



北京工业学院电视教育小组 编

半导体电路基础

(第三册)

第一分册

科学出版社

内 容 简 介

本书是为教育部和中央广播电视事业局共同举办的电视教育讲座编写的电子技术教材。

本书共分四册。第一、二册为半导体低频放大电路，第三、四册为脉冲及数字电路。

第三册分二个分册，内容主要包括二极管和三极管的开关特性，限幅和箝位电路，双稳态和单稳态触发电路，自激多谐振荡器和同步分频电路，间歇振荡器，锯齿波发生器等。

本书可供具有中等文化程度的工人、知识青年阅读，也可供大专院校、中等专业学校有关专业的师生参考。

半 导 体 电 路 基 础

(第三册 第一分册)

北京工业学院电视教育小组 编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年 6月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1980年 6月第一次印刷 印张：5 1/2

印数：0001—265,800 字数：120,000

统一书号：15031·209

本社书号：1282：15—7

定 价： 0.46 元

目 录

绪言	1
第九章 RC 电路	7
第一节 RC 电路的充放电过程	7
一、RC 电路的充放电波形	8
二、RC 电路充放电的数学表达式	9
三、时间常数 τ	11
四、计算举例	13
第二节 几种简单的 RC 电路	15
一、两种基本形式	15
二、RC 耦合电路	18
三、RC 微分电路	20
四、RC 积分电路	24
第三节 RC 分压器	26
小结	31
思考题	32
练习题	33
第十章 半导体二极管和三极管的开关特性	36
第一节 半导体二极管的静态特性	36
第二节 二极管的开关动态特性	39
第三节 二极管的开关参数	42
第四节 半导体三极管的开关静态特性	44
一、开关工作时的三个状态	44
二、温度对三个工作状态的影响	52
三、半导体三极管开关运用的等效电路	53

第五节	半导体三极管的动态特性	54
第六节	开关三极管的参数	65
第七节	加速电容的作用和容性负载的影响	68
一、	加速电容的作用	68
二、	容性负载的影响	71
第八节	倒相器	73
一、	倒相器电路的工作原理	74
二、	输出有箝位电路的倒相器	78
三、	抗饱和式倒相器	79
第九节	脉冲电路中使用的射极跟随器	81
一、	单管射极跟随器	81
二、	互补式射极跟随器	83
小结	.....	84
思考题	.....	85
练习题	.....	85
第十一章	限幅电路和箝位电路	87
第一节	限幅电路的用途和分类	87
第二节	二极管限幅电路	90
一、	理想二极管限幅电路	90
二、	实际二极管限幅电路	95
三、	寄生电容对二极管限幅电路的影响	97
第三节	三极管限幅电路	99
一、	单管限幅电路	99
二、	射极耦合限幅电路	103
第四节	二极管箝位电路	105
一、	从 RC 耦合电路到箝位电路	105
二、	二极管的箝位原理	107
三、	负向箝位电路分析	108
四、	从充放电荷平衡看影响箝位效果的因素	110
五、	任意电平箝位电路	112

第五节	实际箝位电路和参数的估算	114
第六节	窄脉冲的箝位问题	120
第七节	三极管箝位电路	123
小结	.....	124
思考题	.....	127
练习题	.....	129
第十二章	双稳态触发电路.....	133
第一节	集基耦合双稳态触发电路	134
一、	电路的构成	134
二、	工作原理	135
三、	稳态条件	138
四、	转换条件	142
第二节	工作速度	145
第三节	触发方式	150
一、	基极触发	150
二、	集电极触发	155
第四节	负载影响	157
第五节	计算举例	160
小结	.....	166
思考题	.....	167
练习题	.....	167

目 录

第十三章 射极耦合双稳态触发电路	171
第一节 工作原理	172
第二节 稳定工作条件	175
一、 BG_2 饱和, BG_1 截止的条件	175
二、 BG_2 截止, BG_1 饱和的条件	177
第三节 射耦双稳电路的用途	178
一、波形变换	178
二、幅度鉴别	180
三、整形	181
第四节 回差特性	182
一、回差产生的原因	182
二、回差对电路性能的影响	187
三、控制回差电压的方法	188
第五节 射耦双稳态电路举例	189
一、计算公式	189
二、计算举例	190
三、调试	194
小结	194
思考题	195
练习题	196
第十四章 单稳态触发电路	198
第一节 集-基耦合单稳态电路	199
一、工作原理	199
二、稳态工作条件	202
三、暂态工作条件	204

