

高等职业技术电子信息类专业教材

数字电子技术

主编 侯大年 副主编 戴士弘



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

2011

高等职业技术电子信息类专业教材

数字电子技术

主 编 侯大年

副主编 戴士弘

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

全书共 2 篇 11 章。第一篇数字电路应用基础包括:绪论(数字电路概述);门电路;触发器和寄存器;计数器;编码器、译码器、显示器和可编程器件;数字信息采集;数字电路基础知识。第 2 篇数字电路理论基础包括:数字变量与逻辑函数;组合逻辑电路的分析与设计;时序逻辑电路的分析与设计;课程设计(霓虹灯控制电路和数字钟电路)。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻印必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/侯大年主编.-北京:电子工业出版社,1999.7

高等职业技术电子信息类专业教材

ISBN 7-5053-5155-9

I. 数… II. 侯… III. 数字电路-技术教育:高等教育-教材 IV. TN711.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 21064 号

丛 书 名: 高等职业技术电子信息类专业教材

书 名: 数字电子技术

主 编: 侯大年

副 主 编: 戴士弘

责任编辑: 陈晓明

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京朝阳隆华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.75 插页: 1 字数: 428.8 千字

版 次: 1999 年 7 月第 1 版 1999 年 8 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5155-9
G·393

印 数: 6 000 册 定价: 22.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话: 68279077

出版说明

高等职业技术教育是现代教育的重要组成部分。近几年随着社会经济和科学技术的发展,已从客观上提出了发展高等职业技术教育的要求。高等职业技术教育在经历了认识定位和模式创新的阶段之后,开始进入课程建构和教材编写的新阶段。

在教育部职教司教材处的直接领导和电子工业出版社的积极组织下,三所积极发展高等职业技术教育的学校——北京联合大学、上海第二工业大学和深圳职业技术学院组建了教材编写领导小组。

三校教材编写领导小组经过多次研讨,认为目前没有能满足高等职业技术教育需要的现行教材,编写符合高等职业技术教育特点的教材已迫在眉睫。三校对电子信息类专业人才培养目标、职业定位以及电子信息类的内涵等问题达成共识,并将电子信息类教材作为首批开发的选题。

我们组织编写这套教材的原则是:充分探索高等职业教学特点,力图构筑以掌握基本概念、强化实际应用为重点,以获得职业技术所需的最基本、最适用的理论知识,以利于培养学生专业实践的适应能力和应变能力的新课程体系。

编写高等职业技术教育的教材是一个新课题,经验尚不足,希望全国电子信息类高职院校的师生积极提出批评建议,共同探索我国高等职业技术教育的特点和路子,不断提高教材的质量,最终形成电子信息类专业配套的高质量教材。

三校教材编写领导小组

1998年4月

三校教材编写领导小组

组长：牛梦成

组员：高 林 姚家伦 沈耀泉 吴金生
贡文清 朱懿心 戴士弘

前 言

本书是国家教育部职教司组织,为高等职业技术学院电子类、电气类(计算机、通讯、电子技术、电器、机电、自动控制、CAD/CAM)专业编写的电子技术课程系列教材的第三册。

本教材的叙述过程力求反映初学者的认识规律,从初学者的实际水平出发,从最基本的概念和知识出发,从实际问题入手引入知识和理论,从单元电路的构成及其应用,从简单电路到复杂电路,从局部到整体逐渐深入,使初学者对数字电子技术及其应用有一个整体的概念。在掌握数字电路实例的基础上,联系实例对数字电路的理论知识进行详细叙述,在数字电路的分析和设计两方面进一步加深初学者对数字电路的全面认识,提高运用数字电路来分析和解决实际问题的能力。

基于这样的思路,本书分成二篇。在第1篇中,首先介绍了数字电路的基本概念和必要的基础知识;然后按数字电路的基本功能部件,介绍其电路的构成方法、功能、描述方法和实际使用方法。使初学者了解同一类功能部件可以由不同的器件构成,可以有不同的使用方法。在初学者基本掌握了数字电路的各种基本功能部件的不同实际使用方法的基础上,第2篇着重介绍数字电路的理论知识,使初学者进一步掌握比较复杂数字电路的分析和设计方法。通过最后二个课程设计题目,使初学者基本掌握实际数字电路的分析、设计、计算机绘图、印刷电路板的布线和制作、焊接、调试等整个工艺的全过程,同时进一步使初学者熟悉和掌握各种电子仪器的使用方法。

本教材的教学过程应该是“讲、学、做”统一协调的过程。这样便于加深初学者对本书内容的理解,同时也进一步提高初学者的动手能力和分析问题、解决问题的能力。

综上所述,本教材从学生现有水平出发,由浅入深、由感性到理性的叙述方法;采用由讲课到制作、发现问题,解决问题的教学过程;由简单到复杂、理论与实际密切结合、充分发挥学生主动性的教学方法,使初学者比较容易掌握本教材的内容。这不仅反映了高职教育的特点,也反映了初学者认识新事物的普遍规律。所以本书也可供各级、各类学校参考选用和自学者的自学教材。

本教材在构思和编写过程中,得到国家教育部职教司牛梦成同志、华中理工大学康华光教授,电子工业出版社应月燕同志以及深圳职业技术学院领导和有关同志的指导和帮助,特致谢意。

参加本教材编写的人员有张永枫(第2、3、7章)、赵怡滨(第4、5、6章)、侯大年(其它部分及全文统稿),刘文新参与了第11章的部分编写工作,冯小军副教授和朱梅高级工程师参与了本教材的绘图工作,刘金玲和陈冬妮同志参与了本教材的打印工作,戴士弘副教授参与了本教材的审阅工作。

高职教育是个新生事物,由于时间紧迫和水平的限制,书中的错误和缺点在所难免,热烈欢迎读者对本书的任何建议和批评。

编者 1998.12
于深圳职业技术学院

第 1 篇 数字电路应用基础

第 1 章 绪 论

1.1 数字电路概述

1.1.1 数字电路与模拟电路的区别

自然界中绝大多数物理量的变化是平滑、连续的,例如温度、速度、压力、磁场、电场等。许多物理量通过传感器变成电信号后,其电信号的数值相对于时间的变化过程也是平滑、连续的,这种电信号通常称作模拟信号。对模拟信号进行传输、处理的电子线路称作模拟电路。例如,常用的调频、调幅收音机,目前通用的电视信号发射系统和电视机,指针式万用表等等电子设备都是由模拟电路组成的。

数字信号的数值相对于时间的变化过程是跳变的、间断性的。对数字信号进行传输、处理的电子线路称作数字电路。常用的数字显示万用表、数字显示温度计、数字显示电子表等都是由数字电路组成的。

图 1.1 是模拟信号和数字信号的波形图。

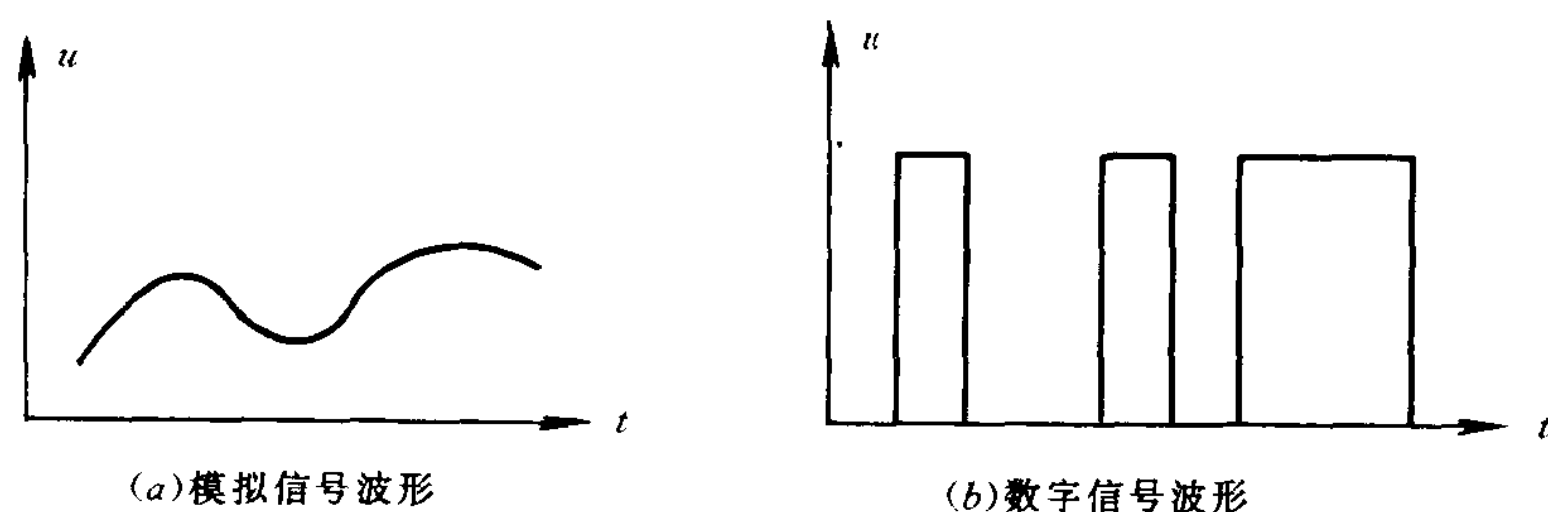


图 1.1 模拟信号和数字信号波形图

从图 1.1 可以看出,模拟信号的电压或电流值是指某一瞬间的值;数字信号的电压或电流值的变化范围通常固定在一个最大值和一个最小值之间,而且最大值和最小值的保持时间不一定是相同的。下面举几个简单的实例来说明数字电路与模拟电路的区别。

