

● 高校经典教材配套辅导系列

电子技术基础

(模拟部分)习题精解

夏应清 主编

涵盖课程重点

精炼方法技巧

精解课后习题



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高校经典教材配套辅导系列

TN101
7=3A6

《电子技术基础》(模拟部分) 习题精解

主编 夏应清

参编 刘 莉 占林松 付晓军

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础习题精解:模拟部分/夏应清主编.

—成都:西南交通大学出版社,2004.9

ISBN 7-81057-945-2

I. 电… II. 夏… III. 电子技术—高等学校—解
题 IV. TN-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 080306 号

《电子技术基础》(模拟部分)习题精解

主编 夏应清

*

责任编辑 周志林 赖颖昕

封面设计 众 邦

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码:610031 发行部电话:028—87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

华中师范大学印刷厂印刷

*

开本:787mm×960mm 1/16 总印张:38

总字数:717 千字 印数:1—6 400 册

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

ISBN7-81057-945-2/TN·351

套价:42.80 元

版权所有,盗版必究,举报电话:(028)87600562

前 言

《〈电子技术基础〉习题精解》是为了配合“电子技术基础”课程教学，为配合由康华光主编的《电子技术基础》模拟部分（第四版）和数字部分（第四版）的学习，根据编者多年来在教学实践过程中对学生深入了解和分析后总结经验而编写的一本教学辅导书。

本书全面总结、归纳了电子技术模拟和数字两个部分的基本内容、基本概念、重点难点、各种分析和计算方法，以这些概念和方法在解题中的应用为基础，编写了每一章的主要内容、知识要点；精选每一章例题进行了解析，给出了解题思路和解题方法；对配套教材中的全部习题都作了详细的分析和解答。

全书由夏应清负责编写，刘莉、占林松、付晓军协助编写了各章有关内容。在全书编写过程中得到了李玲远老师的热情指导和帮助。

限于编者水平有限及编写时间仓促，书中的不足和错误之处在所难免，我们诚恳地希望读者提出宝贵意见，也借此机会向各位读者及在编写过程中关心和给予我们帮助的领导、编辑、同事、朋友表示由衷的感谢。

编 者

2004 年 6 月于武汉桂子山

目 录

第一章 绪论	(1)
一、知识要点	(1)
二、典型例题分析	(4)
三、习题精解	(8)
第二章 半导体二极管及其基本电路	(21)
一、知识要点	(21)
二、典型例题分析	(25)
三、习题精解	(29)
第三章 半导体三极管及放大电路基础	(50)
一、知识要点	(50)
二、典型例题分析	(61)
三、习题精解	(73)
第四章 场效应管放大电路	(118)
一、知识要点	(118)
二、典型例题分析	(124)
三、习题精解	(132)
第五章 功率放大电路	(149)
一、知识要点	(149)
二、典型例题分析	(152)
三、习题精解	(158)

第六章 集成电路运算放大器	(171)
一、知识要点	(171)
二、典型例题分析	(177)
三、习题精解	(183)
第七章 反馈放大电路	(199)
一、知识要点	(199)
二、典型例题分析	(203)
三、习题精解	(210)
第八章 信号的运算与处理电路	(239)
一、知识要点	(239)
二、典型例题分析	(245)
三、习题精解	(250)
第九章 信号产生电路	(292)
一、知识要点	(292)
二、典型例题分析	(299)
三、习题精解	(304)
第十章 直流稳压电源	(325)
一、知识要点	(325)
二、典型例题分析	(339)
三、习题精解	(335)

第一章 绪 论

一、知识要点

(一) 电子系统与信号

电子系统通常是指若干相互连接、相互作用的基本电路组成的具有特定功能的电路整体。一个比较复杂而完善的电子系统往往是由许多个子系统构成。

信号是信息的载体。按照时间和幅值的连续性和离散性可把信号分成四类：时间连续、数值连续信号（即模拟信号）；时间离散、数值连续信号；时间离散、数值离散信号；时间连续、数值离散信号。

模拟信号在时间上和幅值上均是连续的，在一定动态范围内可能取任意值。处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。

(二) 放大电路的基本知识

信号放大电路是最基本的模拟信号处理电路。根据实际的输入信号和所需的输出信号是电压或电流，放大电路可分为四种类型。

1. 电压放大电路

$$\text{电路的电压增益为 } \dot{A}_V = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \dot{A}_{V_o} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

