

中等专业学校
电子信息类

规划教材

DIANZIKEJIDAXUECHUBANSHE

XILIEJIAOCAI

中专电子技术

脉冲与数字电路

祝惠芳 徐忠山

MOS
MSI



电子科技大学出版社

UESTC PUBLISHING HOUSE

中等专业学校
电子信息类 规划教材

脉冲与数字电路

内 容 提 要

本教材经全国中专电子技术专业教学指导委员会评审通过,作为全国中专电子类专业“九五”规划教材正式出版。

全书除绪论外共分七章。主要内容有逻辑门电路、逻辑代数、组合逻辑电路、集成触发器、时序逻辑电路、脉冲电路、数模和模数转换电路。书中打*的部分可根据教学具体情况作为选讲内容。

本教材以数字集成电路贯穿全篇,进一步突出和加强了数字集成电路的内容,大大压缩和精简了一些陈旧的分立元件脉冲电路的篇幅;加强了 MOS 电路和大规模集成电路的比例,删减了 ECL 和 TTL 双极型集成电路的内容,减少了利用小规模集成电路进行逻辑设计的比例。在内容处理上,尽量避免复杂的集成块内部电路的分析,着重阐明电路的外特性、基本原理、逻辑功能和应用(如增加了 MSI 组合逻辑部件的应用实例等)。并对一些典型的数字集成电路产品型号、功能、特点、应用及集成电路使用常识等进行了介绍。

在内容编排处理上,因为晶体管是构成逻辑门电路的主要器件,故将晶体管开关特性方面的内容编入逻辑门一章。又因脉冲电路中涉及 RC 电路的分析,故将 RC 电路方面的有关内容编入脉冲电路一章。

本教材各章均有小结、思考题和习题。理论授课参考学时 90,实验单独开课。

声 明

本书无四川省版权防盗标识,不得销售;版权所有,违者必究,举报有奖,举报电话:(028) 6636481 6241146 3201496

中等专业学校
电子信息类

规划教材

脉冲与数字电路

祝惠芳 徐忠山

出 版:电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号,邮编:610054)

责任编辑:舒 标 陈 杰 黄 立

发 行:新华书店

印 刷:四川建筑印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张 19 字数 462.3 千字

版 次:1999 年 5 月第一版

印 次:2000 年 1 月第二次

书 号:ISBN 7-81065-087-4/TN·9

印 数:5001—9000 册

定 价:20.00 元

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作,根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》,我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社,各专业教学指导委员会,在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上,根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求,编制了《1996~2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报,经各学校、出版社推荐,由各专业教学指导委员会评选,并由我部教材办协商各专指委、出版社后,审核确定的。本轮规划教材的编制,注意了将教学改革力度较大、有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需,尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时,选择了一批对学科发展具有重要意义,反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划,以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足,希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议,以不断提高教材的编写、出版质量,共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材是根据全国中专电子技术专业教学指导委员会“九五”规划教材编写计划，按照国家教委中专课程组和教指委讨论修订后的《脉冲与数字电路》教学大纲而编写的。可作为中等专业学校或其他中等职业技术学校电子类各专业教学用书，也可供从事电子技术工作的中等技术人员参考使用。

本教材1998年7月经原电子工业部中专电子类教材编审委员会评选择优推荐为全国中专电子信息类专业《脉冲与数字电路》课程教材用书。教材出版后，广大师生反映良好。本轮教材是在此基础上，根据市场经济的发展和中专教学的需要，在进一步广泛征求读者和专家意见后，经反复讨论，认真修改后编写的。

本教材以数字集成电路贯穿全篇，进一步突出和加强了数字集成电路的内容，大大压缩和精简了一些陈旧的分立元件脉冲电路的篇幅；加强了MOS电路和大规模集成电路的比例，删减了ECL和 I^2L 双极型集成电路的内容，减少了利用小规模集成电路进行逻辑设计的比例。并根据中专教育职业化、实用性的特点，贯穿逻辑设计的方法、贯彻少而精的原则。在内容处理上，尽量避免复杂的集成块内部电路的分析，着重阐明电路的外特性、基本原理、逻辑功能和应用（如增加了MSI组合逻辑部件的应用实例等）。教材从培养应用型人才出发，强调了理论联系实际，如在各章节中选用了较多例题，还在某些章节的思考题和习题中添加了实践性练习题。并对一些典型的数字集成电路产品型号、功能、特点、应用及集成电路使用常识等进行了介绍。注意了对数字电路功能表、时序图的运用及查阅有关手册、阅读逻辑电路图和外引线排列图等方面能力的训练。在编写时力求概念清晰、重点突出、文理通顺、深入浅出、好学易懂。

