

载波机中的脉冲电路

ZAIBOJI ZHONG DE MAICHONG DIANLU

杨 自 辰 编

人 民 邮 电 出 版 社

载波机中的脉冲电路

杨自辰 编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书结合晶体管12路、60路及1800路载波机介绍脉冲电路及其综合应用。

全书按照脉冲技术的理论系统并以载波机中已用到的脉冲电路为例，用分析典型电路的方式，从原理上加以阐述，便于了解掌握典型电路。

书中除了对脉冲单元电路和脉冲组合电路作了较系统的说明外，还对在载波机维护工作中具有重要意义的开关电路和电压比较器也作了比较详细的分析。并在说明脉冲电路怎样综合应用于载波设备某些系统的同时，也对这些系统本身作了必要的说明。

本书主要供从事晶体管载波机维护工作的同志学习，也可供教学参考。

载波机中的脉冲电路

杨自辰 编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京邮票厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 1978年8月第一版
印张：12 $\frac{8}{32}$ 页数：196 1978年8月北京第一次印刷
字数：281千字 印数：1—35,000册

统一书号：15045·总2237一有595

定价：0.97元

前 言

在伟大领袖和导师毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国通信事业蓬勃发展，载波电话设备不断增加，晶体管 12 路、60 路载波机已经广泛应用。中同轴电缆 1800 路载波通信设备也已经正式投产。随着载波设备的晶体管化，载波机中采用脉冲电路也越来越多，从事载波通信工作的同志迫切要求掌握脉冲电路知识及其在载波机中的应用，以提高维护工作水平，希望结合载波机的实际编写一本脉冲电路应用的书。

脉冲电路的内容很多，应用十分广泛，载波机的电路构成也在日新月异，新机器和新电路不断出现，例如扫描显示和扫描告警等。本书主要是以晶体管 1800 路、60 路以及 12 路载波机中已用到的脉冲电路为对象来介绍它的基本内容。适当介绍脉冲电路的基础知识，目的是掌握脉冲技术的实质，这样，在碰到一些较为复杂和较为新颖的电路时也就能有分析认识能力。因而，在编写过程中，对这些基本内容主要是根据脉冲技术理论的系统性，联系载波机中的实际进行理论分析，并给出维护工作所必要的计算公式和曲线。

全书共分六章，第一章概述脉冲电路在载波机中的应用及其特点；第二章介绍等效电源定理和 RC 电路；第三章介绍晶体管开关特性，并结合载波机中最常用的开关电路作了较详细的分析；第四章介绍脉冲单元电路；第五章介绍脉冲组合电路，并对载波机中用得较多的电压比较器作了较详细的分析；第六章介绍脉冲电路在载波机中的综合应用，即监频系统、遥信系统、遥测系统和告警电路及转换电路。这些综合应用的例子

除了叙述脉冲电路怎样实现这些系统所要求的功能外，还对这些系统本身作了一些必要的说明。

由于作者水平有限，书中的不妥和错误之处，欢迎读者给予批评指正。

作者

1977 年 3 月

目 录

第一章 概述	1
第一节 脉冲电路在载波机中的应用	1
第二节 脉冲电路的特点	3
第二章 等效电源定理和 RC 电路	8
第一节 等效电源定理	8
一、什么是等效电源定理	8
二、怎样求开路电压和等效内阻	9
第二节 RC 电路分析	12
一、 RC 电路的充放电有什么规律	12
二、时间常数对充放电特性的影响	15
三、怎样计算 RC 电路的时间常数 τ 、 V_C 及 V_R	19
四、 RC 电路在脉冲电路中有哪些应用	32
第三章 晶体管开关特性及其应用	35
第一节 晶体管特性	35
一、各极电流关系	35
二、 h_{FE} 和 h_{fe} 有什么不同	38
第二节 晶体管的运用	42
一、放大状态运用的特点	42
二、开关状态运用的特点	45
第三节 怎样实现开关运用状态	53
一、实现开关运用的基本方法	53
二、如何减小晶体管截止时的集电极电流	53
三、开关电路中晶体管极限参数	71
四、多级开关电路	79