1. 模拟电钟与数字钟的区别

图 1.2 是模拟电钟与数字钟的工作原理框图。

从图 1.2 可以看出,指针式电钟是由交流电驱动电机转动,通过各级齿轮传动,带动秒针、分针、时针来指示时间。指针转动角度的变化是连续、匀速的,秒针转动最快,分针其次,时针最慢。数字钟在每秒钟产生一个脉冲式电信号,通过秒计数、分计数、时计数,然后分别用数字显示秒、分、时的读数。

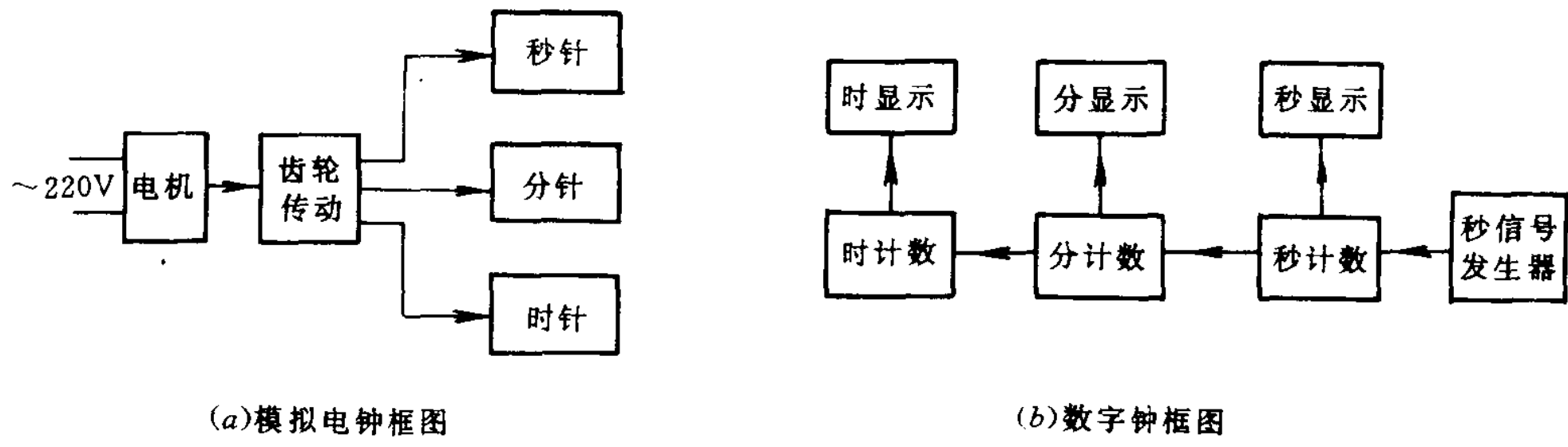


图 1.2 模拟电钟和数字钟框图

2. 普通温度计与数字温度计的区别

图 1.3 是普通指针式温度计与数字式温度计的工作原理框图。

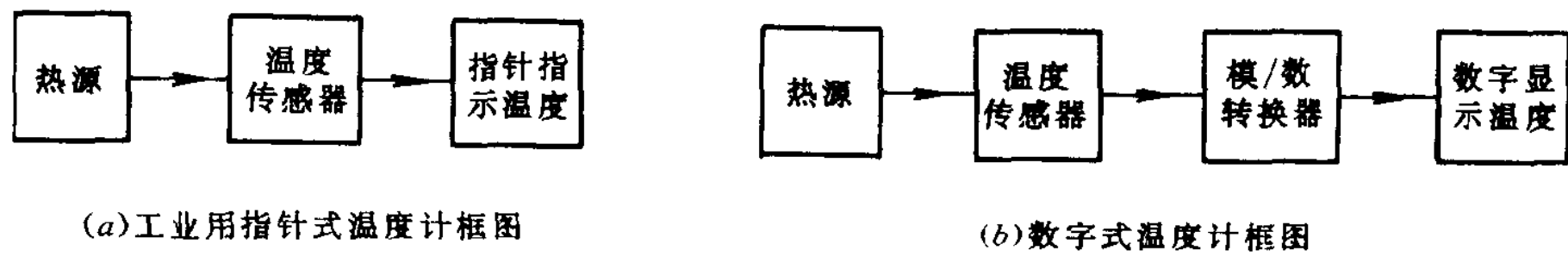


图 1.3 工业用指针式温度计和数字温度计框图

从图 1.3 可以看出,普通工业用指针式温度计的工作原理是:利用温度传感器(例如热电偶)把热源的温度变化转变成随时间变化而连续变化的模拟电信号,通过指针在电表的刻度上读出温度的数值。数字式温度计的工作原理是:将温度传感器产生的模拟电信号,通过模-数转换器后,转换成不连续数字信号,经过数字电路的处理,就以数字来显示温度的数值。

3. 指针式万用表与数字式万用表的区别

图 1.4 是指针式万用表与数字式万用表的工作原理框图

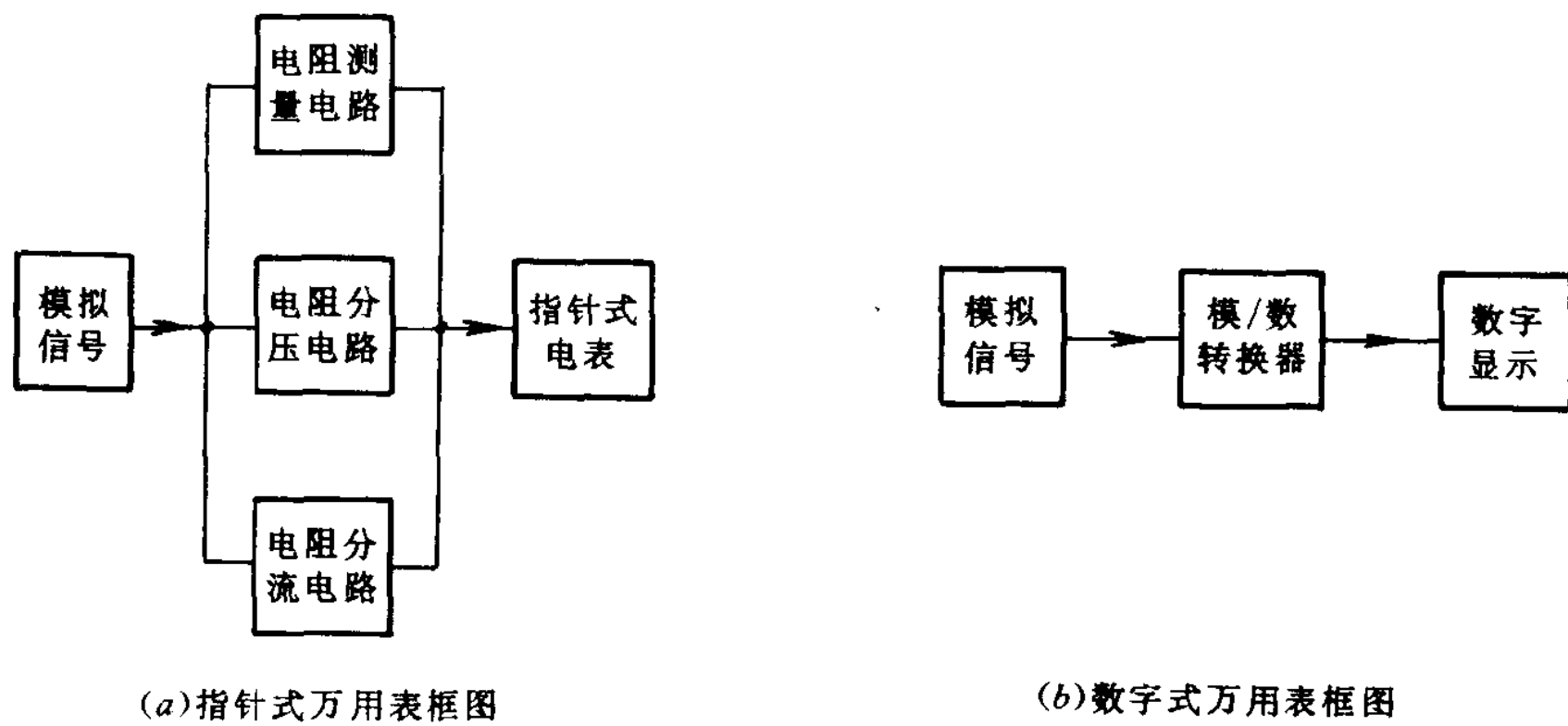


图 1.4 指针式万用表和数字式万用表框图

从图 1.4 可以看出,指针式万用表在测量电阻、电压、电流时要选择被测的参数挡、量程挡

和极性。测得的代表电阻值的电信号和电压、电流值都是模拟信号,然后在电表的刻度上读出连续变化的被测参数的值。数字式万用表只要选择被测参数就可进行测量。测得的代表电阻值的电信号和电压、电流值的模拟信号,通过模-数转换器后,转换成不连续的数字信号,经过数字电路的处理,就以数字形式分别显示测得的电阻值、电压值和电流值及其极性。