本书由武汉无线电工业学校长期从事本课程教学与研究的高级讲师祝惠芳（编写绪论、第一、三、四、六章）徐忠山（编写第二、五、七章）两位同志编写。南京无线电工业学校高级讲师郑应光任主审，常州无线电工业学校高级讲师唐文源任责任编委。这两位老师在全书的编写过程中做了大量认真的工作，给了我们很大的帮助。在湖北襄樊召集的审稿会上，南昌无线电工业学校高级讲师黄俊耀、广东省电子技术学校讲师徐丽香等兄弟学校代表对初稿进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的意见。审稿会还得到了武汉无线电工业学校副校长安志鹏、教务科长匡水发及湖北4504厂厂长张世宗及其他领导吴道明、罗友世等的关心、指导和帮助。在此，对所有为本教材进行审阅并提出宝贵意见以及在编写及出版过程中给予我们热情帮助和支持的同志们一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，诚恳希望广大读者批评指正。

编 者
1998年12月

目 录

绪 论

第一章 逻辑门电路

1.1 晶体管的开关特性及应用	(4)
1.1.1 晶体二极管的开关特性及应用	(4)
1.1.2 晶体三级管的开关特性及应用	(10)
1.2 分立元件逻辑门	(16)
1.2.1 二极管与门	(16)
1.2.2 二极管或门	(18)
1.2.3 三极管非门	(20)
1.2.4 复合门电路	(20)
1.3 集成 TTL 逻辑门	(23)
1.3.1 TTL 与非门电路及工作原理	(23)
1.3.2 TTL 与非门的外特性	(25)
1.3.3 TTL 与非门的主要参数及测试方法	(29)
1.3.4 TTL 与非门的改进电路	(32)
1.3.5 其他常用的 TTL 逻辑门	(34)
1.3.6 TTL 门电路型号系列介绍及使用常识	(37)
1.4 MOS 逻辑门	(39)
1.4.1 MOS 反相器	(40)
1.4.2 常用 MOS 逻辑门	(42)
1.4.3 CMOS 门电路型号系列介绍及使用常识	(46)
1.5 几种集成逻辑门电路主要性能参数的比较	(48)
1.6 接口电路	(49)
小结	(52)
思考题和习题	(52)

第二章 逻辑代数

2.1 数制与编码	(63)
2.1.1 几种常用的数制	(63)

2.1.2	不同数制间的转换	(66)
2.1.3	BCD 编码	(68)
2.2	逻辑函数及其表示方法	(70)
2.2.1	逻辑函数	(70)
2.2.2	逻辑函数的表示方法	(70)
2.3	逻辑代数的基本运算规律	(72)
2.3.1	基本公式	(72)
2.3.2	常用公式	(75)
2.4	逻辑函数的化简	(76)
2.4.1	化简的意义和最简标准	(76)
2.4.2	公式化简法	(78)
2.4.3	卡诺图化简法	(79)
2.5	具有约束项的逻辑函数的化简	(86)
2.5.1	约束项与约束条件	(86)
2.5.2	利用约束项化简逻辑函数	(87)
	小结	(89)
	思考题和习题	(90)

第三章 组合逻辑电路

3.1	组合逻辑电路的分析方法和设计方法	(93)
3.1.1	组合逻辑电路的分析方法	(93)
3.1.2	组合逻辑电路的设计方法	(95)
3.2	常用组合逻辑电路	(98)
3.2.1	编码器	(98)
3.2.2	译码器	(103)
3.2.3	显示器件及显示电路	(109)
3.2.4	基本运算器	(115)
3.2.5	数值比较器	(119)
3.2.6	数据选择器和数据分配器	(122)
* 3.2.7	奇偶校验电路	(126)
3.3	MSI 组合逻辑部件应用举例	(128)
3.3.1	用数据选择器实现组合逻辑函数	(129)
3.3.2	用译码器实现组合逻辑函数	(131)
3.3.3	MSI 加法器应用举例	(133)
3.4	组合逻辑电路中的竞争冒险	(134)