四、输出脉冲宽度和幅度	205
五、瞬时击穿问题	207
六、恢复时间	208
七、计算举例	209
第二节 射极耦合单稳态电路	213
一、工作原理	214
二、稳态工作条件	216
三、暂态工作条件	217
四、输出脉冲宽度和幅度	219
五、恢复时间	222
六、计算举例	222
小结	227
思考题	227
练习题	228
第十五章 自激多谐振荡器与同步分频	231
第一节 集-基耦合自激多谐振荡器	232
一、工作原理	232
二、主要参数	234
三、提高上升边沿上升速率的措施	235
第二节 射极耦合自激多谐振荡器	237
一、工作原理	238
二、工作周期	240
第三节 自激多谐振荡器的计算与调试	243
一、计算公式	243
二、计算举例	243
三、调试	245
第四节 脉冲的同步与分频	246
一、单稳态电路的同步与分频	248
二、自激多谐振荡器的同步与分频	249
三、影响分频系数稳定的因素	250

小结	252
思考题	253
练习题	253
第十六章 间歇振荡器	256
第一节 脉冲变压器	257
一、脉冲电流通过变压器的物理过程	257
二、等效电路	258
三、等效参数	258
第二节 工作原理	260
第三节 自激间歇振荡器的电路参数	264
一、脉冲宽度	264
二、影响脉冲宽度的因素	266
三、前沿对波形的影响	268
四、后沿对波形的影响	269
五、休止期和重复周期	270
第四节 他激间歇振荡器	271
一、工作原理	271
二、电路参数	273
三、输入电路	275
第五节 解耦电路和阻尼电路	276
一、解耦电路	276
二、阻尼电路	277
小结	278
思考题	278
练习题	279
第十七章 锯齿波产生电路	281
第一节 锯齿波电压的特点和产生的方法	283
第二节 简单锯齿电压产生电路	286
一、工作原理和波形图	286
二、波形分析和计算	287

三、简单锯齿电压产生电路的非线性系数	288
第三节 通过恒流元件充电的锯齿电压产生电路	290
一、电路组成和工作原理	291
二、电路非线性系数和稳定性	293
三、参数选择原则	294
四、电路举例	295
第四节 正向补偿锯齿波电路	297
一、电路构成和工作原理	298
二、非线性系数	303
三、正向补偿锯齿波电路参数选择原则	306
四、电路举例	307
第五节 负向补偿锯齿波电路	309
一、电路的构成和工作原理	310
二、非线性系数	312
三、电路举例	314
四、密勒原理	317
小结	320
思考题	321
练习题	322
第十八章 负阻器件及其在脉冲电路中的应用	323
第一节 单结晶体管	323
一、单结晶体管工作原理	324
二、单结晶体管伏安特性	325
第二节 单结晶体管的应用	326
一、单结晶体管工作点的稳定性	326
二、单结晶体管自激振荡器	328
第三节 可控硅	334
一、可控硅工作原理	335
二、可控硅特性曲线	337
三、电压增长率对转折电压 U_{BO} 的影响	339

四、控制极特性	340
五、可关断可控硅	342
第四节 可控硅应用	342
一、可控硅作开关	342
二、可关断可控硅构成的双稳态电路	344
第五节 实用电路举例	344
一、单结晶体管振荡器	344
二、可控硅实用电路	345
小 结	347
复习思考题	348
练习题	348

目 录

第十九章 逻辑门电路	351
第一节 二进制数的基本概念	351
第二节 逻辑变量、函数、真值表	353
第三节 分立元件逻辑门电路	355
第四节 集成逻辑门电路	363
第五节 MOS、CMOS 与非和或非门电路	392
第六节 用逻辑门构成的脉冲波形产生电路	403
第七节 实用电路举例	409
小 结	410
思考题	411
练习题	412
第二十章 布尔代数和卡诺图	416
第一节 关于逻辑变量、常量和真值表的回顾	416
第二节 逻辑代数简介	417
第三节 用逻辑代数对逻辑函数进行化简	433
第四节 用图解法化简逻辑函数	435
第五节 组合逻辑设计举例	455
第六节 关于逻辑函数化简尚需解决的问题	460
第七节 用组合逻辑电路构成加法器	462
小 结	465
思考题	466
练习题	467
第二十一章 集成电路触发器	469
第一节 R-S 触发器(复位-置位触发器)	469
第二节 时钟脉冲驱动的 R-S 触发器	476