第四节 脉冲开关电路	89
一、脉冲信号作用下的开关电路有什么特点	89
二、什么是晶体管开关时间	90
三、典型脉冲开关电路——反相器	97
第四章 脉冲单元电路	99
第一节 门电路	99
一、基本概念	99
二、与门	105
三、或门	110
四、非门	118
五、晶体管门电路	127
六、特殊门电路	132
第二节 双稳态触发电路	145
一、什么是双稳态触发电路	145
二、怎样分析双稳态触发电路的饱和与截止条件	148
三、双稳态触发电路为什么必须要触发	151
四、触发电路的几种形式	155
五、几种双稳态触发电路	159
六、载波机中电源和双稳态触发电路构成的关系	162
七、双稳态触发电路的测试	171
第三节 单稳态触发电路	174
一、单稳态触发电路的工作原理	174
二、应用举例	182
三、单稳态触发电路的测试	186
第四节 无稳态多谐振荡器	187
一、无稳态多谐振荡器的工作原理	187
二、应用举例	191
三、无稳态多谐振荡器的测试	194
第五节 射极耦合双稳态触发电路	195

一、电路特点和应用	195
二、翻转过程	196
三、回差特性	199
四、设有正向偏置的电路	204
五、应用举例	206
六、测试	210
第六节 锯齿波发生器	211
一、锯齿波发生器的基本原理和电路类型	211
二、遥信系统锯齿波电路分析	220
第五章 脉冲组合电路	226
第一节 计数和分频	226
一、二进制计数器	226
二、 N 进制计数器	239
第二节 译码器	261
一、译码器的基本概念	261
二、与门译码器	262
三、译码器的简化	267
四、电阻译码器	269
第三节 脉冲分配器	272
一、什么是脉冲分配器	272
二、尖峰干扰	273
三、消除尖峰干扰的措施——环形计数器	275
第四节 数字显示电路	281
一、显示电路是怎样工作的	281
二、数码管的类型	282
三、驱动电路	283
第五节 电压比较器	285
一、晶体管门电路电压比较器	285
二、差动放大器电压比较器	286

三、再生式电压比较器——施密特触发器	295
四、再生式电压比较器——变量器再生式电压比较器	301
第六章 脉冲电路的综合应用	307
第一节 监频系统	307
一、监频系统的作用和构成	307
二、60 路监频系统方框图	310
三、60 路监频系统电路分析	317
四、60 路监频系统的操作和维护测试	333
第二节 遥信系统	342
一、遥信系统概述	342
二、遥信系统“模——数”转换技术	343
第三节 遥测系统	355
一、遥测系统概述	355
二、自动监测的接收设备	358
第四节 告警和转换电路	370
一、告警电路	370
二、转换电路	376

第一章 概 述

第一节 脉冲电路在载波机中的应用

脉冲技术是近代电子技术中一项重要的基础技术，它的内容，主要是研究用什么样的方法和线路来产生、形成、变换、选择、放大和测量各种脉冲信号，并对这些线路进行设计和计算。

随着现代工业和科学技术的发展，脉冲技术已经广泛应用于雷达、电视、各种通信设备、自动控制设备等各种各样的电子设备中。

脉冲技术发展的一个重要原因是半导体器件的发展。早期使用在脉冲电路中的开关元件主要是电子管，随着晶体管的出现和迅速发展，电子管便逐渐被晶体管所代替。这是因为晶体管比起电子管来有着一系列的 优点：体积小、重量轻、功耗低、寿命长、电源电压低、不需预热、可靠性高、坚固耐震，并且具有比较理想的开关特性。所有这些优点，使得晶体管脉冲电路比起电子管脉冲电路，无论在稳定可靠性方面，还是在小型化方面都向前跃进了一步。

脉冲电路早在电子管时期就已在载波机中应用了，不过，一方面由于电子管设备的体积大，例如，电子管式频率计也早已应用，但和晶体管式频率计比较起来，不仅体积大，而且显示电路也不如目前的数码管那样方便；另一方面，在电子管时期，载波机通路数量尚不太大，有些设备，例如监频系统，还没有必要设置，遥信和遥测系统也不那么迫切要求自动化。由

于晶体管所具有的优点优于电子管，随之出现了用晶体管代替电子管构成部件的全晶体管化载波机，这样使得脉冲电路在载波机中获得了愈来愈广泛的应用，使多路通信技术获得迅速发展，载波设备不断继续改进，向着提高质量和自动化、小型化、集成化的目标前进。