1.1.2 数字电路的常用类型

最基本的数字电路是由二极管、三极管、电阻、电容等电子元器件组成。随着集成电路的飞速发展,已有小规模(SSI)、中规模(MSI)、大规模(LSI)和超大规模(VLSI)集成数字电路,目前已生产出功能块性质的数字集成电路。集成电路从应用的角度可分为通用型和专用型两大类。通用型是指已被定型的标准化、系列化的产品,适用于不同的数字设备;专用型是指为某种特殊用途专门设计,具有特定的复杂而完整功能的功能块型产品,只适用于专用的数字设备。数字电路根据所用器件制作工艺的不同,大致又可分为双极型(TTL型)和单极型(MOS型)二类。

1. 组合逻辑电路和时序逻辑电路

根据电路的输入信号与输出信号的关系,数字电路基本上可以分成两大类:组合逻辑电路、时序逻辑电路。

组合逻辑电路的输出信号仅仅和当时的输入信号有直接关系,而且这种直接关系是可以重复的,例如,加法器、数字显示器等。

常用的数字计算器里所用的数字电路是典型的组合逻辑电路。数字计算器加法运算的结果只与输入的两个加数有关,加法运算的结果在显示器上显示出来。这个加法的运算过程和运算结果是可以重复的。数字计算器里所用的运算电路和显示电路都属于组合电路。

时序逻辑电路的输出信号不仅和当时的输入信号有关,而且与输入信号发生变化前的电路状态有关,例如,计数器、寄存器等。

常用的数字钟里所用的时、分、秒计数器就是典型的时序逻辑电路。这里以秒计数器来说明时序逻辑电路的特点。秒计数器每收到一个数字式的秒信号后,就使秒计数器的值加1,当计到59秒时,再收到一个秒信号后,秒计数器就产生一个分信号给分计数器,表示已计到1分钟了,分计数器应该增加1分钟的数值。计数器的输出取决于输入,无输入时,计数器就不计数,保持当前的计数值不变。

2. 逻辑功能器件

逻辑功能器件主要是指专用型这类数字集成电路,例如早期计算机使用的存储器都由各类寄存器组成,但现在使用集成度相当高(即存储容量非常大)的专用的存储器芯片(RAM、ROM)。同样,现在计算机中的各类微处理器(即CPU)、单片机等都是属于功能器件之类的数字电路,有的逻辑功能器件还具有通用性,例如RAM、ROM可广泛地用在各类计算机上;有的逻辑功能器件就只能用在专用的数字仪器设备之中,例如语音处理专用逻辑器件,就专门用来把语言信号转换成数字信号,存储起来,然后再反复播放出来。典型的语音处理逻辑功能器件广泛使用在公共交通工具中的语音提示报站的装置里面。同时应该指出的是:通用型和专用型的概念是相对而言的。

1.1.3 数字信号与数字电路的特点

从图 1.1(b)可以看出,数字信号似乎只以“有”或“无”的情况出现。“有”时为一高电压;“无”时为一低电压。不同时间出现的高电压是相同的,称为高电平;不同时间出现的低电压也是相同的,称为低电平。

图 1.5 为数字信号、数字电路的示意图。

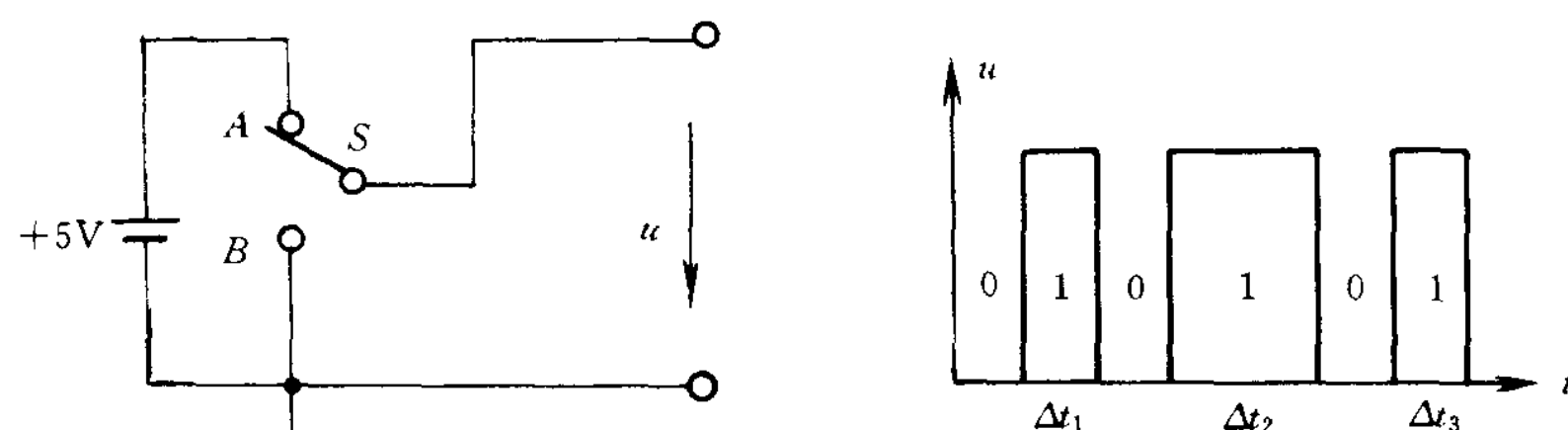


图 1.5 数字信号、数字电路示意图

如图 1.5 所示,在 Δt_1 、 Δt_2 、 Δt_3 ……等时间内,开关 S 接通到 A 点就出现了一系列高电平(+5V);反之,开关 S 从 A 点接通到 B 点就出现了一系列低电平(0V)。

类似图 1.5 所示工作方式的数字电路,在日常生活中是司空见惯的,例如,电灯的开关、继电器、行程开关等很多电器元件都是工作在开关状态,即,其工作状态不是接通,就是断开,只存在二种工作状态。

半导体二极管和半导体三极管也具备接通、断开二种工作状态。半导体二极管正向连接时,处于接通状态;反向连接时,处于断开状态。

半导体三极管工作在截止区时,集电极电流为零,表示处于断开状态;工作在饱和区时, c 极和 e 极接近短路,表示处于接通状态。

数字电路是利用半导体二极管和三极管的接通、断开特性工作的。

由于数字电路只存在断开和接通二种状态,对应的输出电平为高电平和低电平二种,因此在分析数字电路时,我们分别用“1”和“0”来表示高电平和低电平。

1.2 数字钟的基本组成

1.2.1 逻辑框图

图 1.6 是数字钟的基本逻辑框图。有的数字钟还加有定时响铃、整点时数报时等其它功能等,需增配相应的辅助电路。我们用数字钟来进一步说明数字信号和数字电路的工作特点。