第三节	$J-K$ 触发器	480
第四节	主-从 $J-K$ 触发器	487
第五节	D 触发器	491
第六节	T 触发器	497
第七节	触发器激励表	499
第八节	触发器的应用举例	503
小 结	.....	508
思考题	.....	509
练习题	.....	509
第二十二章	计数器和寄存器	512
第一节	二进制异步计数器——加、减和双向计数器 ..	513
第二节	二进制同步计数器	520
第三节	任意进制计数器	524
第四节	同步十进制计数器	528
第五节	存贮寄存器	537
第六节	移位寄存器	538
第七节	双向移位寄存器	541
小 结	.....	543
思考题	.....	544
练习题	.....	545
第二十三章	数码显示	546
第一节	二-十进制译码器	546
第二节	七字段显示译码器	551
第三节	显示器件	556
小 结	.....	561
思考题	.....	562
练习题	.....	562
第二十四章	数字-模拟和模拟-数字变换	563
第一节	数字-模拟变换器	563
第二节	模拟-数字变换器	572

小 结	579
思考题和练习题	580
脉冲与数字电路实验.....	581
实验一 自激多谐振荡器的安装与调试	582
实验二 波形变换电路	584
实验三 双稳态、单稳态和施密特电路	588
实验四 锯齿电压产生电路	592
实验五 基本逻辑门电路	595
实验六 逻辑运算电路	601
实验七 计数器的研究	606
习题答案.....	614

绪 言

前面几章我们已经讨论了半导体低频放大电路，以后几章我们要讨论的是半导体脉冲电路与脉冲数字电路。

脉冲技术与脉冲数字技术是近代电子技术的一个重要组成部分。随着电子技术在国民经济、国防和科学技术各个领域的广泛应用，脉冲电路和脉冲数字电路也大量地出现在各种电子设备和自动控制设备中。因此，掌握这部分内容，对四个现代化建设是有着重要意义的。

在讨论具体的电路以前，我们先来介绍有关脉冲的一些基本概念。

一、脉冲波形

让我们来看看图 1 表示的几种信号波形。图 (a) 是我们在前面几章中经常遇到的，称正弦波。放大电路讲的主要是如何放大这种波形，使它既能放大，又不失真。图 (b) — (f) 就不叫正弦波了，它们称为脉冲波。脉冲波是这样一种信号：首先它们在某一时间出现，过一段后就消失，以后再次出现；既可以周期性地出现，也可以非周期性地出现。通常，它们是间断地、周期性地出现的，如图 (b) — (f)。而正弦波总是有正有负，连续地、周期性地出现的。其次，后面将要讲到，脉冲波可以看成是由具有许多频率、振幅、相位皆不相同的正、余弦波按一定规律组成的，而正弦波是等幅的，且只有单一频率。再次，脉冲波的形状可以有各种各样，如矩形 (图 a)、锯齿形

(图 d)、三角形(图 e) 等等,而正弦波则只有一种形状。

由于脉冲波和正弦波有这些根本的差别,所以在分析脉

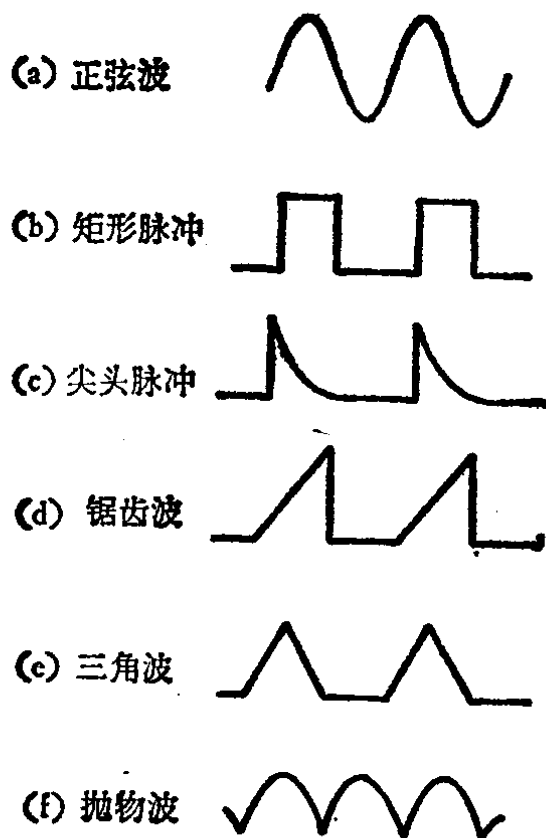


图1 各种波形

冲波时所用的方法就和分析正弦波时有很大的不同,这是我们在学习时必须要注意的。

二、标志脉冲波形的基本参数

和正弦波一样,脉冲波也有一些基本参数,如图2所示。只有知道了这些参数,才能确定脉冲波。

1. 脉冲幅度 U_m (I_m)