3.4.1 竞争冒险及其产生的原因	(134)
3.4.2 竞争冒险的判断方法	(135)
3.4.3 消除冒险的方法	(136)
小结	(137)
思考题和习题	(137)

第四章 集成触发器

4.1 基本 RS 触发器	(142)
4.1.1 电路组成及工作原理	(142)
4.1.2 触发器逻辑功能的描述	(143)
4.2 时钟控制触发器	(145)
4.2.1 钟控 RS 触发器	(145)
4.2.2 钟控 D 触发器	(147)
4.2.3 钟控触发器的触发方式和空翻现象	(149)
4.3 主从触发器	(150)
4.3.1 主从 RS 触发器	(150)
4.3.2 主从 JK 触发器	(152)
4.3.3 主从 T 触发器	(155)
4.4 边沿触发器	(156)
4.4.1 正边沿触发器	(156)
4.4.2 负边沿触发器	(158)
4.5 TTL 集成触发器型号系列简介	(159)
4.5.1 TTL 集成主从 JK 触发器型号系列简介	(159)
4.5.2 TTL 集成 D 触发器型号系列简介	(160)
4.5.3 TTL 集成边沿触发型 JK 触发器型号系列简介	(161)
4.6 MOS 触发器	(162)
4.6.1 CMOS 基本 RS 触发器	(162)
4.6.2 CMOS 同步 D 触发器	(162)
4.6.3 CMOS 边沿触发器	(163)
小结	(164)
思考题和习题	(165)

第五章 时序逻辑电路

5.1 概述	(171)
5.1.1 时序逻辑电路的特点	(171)

5.1.2	时序逻辑电路的一般分析方法	(172)
5.2	寄存器	(173)
5.2.1	数码寄存器	(173)
5.2.2	移位寄存器	(175)
5.3	计数器	(179)
5.3.1	同步计数器	(179)
5.3.2	异步计数器	(194)
5.3.3	集成计数器构成 N 进制计数器的方法	(201)
5.3.4	同步计数器的设计方法介绍	(204)
5.4	移位寄存器型计数器	(207)
5.4.1	环形计数器	(207)
5.4.2	扭环形计数器	(208)
5.4.3	最大长度移位寄存器型计数器	(208)
5.5	顺序脉冲发生器	(210)
5.5.1	节拍分配器	(210)
5.5.2	脉冲发生器	(212)
5.6	半导体存储器	(212)
5.6.1	只读存储器 (ROM)	(212)
5.6.2	可编程逻辑阵列 (PLA)	(215)
5.6.3	随机存取存储器 (RAM)	(217)
* 5.6.4	通用阵列逻辑器件 (GAL) 简介	(221)
小结		(223)
思考题和习题		(224)

第六章 脉冲电路

6.1	RC 电路	(227)
6.1.1	RC 电路的响应	(227)
6.1.2	RC 电路的应用举例	(232)
6.2	集成逻辑门构成的脉冲单元电路	(237)
6.2.1	自激多谐振荡器	(237)
6.2.2	单稳态触发器	(242)
6.2.3	施密特触发器	(249)
6.3	集成定时器	(255)
6.3.1	CC7555 定时器的电路结构	(255)
6.3.2	集成定时器应用举例	(257)

* 6.4 锯齿波发生器	(261)
6.4.1 锯齿波电压发生器	(262)
6.4.2 锯齿波电流发生器	(266)
小结	(267)
思考题和习题	(268)

第七章 数模和模数转换电路

7.1 概述	(275)
7.2 数模转换器 (DAC)	(276)
7.2.1 T 型网络 DAC	(276)
7.2.2 倒 T 型网络 DAC	(278)
7.2.3 AD 7541 集成 DAC 介绍	(279)
7.2.4 DAC 的主要技术指标	(281)
7.3 模数转换器 (ADC)	(281)
7.3.1 模数转换的一般步骤	(281)
7.3.2 并行比较型 ADC	(284)
7.3.3 逐位逼近型 ADC	(287)
* 7.3.4 双积分型 ADC	(289)
7.3.5 ADC 的主要技术指标	(291)
小结	(291)
思考题和习题	(291)

