对路况的测试与观察系统,同时也要有测速系统,将路况和速度信号同时都输入到计算机控制系统中,让计算机对这两种信号综合处理然后作出判断,是刹车还是加速,电子系统的方框图如图 1.4.2 所示。

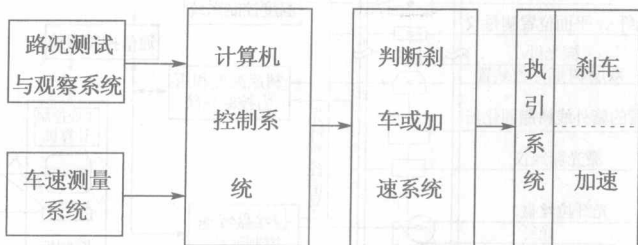


图 1.4.2 汽车控制电子系统方框图

图 1.4.2 中执行系统有两个功能:刹车和加速,在某时刻只能执行其中一个功能。

题 1.1.3 写出下列正弦波电压信号的表达式:

- (1) 峰—峰值 10V, 频率 10kHz;
- (2) 均方根值 220V, 频率 50Hz;
- (3) 峰—峰值 100mV, 周期 1ms;
- (4) 峰—峰值 0.25V, 角频率 1000rad/s。

【解】 正弦波表达式有两个重要的参数,一个是正弦波的幅值 V_m ,另一个是角频率 ω ,因此在以下的问题中要首先求出 V_m 和 ω 来。

- (1) 因为峰—峰值为 10V, 因此 $V_m = 5V$ 。

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 10 \times 10^3 = 2\pi \times 10^4 \text{ (rad/s)}$$

因此正弦波电压的表达式为:

$$v(t) = 5\sin(2\pi \times 10^4 t) \text{ V}$$

- (2) $V_m = \sqrt{2} \times 220 = 220\sqrt{2} \text{ (V)}$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 100\pi \text{ (rad/s)}$$

因此有:

$$v(t) = 220\sqrt{2}\sin(100\pi t) \text{ V}$$

- (3) $V_m = \frac{100 \times 10^{-3}}{2} = 50 \times 10^{-3} \text{ (V)}$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} = 2\pi \times \frac{1}{1 \times 10^{-3}} = 2\pi \times 10^3 \text{ (rad/s)}$$

因此有:

$$v(t) = 50 \times 10^{-3} \sin(2\pi \times 10^3 t) \text{ V}$$

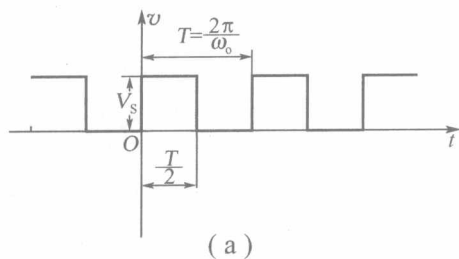
- (4) $V_m = \frac{0.25}{2} = 0.125 \text{ (V)}$

$$\omega = 1000 \text{ rad/s}$$

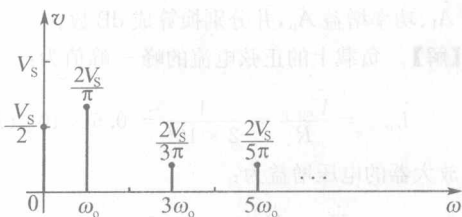
因此有:

$$v(t) = 0.125 \sin(1000t) \text{ V}$$

题 1.1.4 图题 1.1.4 中的方波电压信号加在一个电阻 R 两端, 试用公式 $P = \frac{1}{T} \int_0^T (v^2/R) dt$ 计算信号在电阻上耗散的功率; 然后根据式 $v(t) = \frac{V_s}{2} + \frac{2V_s}{\pi} \left(\sin\omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_0 t + \dots \right)$ 分别计算方波信号的傅里叶展开式中直流分量、基波分量、三次谐波分量在电阻上耗散的功率, 并根据此计算这三者之和占电阻上总耗散功率的百分比。



(a)



(b)

(a) 方波的波形 (b) 方波的频谱

图题 1.1.4

【解】 方波信号在电阻 R 上的耗散功率为:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{V_s^2}{R} dt = \frac{V_s^2}{2R}$$

由图题 1.1.4b 的方波频谱图可知, 直流分量为 $\frac{V_s}{2}$, 而基波分量的幅值为 $\frac{2V_s}{\pi}$, 三次谐波分量的幅值为 $\frac{2V_s}{3\pi}$ 。

