

7509

电子工业工人技术等级培训教材

● (通用教材)

脉冲与数字电路

● 尹自由 主编

● 吴锦纹 主审



电子工业出版社

电子工业工人技术等级培训教材

脉冲与数字电路

尹自由 主编

吴锦纹 主审

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本书重点介绍了脉冲与数字电路基础知识、分立元件脉冲电路及数字集成电路的基本原理和分析方法。内容深入浅出，以讲清物理概念为主，侧重于定性分析。内容包括：脉冲技术基础知识；晶体管的开关特性及其应用；双稳态电路；单稳态电路；多谐振荡器；锯齿波发生器；基本逻辑门电路；逻辑代数；集成电路触发器和计数器；组合逻辑电路等。

本书主要读者对象是从事电子行业的中、高级技术工人，也可供从事有关专业的工程技术人员参考。

电子工业工人技术等级培训教材

脉冲与数字电路

尹自由 主编

吴锦纹 主审

责任编辑 徐德霆

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经营

山东电子工业印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：8.875 字数：190千字

1994年4月第1版 1994年4月第1次印刷

印数：8000册 定价：6.50元

ISBN7-5053-2231-1/TN·651

出版说明

为了适应电子科学技术飞速发展，提高电子工业技术工人素质，劳动部与电子工业部颁发了《电子工业工人技术等级标准》。根据新标准，电子工业部组织有关省市电子工业主管部门和企事业单位有关人员成立了“电子整机专业”，“家用电子产品维修专业”，“真空电子器件、接插件、继电器、绝缘介质专业”，“半导体器件及集成电路专业”，“计算机专业”，“磁性材料、电池专业”，“电子元件专业”共七个工人技术培训教材编审委员会。制定了19个专业、311个工种的教学计划、教学大纲。并根据计划大纲的要求，制定了1993~1995年培训教材编审出版规划。列入规划的教材78种和相应的教学录像带若干种。

这套教材的编写是按“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的要求，以文化课为专业课服务，专业课为提高工人实际操作和分析解决生产实际问题的能力服务为原则。教材既注重了电子工业技术工人要有一定专业理论知识的要求，又克服了以往工人培训教材片面强调理论的倾向；保证了必要的知识传授，又强调了技能培训和解决生产实际问题能力的培养。

这套教材在认真研究了311个工种的共性基础知识要求的基础上，编写了八种统编教材，供311个工种工人进行基础知识培训时选用；并以19个专业为基础，根据每个专业共性的专业知识、专业技能编写了70种教材供311个工种工

人进行专业知识、专业技能培训时使用。

每种教材在反映初、中、高三级技术工人培训的不同要求的基础上，注意了基础知识、专业知识、专业技能培训的系统性。因此，多数教材是初、中、高三级合在一起的，更好地体现由浅入深、由低到高的教学规律。

在教材编写上，针对工人培训的特点，突出教材的实用性、针对性，力求文字简练、通俗易懂。内容上紧密结合教学大纲要求，在讲授理论知识的同时还注意了对生产工艺和操作技能的要求，使教师易于施教，工人便于理解和操作。知识性强的教材，每章后配有练习题和思考题，以便巩固应掌握的知识。技能性强的教材，配有适当的技能训练课题，以便提高工人操作技能。在有关工艺和设备的教材中，主要介绍了通用性较强的内容和典型产品、设备，对于使用这类教材的工厂企业，由于各自的产品、设备不同可自编相应的补充讲义与教材结合起来进行培训。另外，为适应技术发展、工艺改革、设备更新的需要，这套教材在编写中还注意了新技术、新工艺、新设备及其发展趋势，以拓宽工人的知识面。

参加这套教材编审工作的有北京、天津、上海、江苏、陕西五省市电子工业主管部门和河北、河南、山东、山西、辽宁、江西、四川、广东、湖南、湖北等十个省市的有关单位的专家、技术人员、教师等。在此谨向为此付出艰辛劳动的全体编审人员和各地、各单位支持这项工作的领导表示衷心感谢。