绪 论

现代电子工程中,电子线路按照所处理的信号形式不同,大致可分为两大类:模拟电路和数字电路。

本课程重点讨论数字电路。

那末,什么是数字电路呢? 脉冲电路讨论的又是什么? 下面结合电路所处理的信号形式先作初步介绍。

一、模拟信号和模拟电路

所谓模拟信号通常是指模拟物理量的信号形式,它在时间上和数值上都是连续的,可以在一定范围内任意取值。如模拟语音、图象、温度、压力等物理量变化的信号都是模拟信号。它们转换为电信号就是平滑的、连续变化的电压或电流信号。其信号波形通常为正弦波,如交流电的波形、音频信号的波形等。

处理模拟信号的电路称为模拟电路。模拟电路研究的重点是电路的放大倍数、频率响应、非线性失真等问题。采用的是频域分析法和时域分析法。

二、脉冲信号和脉冲电路

所谓脉冲信号,狭义地讲,是指一种持续时间极短的电压或电流。广义地讲,凡不具有连续正弦波形状的信号都可通称为脉冲信号。

常见的脉冲信号波形如图 0-1 所示。图中(a)为矩形波、(b)为方波、(c)为尖顶波(尖峰

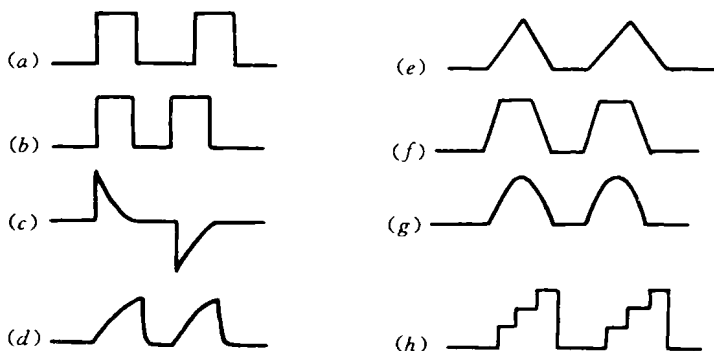


图 0-1 几种常见的脉冲信号波形

波)、(d)为锯齿波、(e)为三角波、(f)为梯形波、(g)为钟形波、(h)为阶梯波。这些脉冲信号都是时间的函数。有的波形既含快速变化部分又含缓慢变化部分,如尖顶波。有的波形含变化部分和不变部分,如三角波等。而矩形波、方波的边沿为幅度变化的突变点,但在两个边沿

之间,幅度又不变。

其实,大家很熟悉的心脏跳动的信号就属于脉冲信号。

为了对脉冲信号进行定量分析,常运用一些物理量来描述脉冲信号的特征。这些物理量称为脉冲信号的参数。最典型的脉冲信号为矩形脉冲。下面以实际的矩形脉冲电压波形为例,定义脉冲信号的一些参数。见图 0-2。

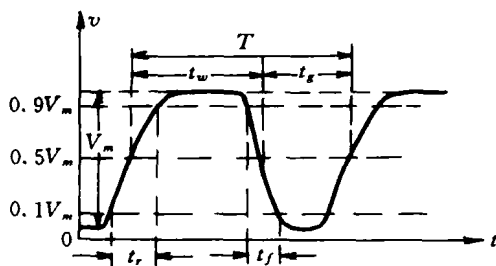


图 0-2 实际的矩形脉冲及参数

1. 脉冲幅度 V_m 表示脉冲信号强弱的参数。即一个脉冲从底部到顶部之间的数值大小。
2. 脉冲前沿 t_r (又称上升时间) 脉冲波从 $0.1V_m$ 上升到 $0.9V_m$ 所经历的时间。
3. 脉冲后沿 t_f (又称下降时间) 脉冲波从 $0.9V_m$ 下降到 $0.1V_m$ 所经历的时间。
4. 脉冲宽度 t_w (简称脉宽) 脉冲前沿的 $0.5V_m$ 处到后沿的 $0.5V_m$ 处的时间间隔。即一个脉冲的持续时间。
5. 脉冲间隔 t_g (又称脉冲空度) 指前一个脉冲后沿的 $0.5V_m$ 处到后一个脉冲前沿的 $0.5V_m$ 处的时间间隔。
6. 脉冲周期 T 对于周期性重复的脉冲,两个相邻脉冲信号重复出现一次所经历的时间。其倒数即为脉冲信号的重复频率 f 。