因此直流分量在 R 上的耗散功率为:

$$P_0 = \frac{\left(\frac{V_s}{2}\right)^2}{R} = \frac{V_s^2}{4R}$$

基波分量在 R 上的耗散功率为:

$$\begin{aligned} P_{\omega_0} &= \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{2V_s}{\pi}\right)^2 \frac{1}{R} \sin^2 \omega_0 t dt \\ &= \frac{4V_s^2}{\pi^2 TR} \int_0^T \left(\frac{t}{2} - \frac{1}{4\omega_0} \sin 2\omega_0 t\right) dt = \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} \end{aligned}$$

三次谐波分量在 R 上的耗散功率为:

$$\begin{aligned} P_{3\omega_0} &= \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{2V_s}{3\pi}\right)^2 \frac{1}{R} \sin^2 3\omega_0 t dt \\ &= \frac{4V_s^2}{9\pi^2 TR} \int_0^T \left(\frac{t}{2} - \frac{1}{12\omega_0} \sin 6\omega_0 t\right) dt = \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R} \end{aligned}$$

直流分量、基波分量、三次谐波分量在 R 上的耗散功率之和为:

$$\begin{aligned} P_{0,1,3} &= P_0 + P_{\omega_0} + P_{3\omega_0} \\ &= \frac{V_s^2}{4R} + \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} + \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R} = 0.475 \frac{V_s^2}{R} \end{aligned}$$

$P_{0,1,3}$ 占方波信号在 R 上总耗散功率的百分比为:

$$\frac{P_{0.1,3}}{P} \times 100\% = \frac{0.475 \frac{V_s^2}{R}}{\frac{V_s^2}{2R}} \times 100\% = 95\%$$

题 1.2.1 在某放大电路输入端测量到输入正弦信号电流和电压的峰-峰值分别为 $5\mu\text{A}$ 和 5mV , 输出端接 $2\text{k}\Omega$ 电阻负载, 测量到正弦电压信号峰-峰值为 1V 。试计算该放大电路的电压增益 \dot{A}_v 、电流增益 \dot{A}_i 、功率增益 A_p , 并分别换算成 dB 数。

【解】 负载上的正弦电流的峰-峰值为:

$$\dot{I}_{\text{op-p}} = \frac{\dot{V}_{\text{op-p}}}{R} = \frac{1}{2 \times 10^3} = 0.5 \times 10^{-3} (\text{A})$$

放大器的电压增益为:

$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{\dot{V}_{\text{op-p}}}{\dot{V}_{\text{ip-p}}} = \frac{1}{5 \times 10^{-3}} = 200$$

\dot{A}_v 用 dB 表示为:

$$\dot{A}_v (\text{dB}) = 20 \lg \dot{A}_v = 20 \lg 200 = 46.02 (\text{dB})$$

放大器的电流增益为:

$$\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \frac{\dot{I}_{\text{op-p}}}{\dot{I}_{\text{ip-p}}} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-6}} = 100$$

\dot{A}_i 用 dB 表示为:

$$\dot{A}_i (\text{dB}) = 20 \lg \dot{A}_i = 20 \lg 100 = 40 (\text{dB})$$

放大器的功率增益为:

$$A_p = |\dot{A}_v \dot{A}_i| = 200 \times 100 = 2 \times 10^4$$

A_p 用 dB 表示为:

$$A_p (\text{dB}) = 10 \lg A_p = 10 \lg 2 \times 10^4 = 43 (\text{dB})$$

题 1.2.2 当负载电阻 $R_L = 1\text{k}\Omega$ 时, 电压放大电路输出电压比负载电路 ($R_L = \infty$) 时输出电压减少 20% , 求该放大电路的输出电阻。

【解】 放大器的输出端等效模型如图 1.4.3 所示。

当 $R_L = \infty$ 时, $\dot{V}_o = \dot{V}_\infty$

当接上 $R_L = 1\text{k}\Omega$ 的电阻时:

$$\dot{V}_o = \left(1 - \frac{20}{100}\right) \times \dot{V}_\infty = 0.8 \dot{V}_\infty$$

$$\dot{I}_o = \frac{\dot{V}_o}{R_L} = \frac{0.8 \dot{V}_\infty}{1 \times 10^3} = 0.8 \times 10^{-3} \dot{V}_\infty$$

$$R_o = \frac{\dot{V}_{R_o}}{\dot{I}_o} = \frac{\dot{V}_\infty - 0.8 \dot{V}_\infty}{0.8 \times 10^{-3} \dot{V}_\infty} = 250 (\Omega)$$