其中， $\dot{A}_{V_o}$ 为输出开路（ $R_L = \infty$ ）时的电压增益， R_o 为放大电路的输出电阻。

$\dot{A}_V$ 的恒定性受到 R_L 变化的影响，随 R_L 的减小而降低。这种放大电路应使 $R_o \ll R_L$ ，以尽量减小信号的衰减。理想电压放大电路的输出电阻 $R_o = 0$ 。

考虑到信号源内阻的电压增益为

$$\dot{A}_{V_s} = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s} = \frac{\dot{V}_i}{\dot{V}_s} \cdot \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \dot{A}_{V_o} \frac{R_L}{R_L + R_o} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \dot{A}_V$$

这种电路应尽量设法提高其输入电阻 R_i ，使 R_s 对信号的衰减作用减小。理想电压放大电路的输入电阻 $R_i = \infty$ 。

2. 电流放大电路

$$\text{电路的电流增益为 } \dot{A}_I = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \dot{A}_{Is} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

其中, $\dot{A}_{Is}$ 为输出短路($R_L = 0$) 时的电流增益, R_o 为放大电路的输出电阻。

考虑到信号源内阻的电压增益为

$$\dot{A}_{Is} = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_s} = \frac{\dot{I}_i}{\dot{I}_s} \cdot \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \dot{A}_{Is} \frac{R_L}{R_L + R_o} = \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot \dot{A}_I$$

只有当 $R_o \gg R_L$ 和 $R_i \ll R_s$ 时, 才可使电路具有较理想的电流放大效果。

3. 互阻放大电路

$$\text{电路的互阻增益为 } \dot{A}_R = \frac{\dot{V}_o}{\dot{I}_i} = \dot{A}_{Ro} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

其中, $\dot{A}_{Ro}$ 为输出开路时的互阻增益, R_o 为放大电路的输出电阻。

4. 互导放大电路

$$\text{电路的互导增益为 } \dot{A}_G = \frac{\dot{I}_o}{\dot{V}_i} = \dot{A}_{Gs} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

其中, $\dot{A}_{Gs}$ 为输出短路时的互导增益, R_o 为放大电路的输出电阻。

根据信号源的戴维宁—诺顿等效变换原理, 上述四种电路模型相互之间可以实现任意转换。

(三) 放大电路的主要性能指标

1. 输入电阻 R_i

输入电阻等于输入电压 $\dot{V}_i$ 与输入电流 $\dot{I}_i$ 的比值: $R_i = \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T}$, $\dot{V}_T$ 、 $\dot{I}_T$ 为输入端的测试电压和测试电流。 R_i 的大小决定了放大电路从信号源吸取信号幅值的大小。

2. 输出电阻 R_o

输出电阻是在信号源短路($\dot{V}_s = 0$, 但保留 R_s) 和负载开路 $R_L = \infty$ 的条件下, 从

输出端向放大电路看过去的等效电阻: $R_o = \left. \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T} \right|_{\dot{V}_s=0, R_L=\infty}$, $\dot{V}_T$ 、 $\dot{I}_T$ 为输出端的测试电压和测试电流。

3. 增益

增益反映了放大电路在输入信号控制下, 将供电电源能量转换为输出信号能量

的能力。四种放大电路分别具有不同的增益：电压增益 $\dot{A}_v$ 、电流增益 $\dot{A}_i$ 、互阻增益 $\dot{A}_R$ 、互导增益 $\dot{A}_G$ 。电压增益、电流增益和功率增益在工程上常用分贝表示：

电压增益 $= 20\lg |\dot{A}_v|$ (dB)，电流增益 $= 20\lg |\dot{A}_i|$ (dB)，功率增益 $= 10\lg |A_P|$ (dB)