显然, $T = t_w + t_g$, $f = 1/T$ 。

7. 占空系数 D (又称占空比) 指脉冲宽度与脉冲周期之比。 $D = t_w/T$ 。方波的 $t_w = t_g = T/2$, 所以方波的占空比 $D = 1/2$, 方波是一种特殊的矩形波。

处理脉冲信号的电路称为脉冲电路。脉冲电路常用于脉冲信号的产生、变换或整形,研究的重点是电路输入、输出波形的形状、幅度、频率的高低等内容,采用的是模拟电路的分析方法。所以,就脉冲电路研究的内容和分析方法而言,脉冲电路属于模拟电路。

三、数字信号和数字电路

数字信号是指在时间上和幅度上均为离散的信号。所谓数字,是指表示逻辑意义上的真与假、开与关、高与低、有与无等等对立状态的数字代码 0 和 1。而 0 和 1 又并非真正意义上的自然数,它没有确切的数值大小的概念,只是表示两种不同的情况而已。

例如工厂生产流水线上产品数量的统计,当传送带上一个又一个产品途径某计数器时,其结果只能在一系列离散的瞬间(或时刻)有产品(时间上的离散性)。而且产品的个数也只

能是一个单位一个单位的增加(幅度上的离散性)。用信号波形来表示时,就可以用电位的高和低或脉冲波的有和无来描述。而电位的高和低、脉冲的有和无又可用数码 0 和 1 来表示。图 0-3 中,(a)是以高电平表示 1,低电平表示 0 的数字信号波形,又称电位型数字信号。(b)是以有脉冲表示 1,无脉冲表示 0 的数字信号波形,又称脉冲型数字信号。以 Δt 为一拍,以一拍为单位,它们均表示 1101110010 这一数字信号。

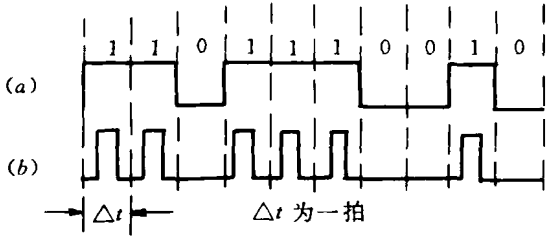


图 0-3 两种表达形式的数字信号

以上分析说明,数字信号是一种可用数码 0 和 1 表示的矩形脉冲序列。处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路的基本功能是对数字信号进行算术运算或逻辑运算。数字电路的主要特点是:

1. 数字电路中的晶体管通常都工作在饱和或截止状态,即开关状态。
2. 数字电路中只要有两种不同的状态分别表示 0 和 1 就行,所以数字电路的基本单元简单、便于集成化和系列化,使用方便。
3. 数字电路的主要研究对象是电路的输入(0 或 1)和输出(0 或 1)信号之间的逻辑关系。主要分析工具是逻辑代数,运用的主要方法是逻辑分析和逻辑设计。所以也常称数字电路为逻辑电路。

脉冲与数字电子技术发展迅速,并已广泛应用于雷达、通信、电视、自动控制、电子计算机、电子测量仪器仪表以及航天、交通、国防、工农业等多个领域。如运用数字电子技术的数字通信系统就比模拟通信系统的抗干扰性能更强,可靠性更高,保密性更好。因此,《脉冲与数字电路》已成为电子工程各专业的主要技术基础课之一。学习这门课程,一方面要掌握本课程中的基本知识、电路的基本原理,分析电路的基本方法等,另一方面还要加强实践性动手能力的训练与培养,熟练掌握查阅有关手册、资料和应用、使用数字集成电路的方法等。

第一章 逻辑门电路

所谓逻辑,是指某种规律性或某种因果关系。逻辑门电路就是具有某种逻辑关系的电路。它由晶体管开关器件等构成,是一种开关电路,简称门电路。它是构成复杂数字电路的基础。

本章将首先介绍晶体管开关器件,然后以分立元件逻辑门为基础,重点讲述 TTL (Transistor-Transistor Logic 晶体管-晶体管逻辑的缩写)和 MOS (Metal-Oxide-Semiconductor 金属-氧化物-半导体的缩写)逻辑门。