由于电子工业的迅速发展，这套教材的涉及面广、实用性强，加之编写时间仓促，教材中肯定有不妥之处，恳请使用单位提出宝贵意见，以便进一步修订，使之更加完善。

电子工业部

1993年7月

绪 论

脉冲与数字技术已广泛应用于计算机、雷达、多路通信、自动控制、测量仪器、家用电器、医疗设备等许多领域。

脉冲与数字技术除具有一般模拟电路共同的特点以外，还有其特殊性。在模拟电子技术中，多数情况下，被放大的信号工作在晶体管特性曲线的线性区域，电路中的电阻、电感、电容等元件起到选择、稳定工作点，或起到耦合、改善频响特性和负载的作用。在脉冲与数字技术中，多数情况下，传输的信号工作在晶体管特性曲线的非线性区域（饱和区域或截止区），晶体管在这里主要起开关作用。脉冲、数字电路中的电阻、电感、电容等元件，在多数情况下，起到产生各种形状和不同间隔的脉冲波的作用。

为便于理解，本书以分立元件为主，对脉冲电路的基本原理进行阐述。因考虑目前数字集成电路工艺的长足进步，数字电子技术日新月异的发展；当前各种类型中、大规模集成电路已得到广泛应用；为适应科技发展和新的工业革命的需要，本书在介绍分立元件电路的同时，对集成电路也作了一定的介绍，主要介绍了它们的功能、外部特性、参数和应用。

我们希望读者通过本书学习，掌握简单的脉冲与数字技术的基本知识、单元电路和波形产生电路的基本原理、集成逻辑门电路的原理和应用。

目 录

绪论	(1)
第一章 脉冲基础知识	(1)
第一节 脉冲的基本概念	(1)
一、脉冲的定义	(1)
二、典型的脉冲参数	(2)
三、脉冲的频谱分析	(4)
四、脉冲的典型应用	(6)
第二节 RC电路	(9)
一、电容器的充电与放电	(9)
二、RC电路的应用	(15)
习题	(20)
第二章 晶体管开关特性及其应用	(21)
第一节 晶体管的开关特性	(21)
一、晶体二极管的开关特性	(21)
二、晶体三极管的开关特性	(26)
第二节 反相器	(32)
一、反相器的组成及工作原理	(32)
二、反相器的工作条件	(33)
三、加速电容的作用	(35)
四、反相器的简单调试	(36)
第三节 限幅器	(37)
一、限幅器的用途	(37)
二、二极管限幅器的原理	(39)

三、三极管限幅器	(43)
第四节 箝位电路	(45)
一、箝位电路的概念	(45)
二、二极管箝位电路	(45)
习题	(49)
第三章 双稳态电路	(50)
第一节 集-基耦合双稳态电路	(50)
一、电路的引出	(50)
二、电路的组成	(52)
三、工作原理	(52)
四、双稳态电路的简单计算和调试	(60)
五、应用举例	(65)
第二节 射极耦合双稳态电路	(68)
一、电路组成	(69)
二、工作原理	(69)
三、回差现象及抑制	(70)
四、射极耦合双稳态电路的简单设计和调试	(73)
五、应用举例	(77)
习题	(78)
第四章 单稳态电路	(79)
第一节 集-基耦合单稳态电路	(80)
一、电路组成	(80)
二、工作原理	(81)
三、电路技术指标分析和简单计算	(85)
四、单稳态电路的调试	(93)
五、应用举例	(95)
第二节 射极耦合单稳态电路	(95)
一、电路组成	(95)
二、工作原理	(96)

三、输出脉冲幅度和宽度的计算	(98)
四、应用举例	(100)
习题	(101)
第五章 多谐振荡器	(102)
第一节 集-基耦合多谐振荡器	(102)
一、电路组成	(102)
二、工作原理	(103)
三、工作周期的计算	(106)
四、多谐振荡器的改进电路	(106)
五、多谐振荡器的简单设计和调试	(109)
六、应用举例	(112)
第二节 射极耦合多谐振荡器	(113)
一、电路组成及工作原理	(114)
二、工作周期的计算	(119)
习题	(21)
第六章 锯齿波发生器	(23)
第一节 锯齿波电压发生器	(23)
一、锯齿波电压的参数	(123)
二、锯齿波电压发生器的基本原理及改善线性的方法	(124)
三、恒流源扫描电路	(127)
四、自举扫描电路	(133)
五、电容负反馈扫描电路	(139)
第二节 锯齿波电流发生器	(143)
一、简单的RL电路	(143)
二、简单的锯齿波电流发生器	(145)
习题	(150)
第七章 基本逻辑门电路	(151)
第一节 晶体管逻辑门电路	(151)
一、二极管门电路	(152)