4. 频率响应及带宽

若考虑电路中电抗性元件的作用和信号角频率变量，放大电路的增益可表达为

$$\dot{A} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

式中 ω 为信号的角频率， $A(\omega)$ 为增益的模与角频率之间的关系，称为幅频响应； $\varphi(\omega)$ 为电路输出与输入正弦信号的相位差与角频率之间的关系，称为相频响应；两者综合起来可全面表征放大电路的频率响应。为了符合通常习惯，横坐标采用频率单位 $f = \omega/2\pi$ ，且横坐标用对数刻度，纵坐标为增益分贝值，这样得到的幅频响应曲线称为波特图。在幅频响应曲线上，当输入信号幅值保持不变时，增益下降 3dB 的频率点，其输出功率约为中频区输出功率的一半，通常称为半功率点。一般把幅频响应的高、低两个半功率点间的频率差定义为放大电路的带宽 BW ，即

$$BW = f_H - f_L$$

其中， f_H 是频率响应的高端半功率点，称为上限频率， f_L 是频率响应的低端半功率点，称为下限频率。由于通常 $f_L \ll f_H$ ，故 $BW \approx f_H$ 。

5. 线性失真与非线性失真

线性失真，即频率失真是由电路中存在线性元件（电容、电感等），其阻抗随频率不同而不同，从而导致放大电路对不同频率信号分量的放大倍数和延迟时间（相移）不同引起的，它包括幅度失真和相位失真。这种失真不会产生输入信号所没有的新的频率成分。

非线性失真是由电路中存在非线性元件（如晶体管、场效应管工作在非线性区）而引起的。这种失真会产生输入信号所没有的新的频率成分。

向放大电路输入标准的正弦信号，可以测定输出信号的非线性失真度，定义非线性失真系数为

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_{\alpha k}^2}}{V_{o1}} \times 100\%$$

式中 V_{o1} 是输出信号基波分量的有效值， $V_{\alpha k}$ 是输出信号高次谐波分量的有效值， k 为正整数。

二、典型例题分析

例 1.1 现有一周期脉冲电压信号,其周期为 T ,脉冲宽度为 τ ,脉冲幅度为 A 。试求它的直流分量、基波分量及各次高阶谐波分量在电阻 R 上的耗散功率及总的耗散功率。

解 该周期脉冲电压信号在电阻 R 上总的耗散功率为

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{v^2}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^\tau \frac{A^2}{R} dt = \frac{\tau A^2}{TR}$$

由于该周期脉冲电压信号可展开为傅里叶级数表达式为:

$$v(t) = \frac{A\tau}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi\tau}{T} \cos \frac{2n\pi}{T}t$$

由此可得直流分量在电阻 R 上耗散功率为 $P_0 = \frac{1}{R} \left(\frac{A\tau}{T} \right)^2$ 。

基波分量在电阻 R 上耗散功率为 $P_1 = \frac{1}{2R} \left(\frac{2A}{\pi} \sin \frac{\tau\pi}{T} \right)^2 = \frac{2A^2}{R\pi^2} \left(\sin \frac{\tau\pi}{T} \right)^2$

其他各次高阶谐波分量在电阻 R 上耗散功率

$$P_n = \frac{1}{2R} \left(\frac{2A}{n\pi} \sin \frac{n\pi\tau}{T} \right)^2 = \frac{2A^2}{Rn^2\pi^2} \left(\sin \frac{n\pi\tau}{T} \right)^2$$

例 1.2 设某放大电路在负载电阻为 R_L 时输出电压为 $\dot{V}_o$,而当负载开路 $R_L = \infty$ 时,输出电压为 $\dot{V}'_o$,试求该放大电路的输出电阻 R_o 表达式。

解 放大电路的输出部分可用如图 1.1 所示的框图来描述。

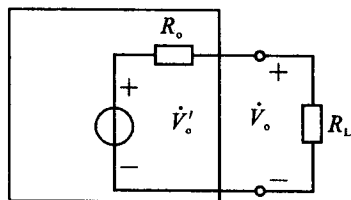


图 1.1

由图可知 $\dot{V}_o = \frac{\dot{V}'_o R_L}{R_o + R_L}$, 故 $R_o = \left(\frac{\dot{V}'_o}{\dot{V}_o} - 1 \right) R_L$

例 1.3 某放大电路的输入电阻 $R_i = 10 \text{ k}\Omega$, 输出电阻为 $R_o = 1 \text{ k}\Omega$ 。当电路的输入电压 $\dot{V}_i = 1 \text{ mV}$ 时, 开路输出电压为 $\dot{V}'_o = 8 \text{ V}$ 。试求