1.2.2 计时信号源的组成及功能

计时信号源由振荡器和分频器两部分组成。

振荡器:产生数字钟所需的脉冲信号,即一连串等间隔、等幅度的数字信号,如图 1.7 所示。

分频器:把振荡器产生的脉冲信号分解成按秒产生一个脉冲(即秒信号),供计数器计数用。

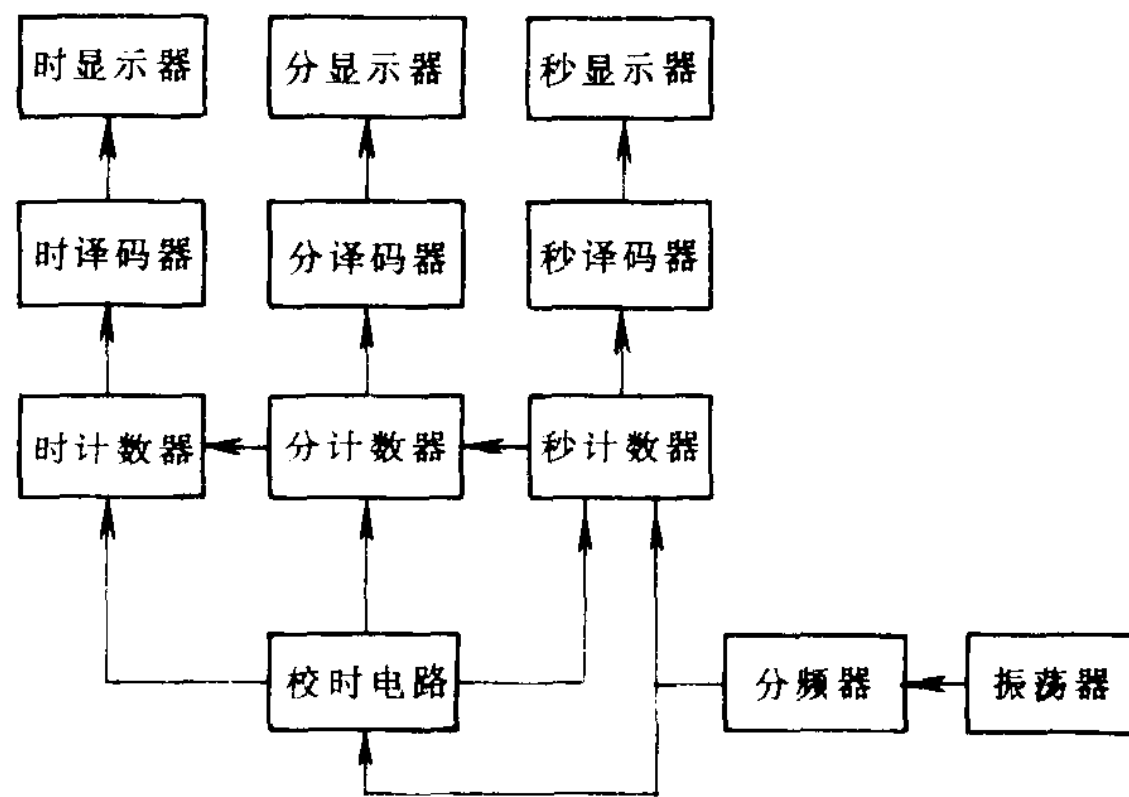


图 1.6 数字钟的基本逻辑框图

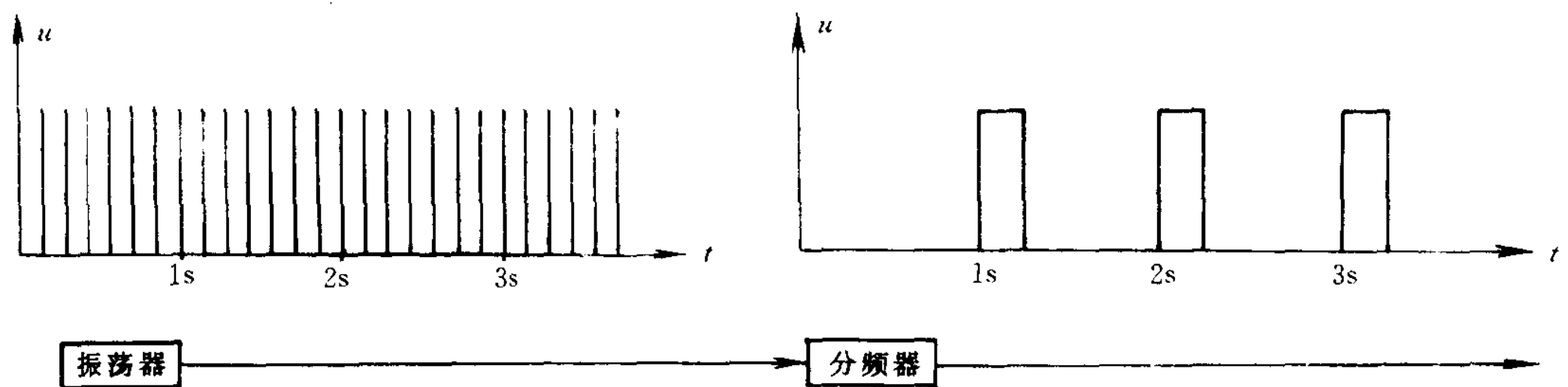


图 1.7 振荡器、分频器的功能示意图

1.2.3 计时器的组成及功能

计时器由秒计数器、分计数器、时计数器组成。

秒计数器:这是一个 60 进制的计数器。每计满 60 个秒信号,表示到了一分钟,即向分计数器发出一个分信号,供分计数器计分。

分计数器:这是一个 60 进制的计数器。每当计满 60 个分信号,表示到了一个小时,即向时计数器发出一个时信号,供时计数器计时。

时计数器:对时信号进行计数。一般计时有两种方式:以 12 小时来计时,再配上上午或下午的指示;另一种以 24 小时来计时。因此,时计数器可以是一个 12 进制计数器,也可以是一个 24 进制计数器。

1.2.4 时间显示器的组成及功能

时间显示器由译码器和显示器组成。

译码器:把计数器中代表秒、分、时的“0”和“1”信号“翻译”成人们日常生活中熟悉的 0~9 数字。

显示器:把译码器产生的 0~9 数字显示出来。

1.2.5 时间校准器的组成及功能

对于因各种原因(例如电池用完等)造成的计时误差,可以利用时间校准器进行时间调整。

数字钟正常工作时,时间校准器不起作用。时间校准器实际上是一个时间预置电路,通过人手干预,将秒、分、时计数器预先调整到某个数值,然后由秒、分、时计数信号控制工作。

数字钟的具体实施电路,因其使用的元器件不同,可以有许多不同的电路组成形式,在本书第2、3、4、5章中将分别详细叙述。

1.3 数字电路中使用的数制简介

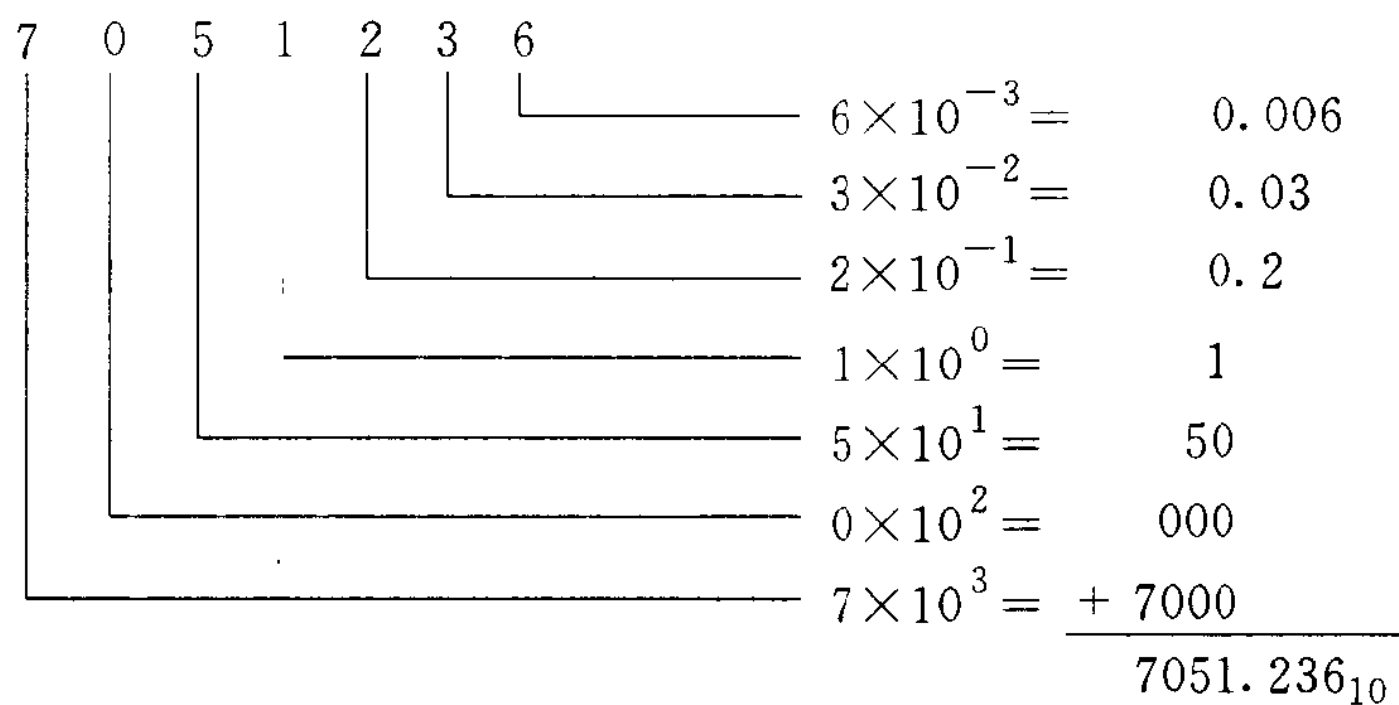
前面提到数字电路常常用“0”和“1”来表示信号电压的低和高,因此在数字电路中使用二进制数,这也符合实际使用的数字电路的工作状态。