二、三极管门电路·····	(162)
第二节 集成逻辑门电路 ·····	(166)
一、数字集成电路的特点及分类·····	(166)
二、DTL门电路·····	(167)
三、TTL门电路·····	(169)
四、MOS集成电路·····	(176)
习题·····	(188)
第八章 逻辑代数 ·····	(189)
第一节 数的进制和运算 ·····	(189)
一、二进制的概念·····	(189)
二、二进制数及其运算·····	(189)
三、二进制数与十进制数间的转换·····	(191)
第二节 逻辑代数的基本知识 ·····	(192)
一、逻辑代数基本运算法则·····	(193)
二、逻辑代数的基本定律·····	(195)
三、逻辑函数及逻辑图·····	(196)
四、逻辑函数的公式化简法·····	(202)
五、逻辑函数的图形化简法·····	(205)
习题·····	(215)
第九章 集成电路触发器和计数器 ·····	(216)
第一节 集成电路触发器 ·····	(216)
一、R-S触发器·····	(216)
二、D触发器·····	(221)
三、主从J-K触发器·····	(226)
四、主从R-S触发器·····	(232)
第二节 计数器 ·····	(234)
一、集成电路二进制计数器·····	(234)
二、集成电路二-十进制计数器·····	(238)
三、寄存器和移位寄存器·····	(242)

习题	(247)
第十章 组合逻辑电路	(248)
第一节 编码、译码电路、显示电路和 运算电路	(248)
一、编码电路的概念	(248)
二、译码电路	(250)
三、分配器	(259)
四、显示电路	(261)
五、运算电路	(264)
第二节 组合逻辑电路	(267)
一、组合逻辑电路的概念	(267)
二、组合逻辑电路的简单分析方法	(267)
三、基本设计方法	(270)
习题	(271)

第一章 脉冲基础知识

第一节 脉冲的基本概念

一、脉冲的定义

(一) 什么叫脉冲

从字面上理解，“脉冲”二字具有脉动和短促的意思。通常是指作用时间极短的电压或电流。它可以是周期性的，也可以是非周期性的。常见的脉冲波形有方波、矩形波、锯齿波、尖顶波、微分波、阶梯波等。如图1-1所示。

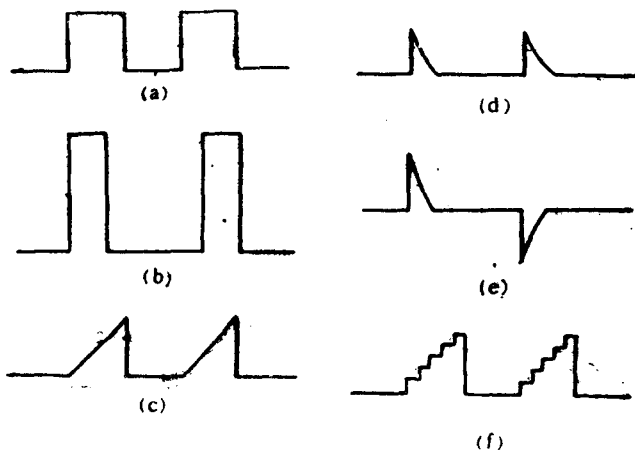


图1-1 常见的脉冲波形

- (a) 方波 (b) 矩形波 (c) 锯齿波 (d) 尖顶波
(e) 微分波 (f) 阶梯波

(二) 理想的脉冲波形

一个理想的脉冲，其变化是非常快的。图 1-2 所示的矩形波就是一个理想的脉冲。它在 t_1 时由 0 突变至 A ，延续到

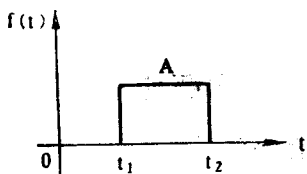


图 1-2 理想的脉冲波形

在 t_2 时，又从 A 突变回 0。实际上，这样一个理想的跳变脉冲是不存在的。因为脉冲的跳变总需要一定的时间，不可能在瞬间完成。同时脉冲顶部也不可能绝对平坦，在脉冲延续时间内总会有降落，有时在脉冲的前后沿还存在着阻尼振荡。