题 1.2.3 一电压放大电路输出端接 $1\text{k}\Omega$ 负载电阻时, 输出电压为 1V (有效值), 负载电阻断开时,

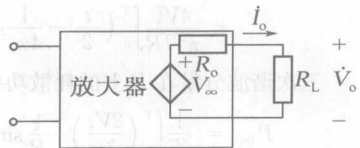


图 1.4.3 放大器输出端等效模型

输出电压上升到 1.1V(有效值),求该放大电路的输出电阻。

【解】 放大器的输出端等效模型可以参考图 1.4.3。

当 R_L 断开时, $\dot{V}_o = \dot{V}_\infty = 1.1\text{V}$

当接上 $R_L = 1\text{k}\Omega$ 的电阻时:

$$\dot{V}_o = \dot{V}_\infty - \dot{I}_o R_o = \dot{V}_\infty - \frac{\dot{V}_o}{R_L} \cdot R_o$$

即

$$1 = 1.1 - \frac{1}{1 \times 10^3} \times R_o$$

$$R_o = 100(\Omega)$$

题 1.2.4 某放大电路输入电阻 $R_i = 10\text{k}\Omega$, 如果用 $1\mu\text{A}$ 电流源驱动, 放大电路短路输出电流为 10mA , 开路输出电压为 10V 。求放大电路接 $4\text{k}\Omega$ 负载电阻时的电压增益 \dot{A}_v 、电流增益 \dot{A}_i 、功率增益 A_p , 并分别转换成 dB 数表示。

【解】 放大器可以用图 1.4.4 所示模型表示。

$$R_o = \frac{\dot{V}_o R_{L=\infty}}{\dot{I}_{R_L=0}} = \frac{\dot{V}_\infty}{\dot{I}_{R_L=0}} = \frac{10}{10 \times 10^{-3}} = 1 \times 10^3 (\Omega)$$

当 $R_L = 4\text{k}\Omega$ 时, 电压增益 \dot{A}_v 为:

$$\begin{aligned} \dot{A}_v &= \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{\dot{V}_\infty \frac{R_L}{R_o + R_L}}{\dot{I}_i R_i} = \frac{10 \times \frac{4 \times 10^3}{1 \times 10^3 + 4 \times 10^3}}{1 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^3} \\ &= 800 \end{aligned}$$

\dot{A}_v 用 dB 表示为:

$$\dot{A}_v(\text{dB}) = 20\lg \dot{A}_v = 20\lg 800 = 58.06(\text{dB})$$

放大器的电流增益 \dot{A}_i 为:

$$\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \frac{\dot{V}_\infty}{R_o + R_L} = \frac{10}{1 \times 10^3 + 4 \times 10^3} = 2000$$

\dot{A}_i 用 dB 表示为:

$$\dot{A}_i(\text{dB}) = 20\lg \dot{A}_i = 20\lg 2000 = 66.02(\text{dB})$$

放大器的功率增益 A_p 为:

$$A_p = |\dot{A}_v \dot{A}_i| = 800 \times 2000 = 16 \times 10^5$$

A_p 用 dB 表示为:

$$A_p(\text{dB}) = 10\lg A_p = 10\lg 16 \times 10^5 = 62.04(\text{dB})$$

题 1.2.5 有以下三种放大电路备用: (1) 高输入电阻型: $R_{i1} = 1\text{M}\Omega$, $\dot{A}_{v01} = 10$, $R_{o1} = 10\text{k}\Omega$;

(2) 高增益型: $R_{i2} = 10\text{k}\Omega$, $\dot{A}_{v02} = 100$, $R_{o2} = 1\text{k}\Omega$; (3) 低输出电阻型: $R_{i3} = 10\text{k}\Omega$, $\dot{A}_{v03} = 1$, $R_{o3} = 20\Omega$ 。

用这三种放大电路组合, 设计一个能在 100Ω 负载电阻上提供至少 0.5W 功率的放大器。已知信号源开

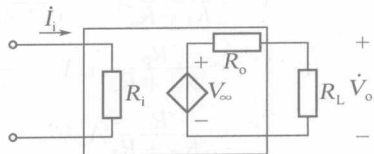


图 1.4.4 放大器模型