下面是一组十进制数: 9823.406_{10} , 下标10表示此数为十进制数,也即该数制的基数为10。

数位加权系数:	10^3	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
数位的数:	9	8	2	3	4	0	6
数位的值:	9000	800	20	3	0.4	0.00	0.006

十进制数的特点是:每个数位的取值为0~9,共计10个数字,所以其基数为10;每个数位都有一个固定的加权系数 10^n (n 可以为0、正整数、负整数);每个数位的值等于该数位所取的数乘以该数位的加权系数。从左向右,每右移一个数位,该数位的加权系数较左边数位的加权系数减小十倍;从右向左,每左移一个数位,该数位的加权系数较右边数位的加权系数增加十倍。

例 1.1 十进制数 7051.236_{10} 的按权展开多项式表示方法



1.3.1 二进制数

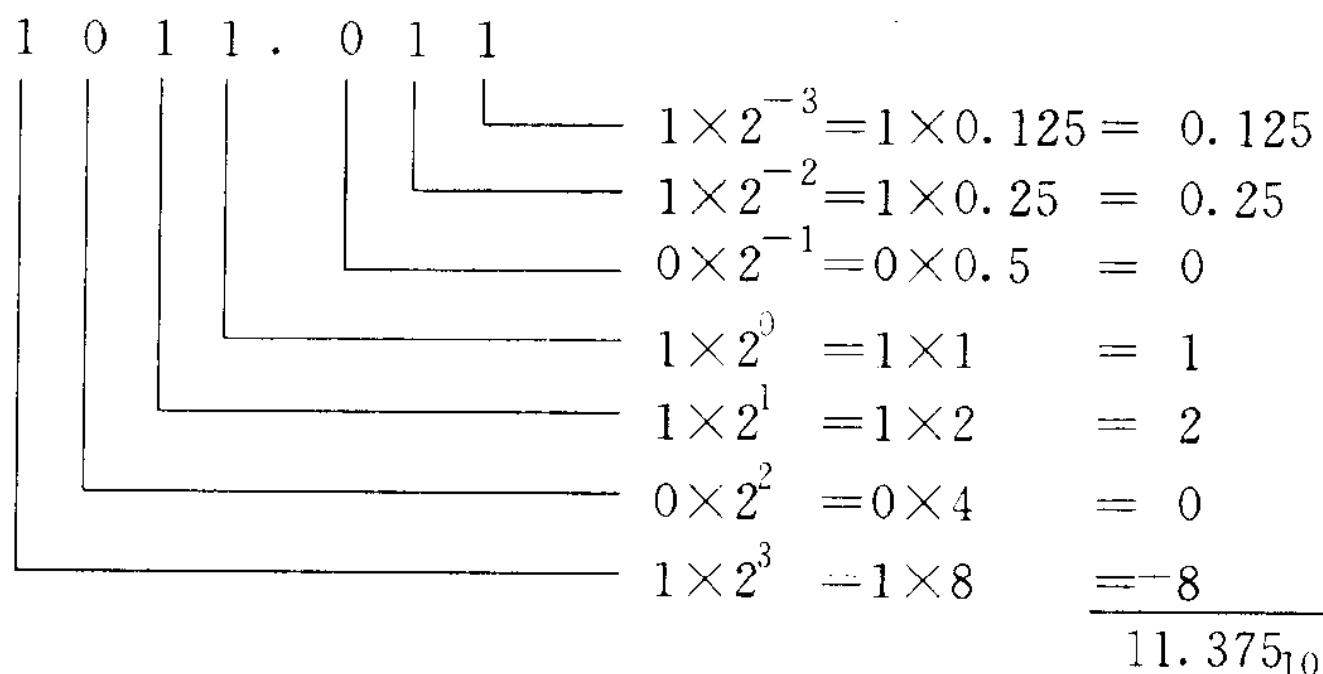
二进制数的位置记数法表示形式为 1011.011_2 , 下标2表示此数为二进制数,也即该数制的基数为2。

数位加权系数:	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
数位的数:	1	0	1	1	0	1	1

二进制数的特点是:每个数位的取值为0和1,共计2个数字,所以其基数为2;每个数都有一个固定的加权系数 2^n (n 可以为0、正整数、负整数);每个数位的值等于该数位所取的数乘

以该数位的加权系数。从左向右,每右移一个数位,该数位的加权系数较左边数位的加权系数减小二倍;从右向左,每左移一个数位,该数位的加权系数较右边数位的加权系数增加二倍。

例 1.2 二进制数 1011.011_2 的按权展开多项式表示方法



通过例 1.2 我们不仅掌握了二进制数的表示形式,也掌握了由二进制数转换成十进制数的方法。

为了便于掌握二进制数转换成十进制数的方法,表 1-1 列出了二进制数的各数位加权系数。

表 1-1 二进制数的数位加权系数表

二进制数位加权系数	...	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	...
十进制数值	...	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125	...

由表 1-1 可以看出,二进制数的数位加权系数以小数点作为分界线,小数点右边的数位加权系数为 $(2)^n$ (n 为负整数);小数点左边的数位加权系数为 $(2)^m$ (m 为 0 和正整数)。同时,每向右移动一个数位,该数位的加权系数较前个数位的加权系数减小二倍;每向左移动一个数位,该数位的加权系数较原数位的加权系数增加二倍。

掌握了二进制数各数位的加权系数特点,在二进制数转换成十进制数时,只要将二进制数位上数字为 1 的该数位加权系数的十进制数值全部加在一起,即可得到其相应的十进制数值。

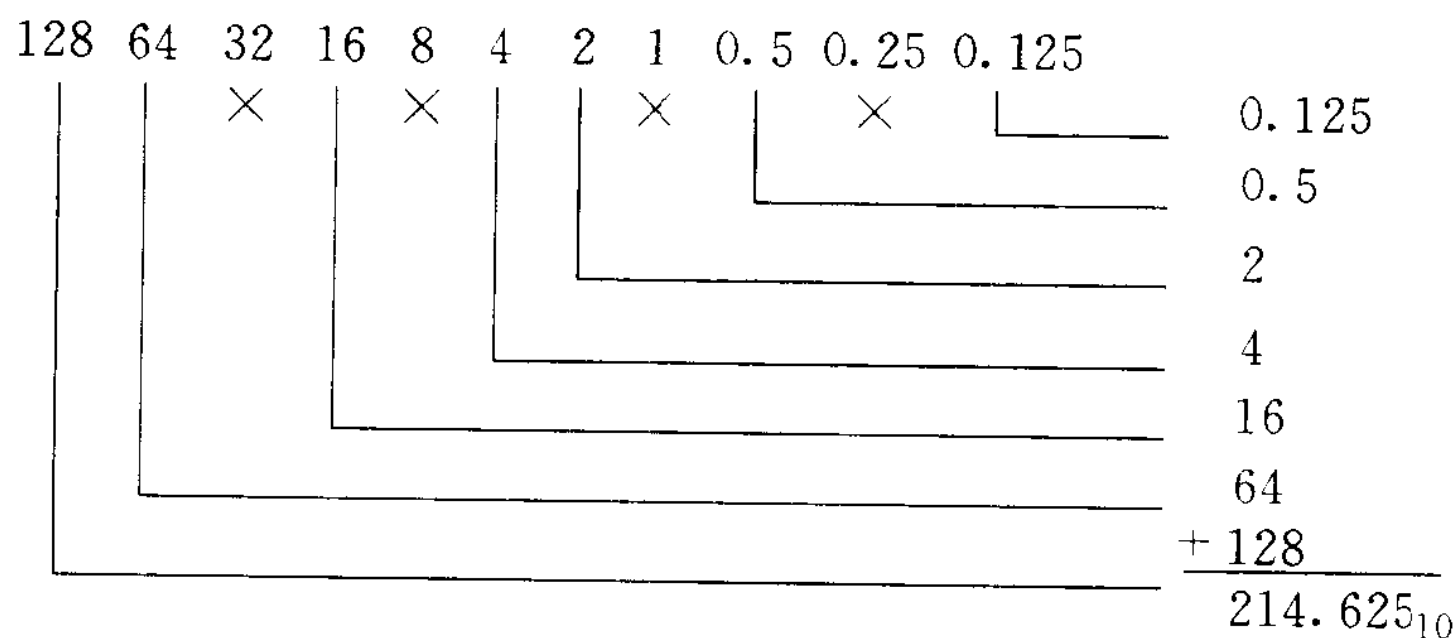
例 1.3 将二进制数 11010110.101_2 转换成十进制数。

二进制数 11010110.101_2 各数位的加权系数和数值如表 1-2 所示。

表 1-2 例 1.3 二进制数的数位数值表

二进制数位的加权系数	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
二进制数位的数	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1
十进制数值	128	64	32	16	8	4	2	1	0.5	0.25	0.125