二、典型的脉冲参数

为表示各种各样的脉冲波形特征，这里以最典型的脉冲波形——矩形波为例，介绍脉冲的几个主要参数。如图 1-3 所示。

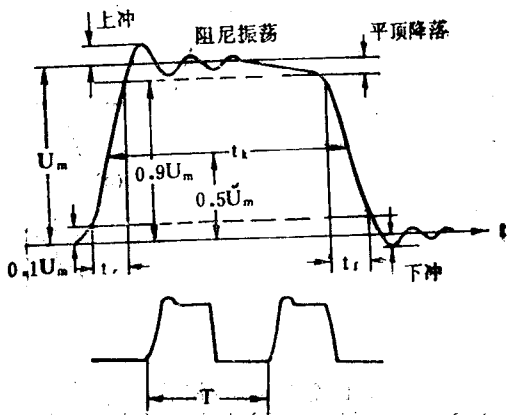


图 1-3 典型的脉冲参数

(一) 脉冲幅度 U_m

脉冲由一个稳态值跃升(或下降)到另一个稳态值的幅度变化的量值称为脉冲幅度,用字母 U_m 表示。单位为伏〔特〕(V)、毫伏(mV)、微伏(μ V)等。它可以是正值,为正脉冲;也可以是负值,为负脉冲。

(二) 脉冲上升时间 t_r

脉冲从幅度的10%处上升到幅度的90%处所需的时间称为脉冲上升时间,用字母 t_r 表示。单位为毫秒(ms)、微秒(μ s)、毫微秒(ns)等。

(三) 脉冲下降时间 t_f

脉冲从幅度的90%处下降到幅度的10%处所需的时间称为脉冲下降时间,用字母 t_f 表示。单位为毫秒(ms)、微秒(μ s)、毫微秒(ns)等。

(四) 脉冲宽度 t_k

脉冲幅度50%处的宽度(持续时间)称为脉冲宽度,用字母 t_k 表示。单位为毫秒(ms)、微秒(μ s)、毫微秒(ns)等。

(五) 脉冲周期 T

相邻脉冲重复出现时,其相应处的间隔时间称为脉冲周期,用字母 T 表示。单位为秒(s)、毫秒(ms)、微秒(μ s)、毫微秒(ns)等。

周期的倒数称为脉冲重复频率,用字母 f 表示, $f = \frac{1}{T}$ 。频率的单位为赫〔兹〕(Hz)、千赫(kHz)、兆赫(MHz)等。

(六) 脉冲宽度比 D

脉冲波形在一个周期内,脉冲周期 T 与脉冲宽度 t_k 的比值称为脉冲宽度比,用字母 D 表示, $D = \frac{T}{t_k}$ 。

(七) 上冲

在脉冲波上升之后，阻尼振荡的最大振幅称上冲。用上冲量最大的幅值与脉冲幅度之比的百分数来表示。

(八) 下冲

在脉冲波下降之后，阻尼振荡的最大振幅称下冲。用下冲量最大的幅值与脉冲幅度之比的百分数来表示。

(九) 平顶降落

整个脉冲顶部的总下降量称为脉冲平顶降落或平顶下降。用脉冲顶部的总下降量与脉冲幅度之比的百分数来表示。

三、脉冲的频谱分析

所谓脉冲的频谱，是指脉冲波形中所包含的各种频率正弦波幅度的分布。

一般的讲，一个矩形脉冲波是由上升沿、平顶和下降沿三部分组成。显然，上升沿和下降沿的变化速率是非常快的，相对而言，平顶部分的变化速率是缓慢的。必须指出，任意一个周期性的脉冲波形可以用数学方法(傅里叶级数)分解成无限多个不同幅度、不同频率的正弦波和余弦波之和。它包含基波分量和谐波分量。所谓基波，就是频率为脉冲重复频率的正弦波分量，其余分量均称为谐波。各次谐波的振幅不同，并随着谐波次数的增高而逐渐减小。可以这样说，一个脉冲波形可以看作是由基波以及与基波频率成整数倍的无数次谐波(奇次谐波)叠加而成。