- ① 放大电路短路输出电流 $\dot{I}_\infty$;
- ② 放大电路的开环电压增益 $\dot{A}'_{v_o}$;
- ③ 当负载电阻为 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 时, 电路的闭环电压增益 $\dot{A}_v$ 、电流增益 $\dot{A}_i$ 、功率增益 $\dot{A}_P$ 。

解

① 根据题意, 放大电路短路输出电流为 $\dot{I}_\infty = \frac{\dot{V}'_o}{R_o} = \frac{8 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 8 \text{ mA}$

② 放大电路的开环电压增益 $\dot{A}'_{v_o} = \frac{\dot{V}'_o}{\dot{V}_i} = \frac{8 \text{ V}}{1 \text{ mV}} = 8\,000$

③ 当负载电阻 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ 时, 电路的输出电压

$$\dot{V}_o = \frac{\dot{V}'_o R_L}{R_o + R_L} = \frac{8 \text{ V} \times 10 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \approx 7.27 \text{ V}$$

电路的输入电流 $\dot{I}_i = \frac{\dot{V}_i}{R_i} = \frac{1 \text{ mV}}{10 \text{ k}\Omega} = 100 \text{ }\mu\text{A}$

输出电流 $\dot{I}_o = \frac{\dot{V}_o}{R_o + R_L} = \frac{7.27 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega} \approx 0.73 \text{ mA}$

电路的闭环电压增益

$$\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{7.27 \text{ V}}{1 \text{ mV}} = 7\,270$$

$$20\lg |\dot{A}_v| = 20\lg 7\,270 = 72.23(\text{dB})$$

电路的闭环电流增益

$$\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i} = \frac{0.73 \text{ mA}}{100 \text{ }\mu\text{A}} = 7.3$$

$$20\lg |\dot{A}_i| = 20\lg 7.3 \approx 17.27(\text{dB})$$

功率增益 $\dot{A}_P = \frac{\dot{V}_o \dot{I}_o}{\dot{V}_i \dot{I}_i} = \frac{7.27 \text{ V} \times 0.73 \text{ mA}}{1 \text{ mV} \times 100 \text{ }\mu\text{A}} = 53\,071$

$$10\lg |\dot{A}_P| = 10\lg 53\,071 \approx 47.25(\text{dB})$$

例 1.4 互阻放大电路模型如图 1.2 所示, 试求电路的电压增益 $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}$ 和电流增益 $\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_s}$ 。

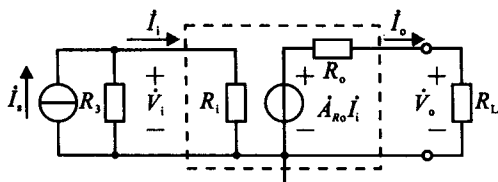


图 1.2

解 根据电路知 $\dot{V}_i = \dot{I}_i R_i$, $\dot{V}_o = \dot{I}_o R_L = \dot{A}_{Ro} \dot{I}_i - \dot{I}_o R_o$, $\dot{I}_s (R_s // R_i) = \dot{I}_i R_i$,

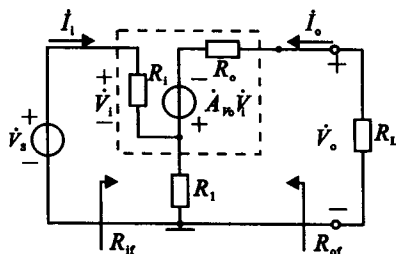
$$\text{则 } \dot{I}_o = \frac{\dot{A}_{Ro} \dot{I}_i}{R_o + R_L}$$

$$\text{电路的电压增益 } \dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i} = \frac{\dot{I}_o R_L}{\dot{I}_i R_i} = \frac{\dot{A}_{Ro} R_L}{(R_o + R_L) R_i}$$

$$\text{电流增益 } \dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_s} = \frac{\frac{\dot{A}_{Ro} \dot{I}_i}{R_o + R_L}}{\frac{\dot{I}_i R_i}{R_s // R_i}} = \frac{\dot{A}_{Ro} (R_s // R_i)}{(R_o + R_L) R_i}$$

例 1.5 某放大电路如图 1.3(a) 所示, 试分析该放大电路的电压增益 $\dot{A}_{v_s} = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s}$ 、输

入电阻 R_{if} 及输出电阻 R_{of} 的表达式。



(a)