$11010110.101_2 = 214.625_{10}$



由例 1.3 可以看出,二进制数的基数为 2,小于十进制数的基数 10,一个十进制数用二进制数表示时,需要的二进制数位要比十进制数的数位多。

1.3.2 二进制编码的十进制数(BCD 码)

二进制编码的十进制数,就是用四位二进制数来表示一位十进制数。

表 1-3 4 位二进制数与其对应的十进制数表

四位二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
对应十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
四位二进制数	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
对应十进制数	8	9	10	11	12	13	14	15

从表 1-3 中可看出,4 位二进制数可以表示十进制数 0~15,共 16 个十进制数。这样可以利用 4 位二进制数来表示十进制数的 0~9 十个数字。这种情况在数字电路的实际应用中是常见的。

用四位二进制数来表示一位十进制数的表示方法称为二进制编码的十进制数,通常用符号 BCD 来表示。表 1-4 反映了 BCD 码与十进制数的对应关系。

表 1-4 BCD 码与十进制数的对应关系

BCD 数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

根据 BCD 码的定义,通过下面二个例子可以掌握把十进制数转换成 BCD 码的方法。

例 1.4 把十进制数 803.469_{10} 转换成 BCD 码。

$$\begin{array}{ccccccc}
 8 & 0 & 3 & \cdot & 4 & 6 & 9 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \underline{1000} & \underline{0000} & \underline{0011} & \cdot & \underline{0100} & \underline{0110} & \underline{1001} \\
 803.469_{10} = 10000000011.010001101001_{\text{BCD}}
 \end{array}$$

例 1.5 把十进制数 521.706_{10} 转换成 BCD 码。

$$\begin{array}{ccccccc}
 5 & 2 & 1 & \cdot & 7 & 0 & 6 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \underline{0101} & \underline{0010} & \underline{0001} & \cdot & \underline{0111} & \underline{0000} & \underline{0110} \\
 521.706_{10} = 010100100001.011100000110_{\text{BCD}}
 \end{array}$$

例 1.5 的答案又可写成 10100100001.01110000011 。因为对于某个数制来讲,小数点最左边的 0 和小数点最右边的 0 是不会影响此数制的数值的,因此可以去掉它。从例 1.5 可以看出,BCD 码与二进制数的表示形式毫无区别,因此必须用下标“BCD”或“2”区别这两种不同的数。要注意,标准的 BCD 码,小数点左右二边的位数必须是 4 的整数倍。

通过下面二个例子可以掌握把 BCD 数转换成十进制数的方法。

例 1.6 把 BCD 码 $100101011000.01100011_{\text{BCD}}$ 转换成十进制数。

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{BCD 码} & \underline{1001} & \underline{0101} & \underline{1000} & \cdot & \underline{0110} & \underline{0011} \\
 & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \cdot & \downarrow & \downarrow
 \end{array}$$

十进制数 9 5 8 . 6 3 = 958.63₁₀

例 1.7 把 BCD 码 10001000100.01111_{BCD} 转换成十进制数。

步骤 1: 以小数点为标准, 分别向右、向左将此 BCD 码按 4 位划分成:

100 0100 0100.0111 1

步骤 2: 将小数最右和最左的一组不满 4 位的 BCD 码向右和向左添 0, 补足 4 位。

标准 BCD 码	0100	0100	0100	•	0111	1	000
	↓		↓		↓		↓
十进制数	4		4		4	•	7 8 = 444.78 ₁₀

当给出的 BCD 码的表示形式, 小数点左右二边的位数不是 4 的整数倍时, 必须在小数点最右和最左位置上补 0, 使其成为 4 的整数倍, 才能进行 BCD 码转换成十进制数的工作。

有关各种数制的内容在本书第 8 章内详细叙述。

1.4 数字电路中使用的元器件简介

数字电路使用的元器件与模拟电路是一样的。这两种电路对无源元件, 例如电阻、电容等元件的特性要求无什么区别。但这两种电路对有源元件, 例如二极管、三极管的特性要求有很大的区别。数字电路主要使用二极管、三极管的开关特性, 也就是二极管、三极管工作在截止区和饱和区。

1.4.1 开关二极管介绍

二极管的表示符号及其开关工作特性示意图如图 1.8 所示。

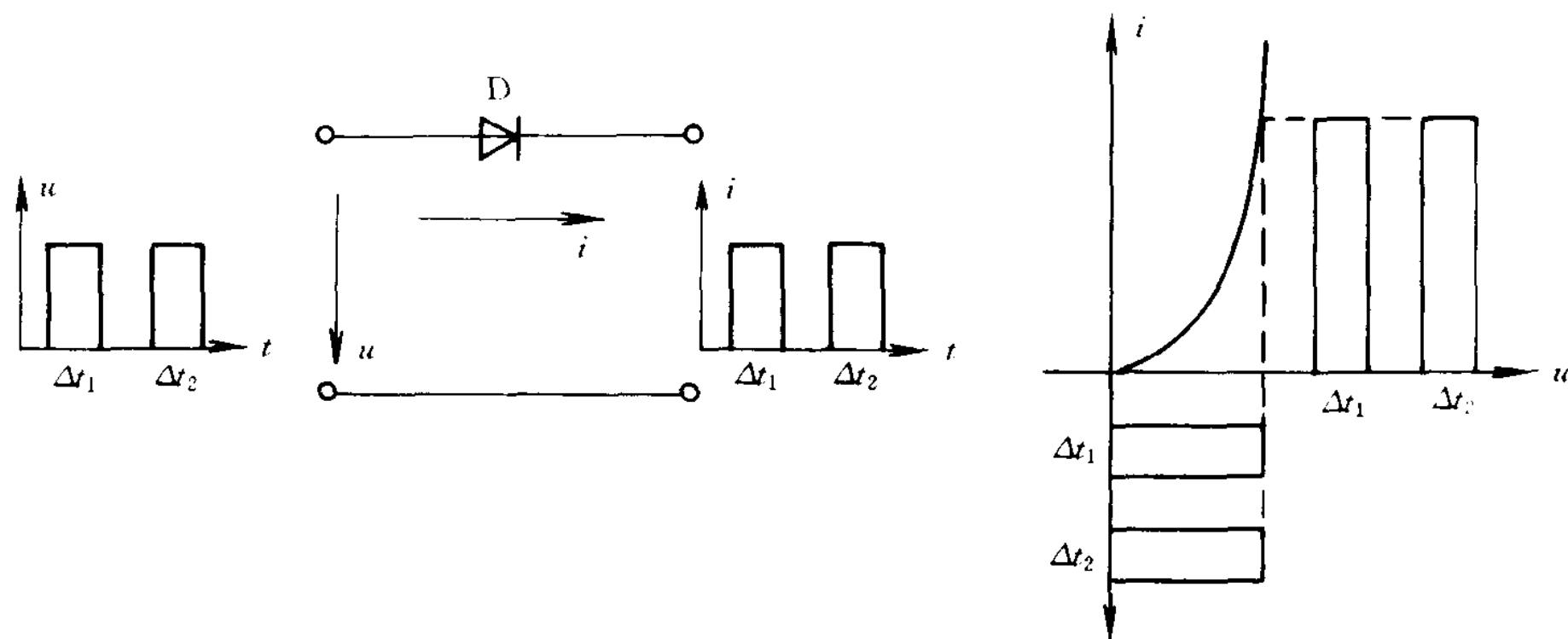


图 1.8 二极管的表示符号及其开关工作特性示意图

从图 1.8 可以看出, 二极管输入电压在 Δt_1 和 Δt_2 时间内是高电平, 二极管 D 正向导通, 二极管的电流值为最大电流; 二极管输入电压在 Δt_1 至 Δt_2 间的时间间隔内是低电平, 二极管 D 处于断开, 二极管的电流值接近最小电流。

在通常情况下, 当硅型二极管两端的正向电压小于 0.5V, 视二极管处于断开状态; 当硅二极管两端的正向电压大于 0.7V, 视二极管处于接通状态。当硅二极管接入电路中, 处于导通工作状态时, 其本身始终具有 0.7V 的压降。二极管的开关工作原理示意图如图 1.9 所示。