例如，有三个频率比为1:3:5，幅度比为5:3:1的正弦波相叠加即：

$$u(t) = U_m \sin \omega_0 t + \left(\frac{U_m}{3} \right) \sin 3\omega_0 t + \left(\frac{U_m}{5} \right) \sin 5\omega_0 t$$

叠加后的波形接近于对称的矩形波，如图1-4所示。

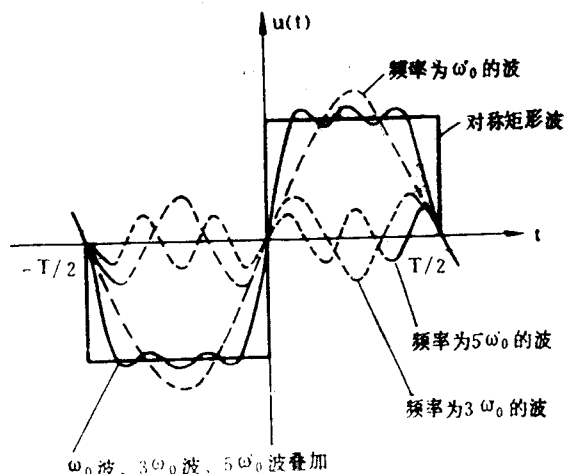


图1-4 三个不同频率正弦波的合成

如按一定规律叠加的正弦波分量越多，其波形就越接近于对称的矩形波。实际上，对称的矩形波是由下列无限多个正弦分量所组成：

$$u(t) = U_m \sin \omega_0 t + \frac{U_m}{3} \sin 3\omega_0 t + \frac{U_m}{5} \sin 5\omega_0 t + \dots$$

$$+ \frac{U_m}{2n-1} \sin(2n-1)\omega_0 t + \dots$$

式中， $U_m \sin \omega_0 t$ 为基波； $\frac{U_m}{3} \sin 3\omega_0 t$ 为三次谐波； $\frac{U_m}{5} \sin 5\omega_0 t$ 为五次谐波。

关于谐波的概念，对我们今后分析脉冲波形是很有用处的，它把脉冲的暂态过程和稳态的正弦过程有机的联系起来

来了。

实验证明，脉冲的上升和下降时间愈短，谐波的次数愈多，高次谐波的频率就愈高，所占带宽愈宽。

四、脉冲的典型应用

脉冲和数字技术的应用范围是非常广泛的，而且还在不断地扩大和发展。现举例说明。

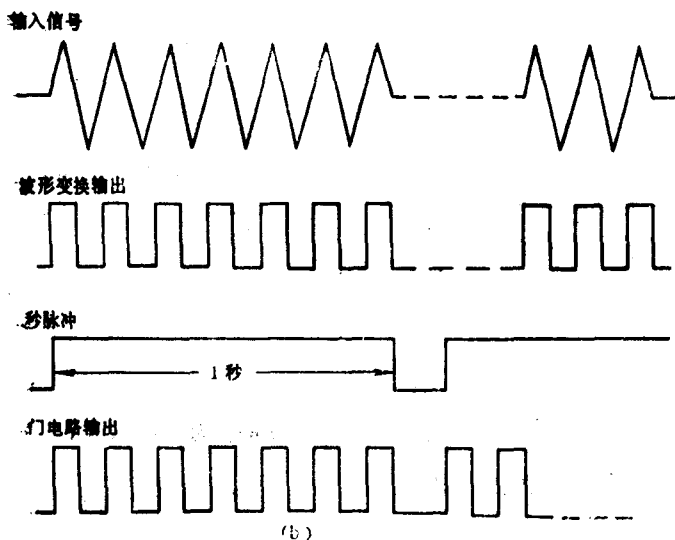
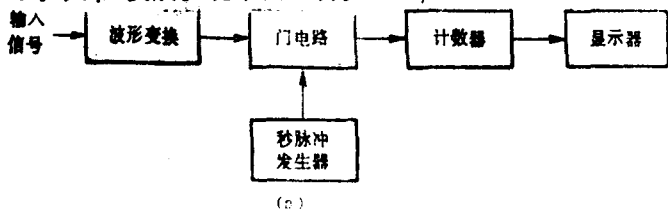


图1-5 数字式频率计的方块图和波形图
(a) 方块图 (b) 波形图