图 1.3

解 由该放大电路的电路图 1.3(a) 可知

$$\dot{V}_o = \dot{I}_o R_o - \dot{A}_{v_o} \dot{V}_i + (\dot{I}_i + \dot{I}_o) R_1 = -\dot{I}_o R_L$$

$$\dot{V}_s = \dot{I}_i R_i + (\dot{I}_i + \dot{I}_o) R_1$$

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

$$\text{联立以上三式可求得 } \dot{I}_i = \frac{\dot{I}_o (R_o + R_L + R_1)}{\dot{A}_{v_o} R_i - R_1}$$

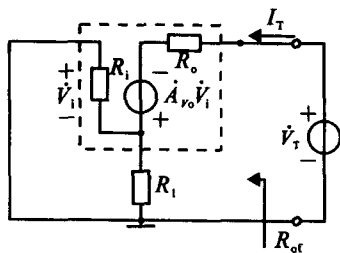
放大电路的电压增益为

$$\begin{aligned} \dot{A}_{v_s} = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_s} &= \frac{-\dot{I}_o R_L}{\dot{I}_i R_i + (\dot{I}_i + \dot{I}_o) R_1} = \frac{-\dot{I}_o R_L}{\frac{\dot{I}_o (R_o + R_L + R_1)}{\dot{A}_{v_o} R_i - R_1} (R_i + R_1) + \dot{I}_o R_1} \\ &= \frac{-R_L (\dot{A}_{v_o} R_i - R_1)}{(R_o + R_L + R_1) (R_i + R_1) + R_1 (\dot{A}_{v_o} R_i - R_1)} \end{aligned}$$

放大电路的输入电阻

$$\begin{aligned} R_{if} = \frac{\dot{V}_s}{\dot{I}_i} &= \frac{\dot{I}_i R_i + (\dot{I}_i + \dot{I}_o) R_1}{\dot{I}_i} = R_i + \left(1 + \frac{\dot{A}_{v_o} R_i - R_1}{R_o + R_L + R_1} \right) R_1 \\ &= R_i + \left(\frac{\dot{A}_{v_o} R_i + R_o + R_L}{R_o + R_L + R_1} \right) R_1 \end{aligned}$$

求放大电路的输出电阻时,应令 $\dot{V}_s = 0$ 及 $R_L = \infty$, 如图 1.3(b) 所示。根据该电路有



(b)

图 1.3

$$\dot{V}_i = -(R_i // R_1) \dot{I}_T$$

$$\dot{V}_T = \dot{I}_T R_o - \dot{A}_{v_o} \dot{V}_i + \dot{I}_T (R_i // R_1) = \dot{I}_T R_o + \dot{I}_T (R_i // R_1) (\dot{A}_{v_o} + 1)$$

$$R_{of} = \frac{\dot{V}_T}{\dot{I}_T} = \frac{\dot{I}_T R_o + \dot{I}_T (R_1 // R_i) (\dot{A}_{Vo} + 1)}{\dot{I}_T} = R_o + (R_1 // R_i) (\dot{A}_{Vo} + 1)$$

三、习题精解

(为了与《电子技术基础(模拟部分)(第四版)》教材配合使用,故题目序号与该书相同)