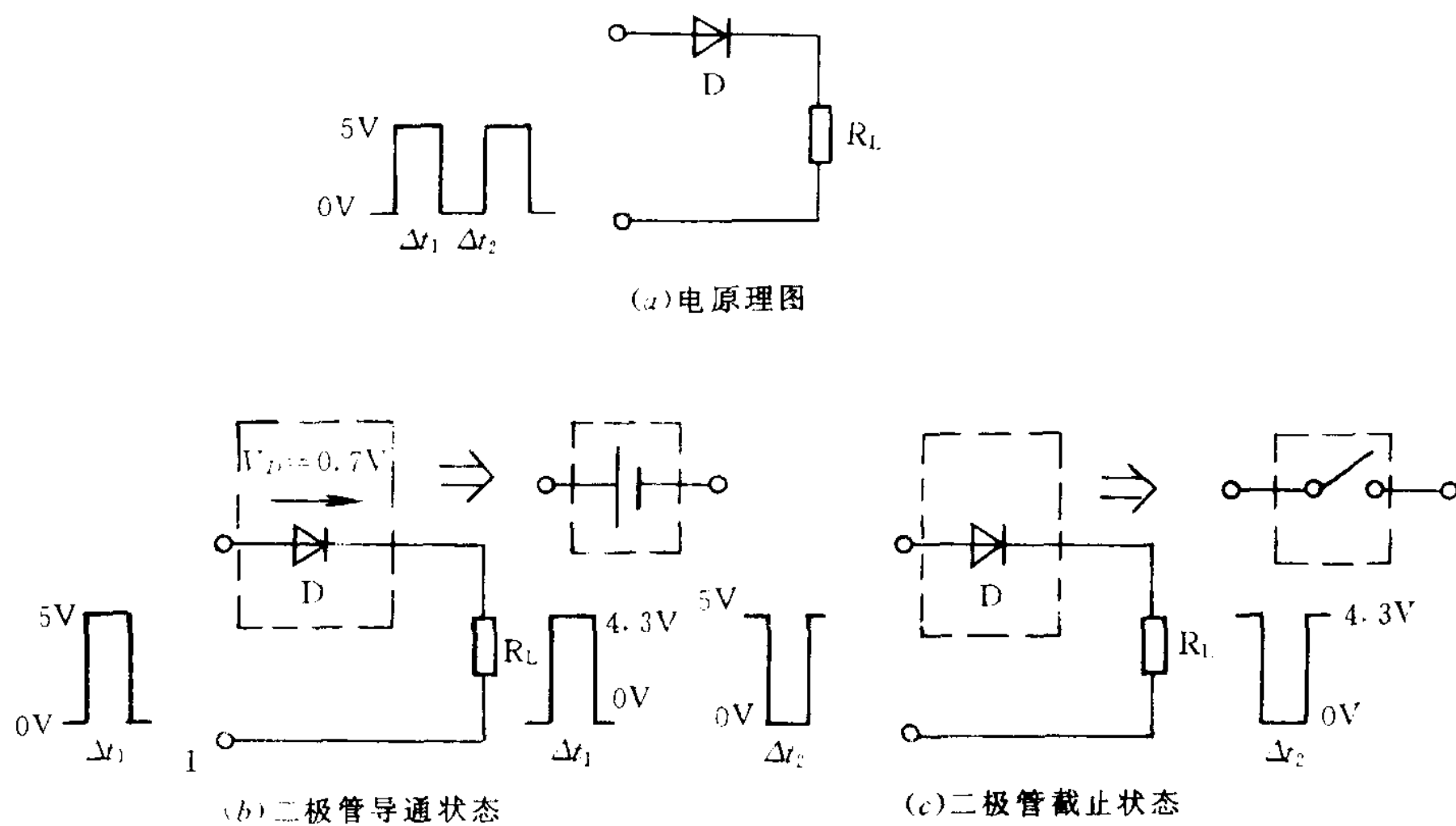


图 1.9 二极管开关工作原理示意图

1.4.2 开关三极管介绍

三极管的表示符号及其开关特性示意图如图 1.10 所示。

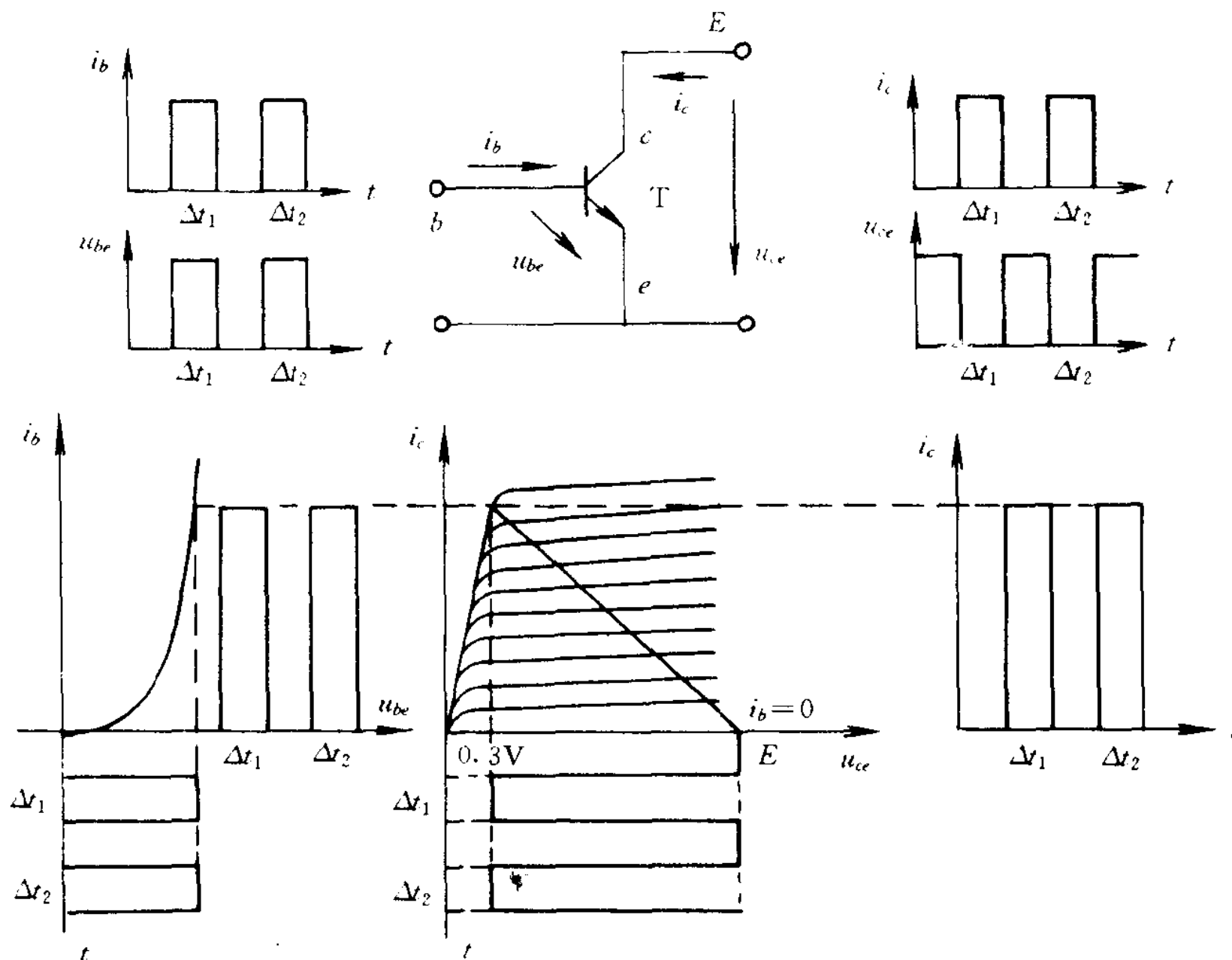


图 1.10 三极管的表示符号及其开关工作特性示意图

从图 1.10 可以看出,在 Δt_1 和 Δt_2 时间内 u_{br} 处于高电平,所以 i_b 处于最大电流,此时 i_c 也处于最大电流,而 u_{ce} 处于低电平,接近 0.3V;在 Δt_1 至 Δt_2 间的时间间隔内, u_{br} 处于低电平,所以 i_b 也处于最小电流,而 u_{ce} 处于高电平,接近电源电压 E 。