1.1 晶体管的开关特性及应用

我们常见的开关有机械开关、电磁开关等等,它们都属于有触点开关。在脉冲与数字电路中,晶体管大多工作在开关状态,它们可以用作电子开关,而且是一种无触点开关。

通常的电子开关按其用途划分,有模拟开关和数字开关(又称逻辑开关)两大类。一个理想的模拟开关应具备以下条件:

1. 开关断开时,其等效断开电阻为无穷大,流过开关的电流为零。
2. 开关接通时,其等效接通电阻为零,开关两端电压降为零。
3. 开关两种状态的转换时间为零。

模拟开关和实际的机械开关、电磁开关相类似。

数字开关则只要求器件有两种可以区分的工作状态,输出能明确地用逻辑 0 和 1 来表示。如本章将要讲到的逻辑门电路就属于数字开关或逻辑开关。

由晶体管等元器件构成的电子开关,在一定的条件下可以近似为理想开关。晶体管开关不仅开关速度高、工作寿命长、且便于自动控制,是构成逻辑门的最主要器件。

1.1.1 晶体二极管的开关特性及应用

一、晶体二极管的开关特性

1. 静态特性

静态特性指二极管稳定导通和截止时的特性。

我们知道,二极管具有单向导电性能。可用静态伏安特性曲线来描述,如图 1.1.1 所示。由图可见:

(1) 当二极管外加正向电压大于门限电压(又称阈值电压、阈电压) V_{th} 时,二极管正向导通。流过二极管的正向电流 i_D 随着 v_D 的增加而迅速增大。且导通后的正向压降基本不变,硅管 0.7V 左右,锗管 0.2V 左右。这时,二极管对外呈现很小的正向电阻 R_D (约为几十~几百 Ω)。二极管相当于一个接通的开关。

(2) 当二极管外加反向电压时,流过二极管的反向电流 I_R 很小且基本不变(硅管小于 $1\mu A$,锗管几十~几百 μA),二极管反向截止。对外呈现很大的反向电阻 R_0 (几百 $k\Omega$ ~几

MΩ)实际上,只要 $v_D < V_{th}$,管子都是截止的。这时二极管相当于一个断开着的开关。

当然,用作开关的二极管是不能工作在反向击穿状态的。

图 1.1.2 是二极管开关电路及近似直流等效电路。控制开关状态的 v_I 为矩形脉冲,当 v_I 为高电位 V_{IH} 时,满足 $V_{IH} > V_{th}$ (硅管约为 0.5V,锗管约为 0.1V)的条件,二极管 D 正向导通,可近似等效为一个具有 0.7V (硅管)压降的闭合了的开关;当 v_I 为低电位 V_{IL} 时,满足 $V_{IL} < V_{th}$,二极管截止,可近似等效为一个断开了的开关。

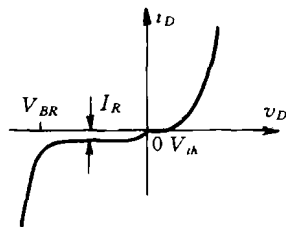


图 1.1.1 二极管伏安特性曲线

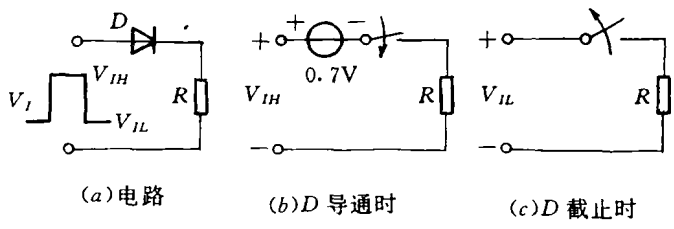


图 1.1.2 硅二极管开关及近似直流等效电路

当 $V_{IH} \gg V_{th}$ 、 $R_0 \gg R$ 时,二极管 D 可近似看作理想开关,或称理想二极管。

2. 动态特性

动态特性指二极管导通与截止两种不同状态之间的转换特性。二极管从反向截止转换到正向导通与从正向导通转换到反向截止相比所需的时间很短,一般可以忽略不计。因此下面只对二极管从正向导通到反向截止的转换过程作一简介。