1.1.1 试画出题解图1.1.1(a)中光纤拉丝盘转速控制的电子系统方框图,并加以说明。

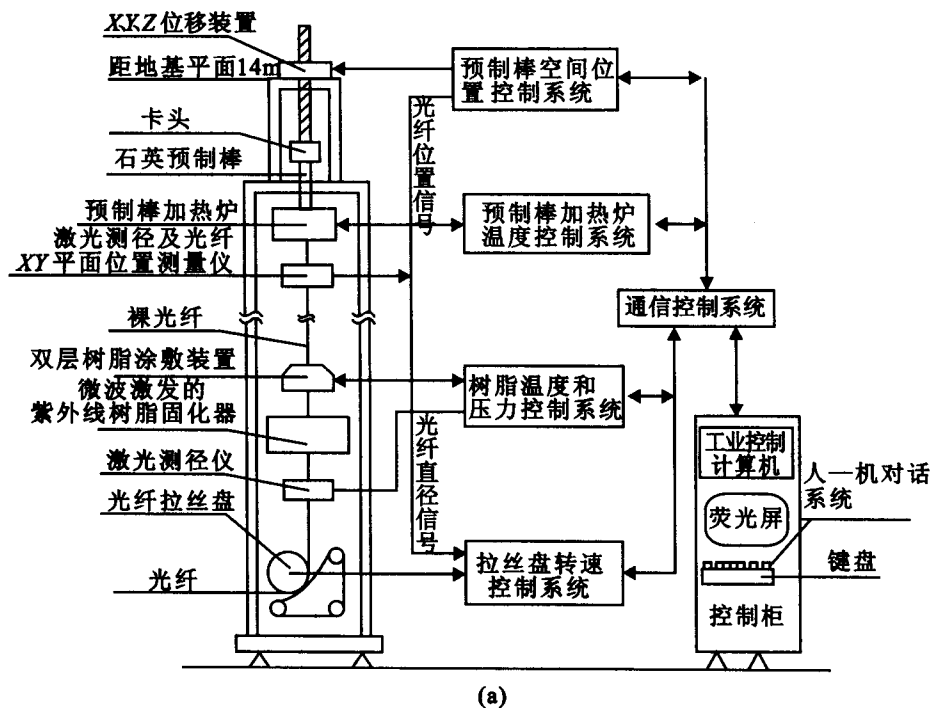
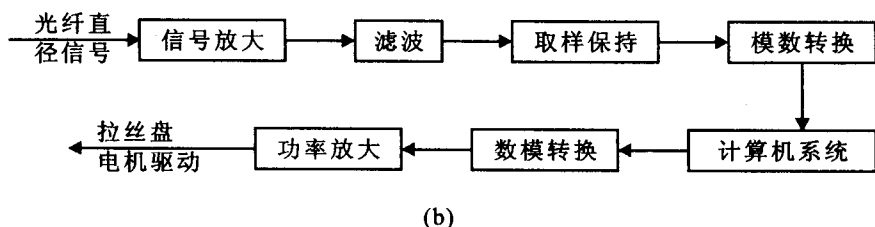


图 1.1.1

解 光纤拉丝盘转速受光纤直径信号的控制,同时光纤拉丝盘转速的快慢可调节光纤的直径。当光纤直径稍有增大时,拉丝盘转速应提高而使光纤直径减小,否则转速应降低,这样就可使光纤直径控制在允许的误差范围内。转速控制电子系统的输入信号为光纤直径信号,输出信号为电机控制信号。光纤直径信号由激光测径及光纤XY平面位置测量仪转换为电信号,经放大、滤波、模数转换,成为相应的数字信号输入到微处理机系统计算处理,产生数字控制信号,它经数模转换后转换为模拟电压信

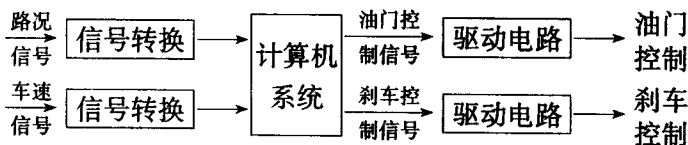
号,经功率放大后输出功率较大的信号驱动拉丝盘电机,从而使拉丝盘转速得到控制。如题解图 1.1.1(b) 所示即为光纤拉丝盘转速控制的电子系统方框图。



题解图 1.1.1

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 司机驾驶汽车一方面需要观察路面情况和环境,另一方面要不时注视车速表以了解汽车的实际速度,通过脚踏油门或刹车踏板以控制车速。整个系统有两个输入信号:路况信号和速度信号;输出也有两个信号:油门控制信号和刹车控制信号。输入信号经转换后送入计算机处理系统,根据实际路况和车速进行实时处理以产生油门控制信号和刹车控制信号,最终达到控制车行速度的目的。如题解图 1.1.2 所示即为对车速的控制过程仿真的电子系统方框图。



题解图 1.1.2

1.1.3 写出下列正弦波电压信号的表达式:

- ① 峰—峰值 10 V, 频率 10 kHz;
- ② 均方根值 220 V, 频率 50 Hz;
- ③ 峰—峰值 100 mV, 周期 1 ms;
- ③ 峰—峰值 0.25 V, 角频率 1 000 rad/s。