脉冲波从 10% 到 90% 的幅度变化值称为脉冲幅度,脉冲电压的幅度以 U_m 表示,单位为伏 (V); 脉冲电流的幅度以 I_m 表示,单位为安 (A), 多数应用下, I_m 为毫安 ($1\text{mA} =$

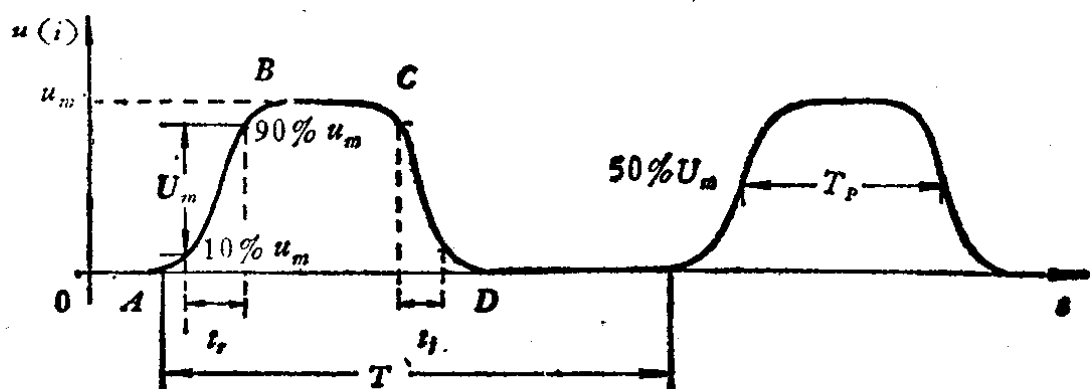


图2 脉冲波形的参数

$10^{-3}\text{A})$.

2. 脉冲上升时间 t_r

脉冲的幅度从 10% 上升到 90% 的时间称为上升时间, 以 t_r 表示, 单位为秒 (sec), 多数应用下, t_r 为微秒 ($1\mu\text{s} = 10^{-6}\text{sec}$).

3. 脉冲下降时间 t_f

脉冲波的幅度从 90% 下降到 10% 的时间称为下降时间, 以 t_f 表示, 单位为秒 (sec), 多数应用下 t_f 为微秒 (μs).

4. 脉冲宽度 T_p

通常把 50% U_m 处的脉冲持续时间称为脉冲宽度, 以 T_p 表示, 单位为秒 (sec). 对于矩形脉冲, 因其 $t_r, (t_f) \ll T_p$, 脉冲波的持续时间就相当于脉冲宽度. 常用的脉冲波其宽度约在毫微秒 ($1\text{ns} = 10^{-9}\text{sec}$) 到毫秒 (ms) 之间.

5. 脉冲重复周期 T 或重复频率 F

相邻脉冲周期性出现的时间称为脉冲重复周期, 以 T 表示, 单位为秒 (sec), 多数应用下 T 为微秒 (μs) 或毫秒 (ms). 周

期的倒数称为脉冲重复频率,以 F 表示,单位为赫兹 (Hz)。

6. 占空系数或空度比 Q

脉冲重复周期 T 与脉冲宽度 T_p 之比称为空度比,也叫占空系数,以 Q 表示, $Q = T/T_p$ 。

通常,脉冲波的上述参数要用示波器才能测量出来。有时对于变化十分缓慢的脉冲波,如 T_p 以秒计时,也可用万用表大体估计出脉冲的有无。

三、脉冲的谐波成分

由图 2 可见,一个脉冲波是由 AB , BC , CD 三个部分组成的, AB 称为上升边, BC 称为平顶, CD 称为下降边。对于一个矩形脉冲(习惯上,对于 $T_p = \frac{1}{2}T$ 的矩形脉冲也称为方波),可以明显地看出, AB 和 CD 部分的变化速率十分快,就是说,在单位时间内,这部分的幅度变化很大; BC 部分的变化速率很慢,就是说,在单位时间内这部分的幅度变化很小。如果我们用频率的观点来看这个问题,就可以理解为一个脉冲波(包括图 1 所示的各种非正弦波)是由许许多多频率、幅度和相位不同的正弦、余弦波按一定的规律组成的。它有一个基波,基波的频率为重复频率,还有其他的波,它们的频率为基波频率的整数倍,称为谐波。换句话说,一个脉冲波可以由不同频率的谐波(各次谐波具有不同的振幅和相位)叠加而成。波形中变化速率较快的部分,如方波的上升、下降边,含有幅度较大的高次谐波,即高频成分占主要地位。波形中变化速率较慢的部分,如方波的平顶部分,含有幅度较大的低次谐波,即低频成分占主要地位。显然,图 2 中, AB 、 CD