三极管开关工作等效电路示意图如图 1.11 所示。

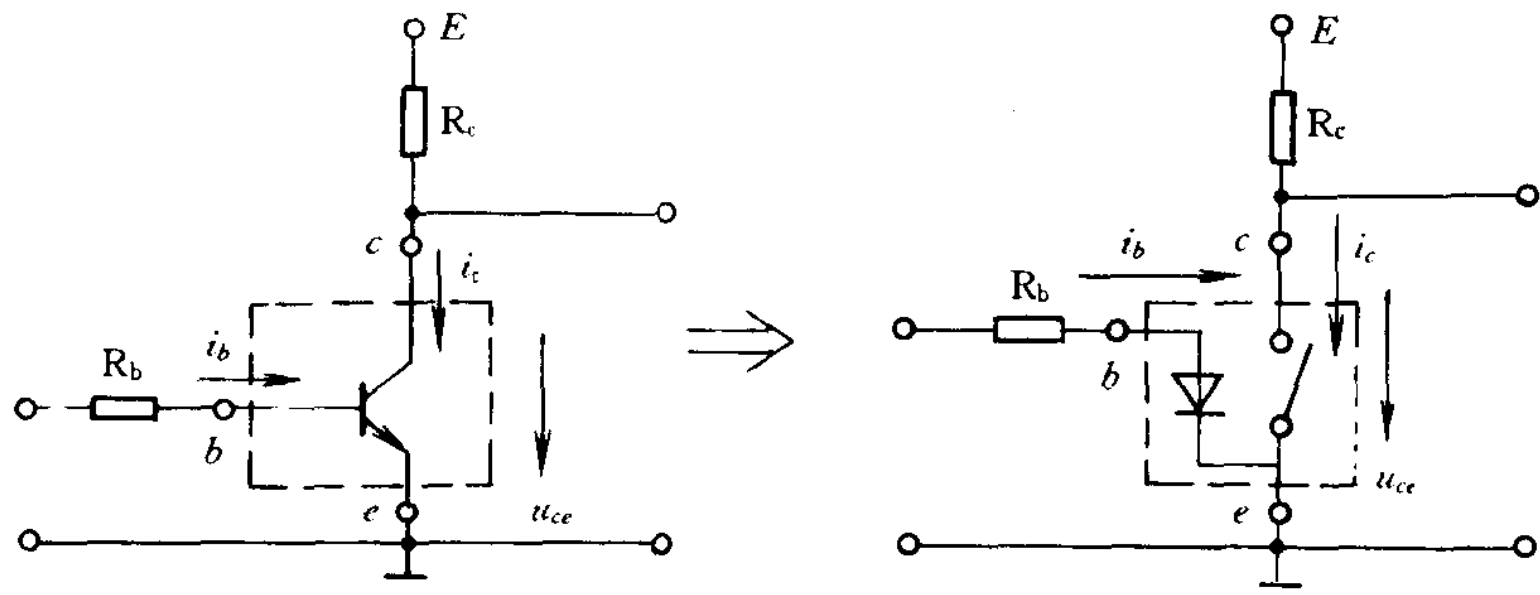
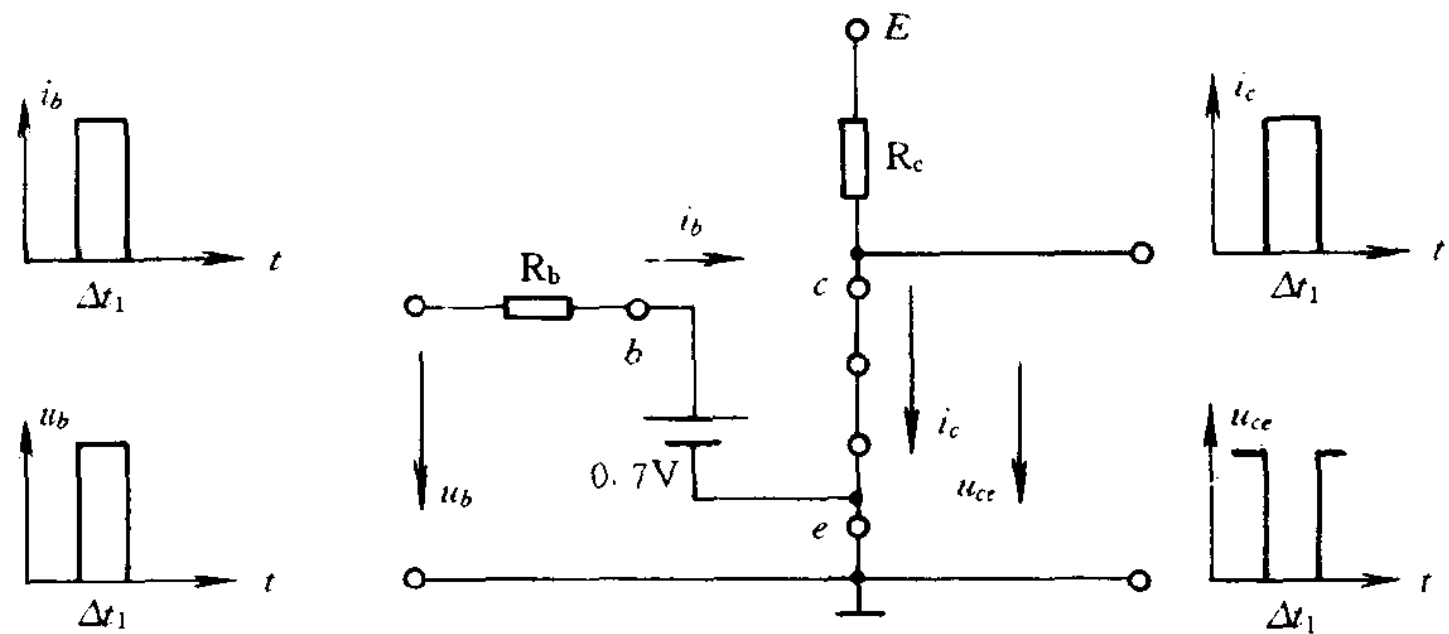


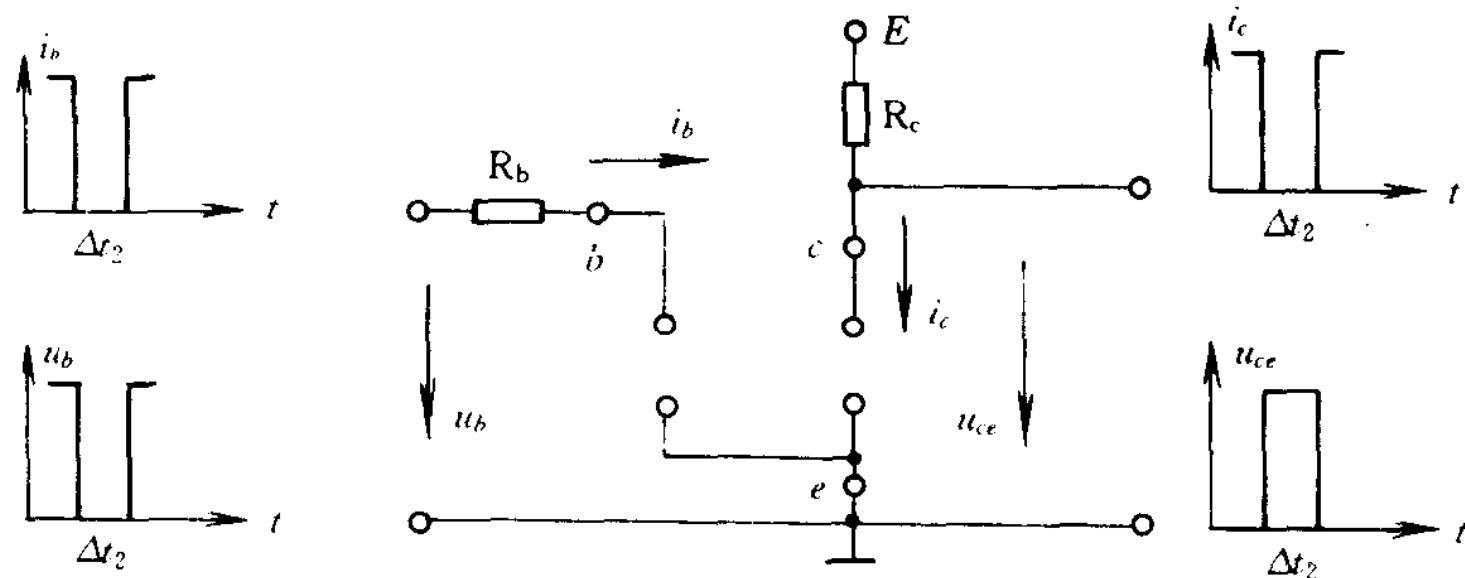
图 1.11 三极管开关工作等效电路示意图

三极管的 be 结相当于一个开关二极管, 通过开关二极管的导通、断开的变化来控制三极管 ce 结的导通、断开工作状态。

三极管开关工作原理示意图如图 1.12 所示。



(a) 三极管导通工作状态示意图



(b) 三极管断开工作状态示意图

图 1.12 三极管开关工作原理示意图

由图 1.12 可知, 在 Δt_1 时间内, 基极输入高电平, be 结导通, 使 u_{be} 为 $0.7V$, 并出现基极电流 i_b 。此时 ce 结相当于短路, 集电极电流 i_c 最大, 而 u_{ce} 接近 $0V$, 通常为 $0.3V$ 。在 Δt_2 时间内, 基极输入低电平, be 结断开, i_b 为 0 , 此时 ce 结开路, i_c 接近 0 , u_{ce} 为高电平。

二极管、三极管是由 P 型和 N 型半导体材料制成, 是属于电流控制有源元件。由于这种类型器件内部存在二种不同的电流载体, 所以又称为双极型器件。双极型器件的特点是在反向加电压时, 始终都存在反向导通电流, 因此在这类器件断开时, 也会有反向电流流过, 但很小。在作定性分析时, 都把此反向导通电流不考虑在内, 但在定量分析和计算时则要考虑在内。