分析 正弦波电压信号的一般表达式为 $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta)$, 式中 V_m 为正弦波的幅度, ω 为角频率, θ 为初始相角, 一般取 0。本题主要根据题中所给参数确定 V_m 和 ω 的值。幅度 V_m 与峰—峰值 V_{pp} 、均方根值 V 间的关系分别为 $V_m = \frac{1}{2} V_{pp}$ 、 $V_m = \sqrt{2} V$ 。 ω 与周期 T 、频率 f 间的关系为 $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ 。

解

$$\textcircled{1} V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = \frac{1}{2} \times 10 = 5 \text{ (V)}$$

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

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

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

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

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

$$\textcircled{3} V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = \frac{1}{2} \times 10 = 5 \text{ (V)}$$

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

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

$$\textcircled{4} V_m = \frac{1}{2} V_{pp} = \frac{1}{2} \times 0.25 = 0.125 \text{ (V)}$$

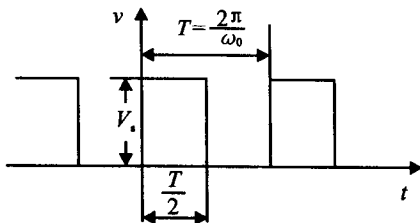
$$\omega = 1000 \text{ (rad/s)}$$

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

1.1.4 用题解图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

$$v(t) = \frac{V_s}{2} + \frac{2V_s}{2} + \frac{2V_s}{\pi} [\sin(\omega_0 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_0 t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega_0 t) + \cdots + \frac{1}{2n-1} \sin(2n-1)\omega_0 t] (n = 1, 2, 3, \cdots)$$

分别计算方波信号的傅里叶展开式中的直流分量、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。



题解图 1.1.4

分析 此题主要要掌握周期信号的傅里叶系数及其在电阻上的耗散功率的计

算方法。对于一般周期为 T 的信号 $u(t)$ 在阻值为 R 的电阻上的耗散功率为 $P = \frac{1}{T} \int_0^T (v^2/R) dt$; 对于一般正弦信号 $v(t) = V_m \sin(\omega t)$ ($\omega = \frac{2\pi}{T}$) 在阻值为 R 的电阻上的耗散功率为

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T \frac{[V_m \sin(\omega t)]^2}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{\left[V_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right]^2}{R} dt \\ &= \frac{V_m^2}{R} \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos\left(\frac{4\pi t}{T}\right)}{2} dt = \frac{V_m^2}{2R} \end{aligned}$$

解 根据电压信号波形图(题解图 1.1.4), 该信号在电阻上的耗散功率为

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T (v^2/R) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} (V_s^2/R) dt = \frac{V_s^2}{TR} \times \left(\frac{T}{2} - 0 \right) = \frac{V_s^2}{2R}$$

$$\text{直流分量在电阻上的耗散功率为 } P_0 = \frac{\left(\frac{V_s}{2}\right)^2}{R} = \frac{V_s^2}{4R}$$

$$\text{基波分量在电阻上的耗散功率为 } P_1 = \frac{\left(\frac{2V_s}{\pi}\right)^2}{2R} = \frac{2V_s^2}{\pi^2 R}$$

$$\text{三次谐波分量在电阻上的耗散功率为 } P_3 = \frac{\left(\frac{2V_s}{3\pi}\right)^2}{2R} = \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}$$

直流分量、基波分量、三次谐波分量在电阻上耗散的功率之和占电阻上总耗散功率之比为

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_0 + P_1 + P_3}{P} = \frac{\frac{V_s^2}{4R} + \frac{2V_s^2}{\pi^2 R} + \frac{2V_s^2}{9\pi^2 R}}{\frac{V_s^2}{2R}} = \frac{\frac{1}{4} + \frac{2}{\pi^2} + \frac{2}{9\pi^2}}{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{9\pi^2 + 80}{18\pi^2} \approx 0.95 = 95\% \end{aligned}$$

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 $\dot{A}_p$, 并分别换算成 dB 数。

分析 放大电路的电压增益 $\dot{A}_v$ 为 $\dot{A}_v = \frac{\dot{V}_o}{\dot{V}_i}$, 电流增益 $\dot{A}_i$ 为 $\dot{A}_i = \frac{\dot{I}_o}{\dot{I}_i}$, 功率增益