见图 1.1.3,电路中 R_L 为负载电阻,且 $R_L \gg R_D$, v_I 为矩形脉冲。

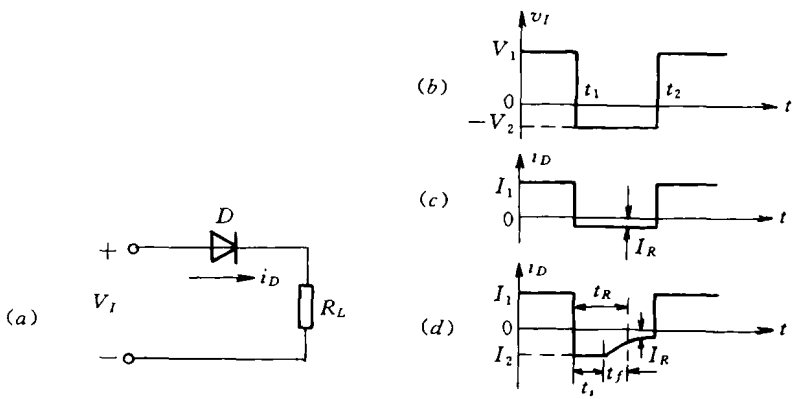


图 1.1.3 二极管的动态特性

当 v_I 从 $+V_1$ 跳变到 $-V_2$ 时,如果二极管是理想开关,则流过二极管的电流波形如图 1.1.3(c)所示。正向导通电流 $I_1 = (V_1 - V_D)/R_L \approx V_1/R_L$ (当 $V_1 \gg V_D$ 时),式中 V_D 为二极管

正向压降。反向电流 $I_R \approx 0$ 。但实际电流波形却如图 1.1.3(d) 所示。 v_I 负跳变瞬间, 反向电流 $I_2 = -V_2/R_L$, 此值较大, 说明二极管仍然是导通的。其值维持一段时间 t_s (存储时间) 后逐渐减小, 再经过一段时间 t_f (下降时间或渡越时间) 后, 反向电流 I_2 的绝对值减小到起始值的 0.1 倍。反向电流由起始值 $-V_2/R_L$ 减小到其的 0.1 倍所经历的时间称为反向恢复时间 t_R 。显然, $t_R = t_s + t_f$, 只有经过 t_R 后, 二极管才由导通转换到了截止状态。

二极管在开关转换过程中所经历的反向恢复时间, 实质上是由于电荷的存储效应所引起。当二极管正向导通时 P 区和 N 区都积累了一定数量的存储电荷, V_I 使二极管反偏时, 这些存储电荷的消散所用时间就是反向恢复时间 t_R 。 t_R 一般为 ns 数量级, 它的存在使二极管的开关速度受到了限制。当 v_I 的频率较高时, 若 t_R 较大, 二极管可能跟不上 v_I 的变化而失去单向导电性能, 如图 1.1.4 所示。只有在 v_I 频率较低或 t_R 远不能与 v_I 的周期相比拟时, 反向恢复时间及其影响才可以忽略不计。

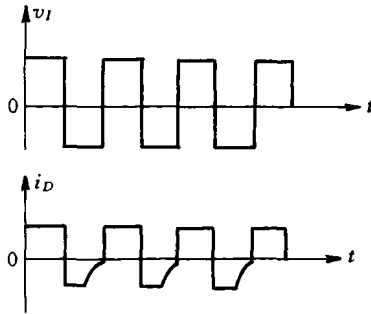


图 1.1.4 二极管失去单向导电性能时的工作波形

在实际应用中, 应根据不同的需要选用不同速度的二极管。在高速电路中应选用开关特性好、 t_R 小的开关二极管, 如 2CK、2AK 等系列的管子。

二、二极管开关特性应用举例

二极管的应用十分广泛。利用其开关特性可以构成二极管限幅器和钳位器。

1. 二极管限幅器

限幅器是一种波形变换或整形电路。当输入信号在一定范围内变化时, 输出电压跟随输入电压相应变化, 完成信号的传输; 而当输入电压超过这一范围时, 其超过的部分被削去, 输出电压保持不变, 实现限幅作用。由于限幅器能将一定范围以外的输入波形削去, 所以限幅器又称削波器。

根据开关元件二极管在电路中的位置不同, 限幅电路有两种基本形式: 一种是串联限幅器, 另一种是并联限幅器。

(1) 串联限幅器, 图 1.1.5 为零偏压串联上限幅电路及工作波形。二极管 D 与负载电阻 R_L 是串联关系。又因 R_L 支路无另加偏压, 故称零偏压串联限幅器。为分析简便起见, 设 D 为理想二极管。在图 1.1.5 中, 当 $v_I \geq 0$ 时, 正向脉冲作用, 二极管反向截止, 输出电压 $v_o = 0$; 而当 $v_I < 0$ 时, 负向脉冲作用, D 正向导通, 可视为理想开关接通, 使 $v_o = v_I$ 。结果是 v_I 波

形中的一部分(t 轴以上或 $0V$ 以上)被削去,保留了 $0V$ 以下的部分作为输出,故称上限幅,且限幅电平为 0 。

若将图 1.1.5(a)中二极管 D 反接,则构成零偏压串联下限幅电路。限幅器将输入电压的下部脉冲削掉,保留 $0V$ 以上的部分作为输出,限幅电平也为 0 。

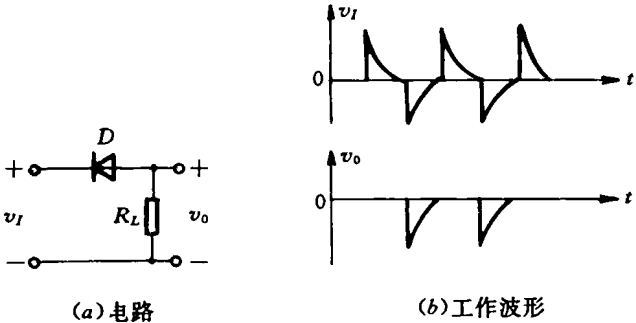


图 1.1.5 限幅电平为 0 的串联上限幅器

图 1.1.6 是一另加偏压 V_1 (可正可负)的串联上限幅电路及工作波形。若设 $V_1 < 0$,则当 $v_I > V_1$ 时 D 截止,输出 $v_o = V_1$ 不变;而当 $v_I < V_1$ 时, D 正向导通,使 $v_o = v_I$ 。结果是 v_I 波形中的 V_1 以上部分被削去,保留的是 V_1 以下部分,限幅电平为 V_1 。

若将图 1.1.6(a)中二极管 D 反接,则构成限幅电平为 V_1 (可正可负)的串联下限幅器。若设 $V_1 = 2V > 0$,则输入波形的 $2V$ 以下部分被削去,保留 $2V$ 以上部分。限幅电平为 $2V$ 。电路及波形如图 1.1.7 所示。

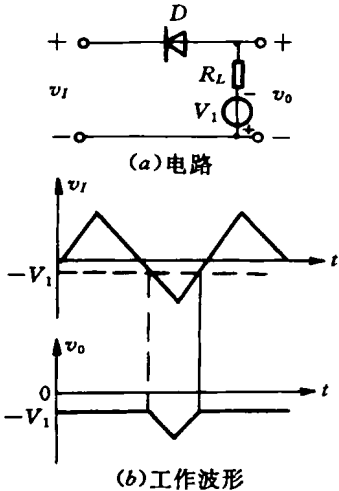


图 1.1.6 限幅电平为 V_1 的串联上限幅器

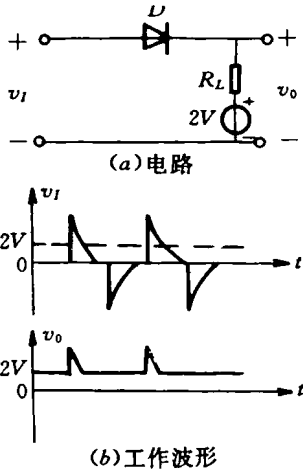


图 1.1.7 限幅电平为 $2V$ 的串联下限幅器

(2) 并联限幅器 当开关元件二极管位于限幅器的并联臂中时便构成并联限幅器。