对于从事长途通信或多路通信技术工作的读者，在熟悉了载波机的组成和工作原理以后，有必要集中了解晶体管脉冲电路的特点和脉冲电路在载波机中的应用。这对于已经熟悉电子管电路的广大读者来说，只要运用电子管和晶体管的各极之间的“对应”关系，就不难运用电子管知识来熟悉晶体管脉冲电路。

脉冲电路在载波通信中，一方面是用在载波设备本身上，另一方面是用在载波通信测试仪表上，特别是随着大通路载波通信的发展，要求测试工作向自动化、数字化的方向发展，所以它的应用必将愈来愈广泛。

下面简要介绍一下脉冲电路在载波设备本身上的应用。

分频器是晶体管载波机载供系统中的一个主要电路，它的作用是将主振器盘送来的 1024 千赫的信号经过 256 (即 2^8) 或者用 2500 千赫经过 625 (即 5^4) 分频，成为 4 千赫正弦波信号送往 4 千赫谐波发生器盘。这里提出了一个问题，就是为什么不直接就将一个 4 千赫正弦波信号送往谐波发生器，而又非得将一个 1024 千赫或 2500 千赫的信号经过分频器“变”成 4 千赫后再送出呢？

我们知道早期生产的某些载波机，它们的主振频率一般都选在 4 千赫，其优点是，主振器的输出可以直接接到 4 千赫谐波发生器，产生分路载频等。但是，制造这种谐振频率较低的谐振器，所需石英晶体的体积大，切割加工工艺要求高。随着多路载波通信对频率稳定度要求的提高，就要求有一频率稳定

度高、石英晶体体积小及便于采用高要求的、有恒温槽的主振器，经过实践相对比较后，目前，在载波机中就选用了可以达到上述要求的 1024 或 2500 千赫作为主振频率。1024 千赫或 2500 千赫主振频率通过分频器的分频，得到 4 千赫和其它频率（例如 12 千赫、124 千赫等）的基本频率。而这个分频器就是脉冲单元电路中的双稳触发器的具体应用。

随着通路数目的增多，监频系统也不得不考虑了。利用脉冲电路可以实现用一套公用设备对载波机的各基础群（如基群、超群和主群等）轮流监测的要求。这不仅提高了设备维护的可靠性，而且还大大地缩小了机器的体积。利用脉冲电路还可以实现对遥信系统和遥测系统的轮流监测，并能够自动报警和确定故障地点，使遥信和遥测系统实现自动化。

此外，载波机中告警电路采用逻辑电路和开关电路可以获得较多的告警性能，如重复性故障的告警和故障排除后的复原告警等。采用高灵敏度的电压比较器可以在电平变动 ± 0.05 奈时发出告警。大通路的主、备用载频的转换电路也是脉冲电路中的一种门电路的具体应用，采用这种门电路可以实现快速转换（100 微秒以下），大大地提高了通信质量。

总之，根据用的地方不同，或者采用脉冲电路的基本电路，或者采用脉冲电路的基本电路进行恰当的组合就可以实现满足现代载波通信设备所要求的各种功能。

通过上面的简述，可以看出脉冲技术已成为研究、学习载波通信不可缺少的知识。

第二节 脉冲电路的特点

为了便于分析各种具体脉冲电路，首先简述一下脉冲信号

与脉冲电路的特点。

一、脉冲信号

脉冲这个词包含着脉动和短促的意思。最早是用它来称呼存在时间短暂而不连续的波形。所谓电压或电流脉冲，是指作用时间极短的电压或电流。后来，随着大量新波形的出现，又把一切非正弦波的不连续的波形都统称之为脉冲。所以这样作，是由于这些波形之间有着共同的特点，就是脉冲信号在时间轴上是突变的，即整个波形是由若干个暂态过程段所组成。

为了获得这种暂态过程，电路必须包含两个组成部分，一个是开关，用以接通或断开电路，从而改变电路的稳态，使之产生暂态过程；一个是惯性电路，用以控制暂态过程的快慢和形状。在脉冲电路中，目前使用最多的开关元件为晶体管，而最基本和最常用的惯性电路则是由电阻 R 、电容 C 和电感 L 构成的 $R-C$ 、 $R-L$ ，或 $R-L-C$ 电路。

在各种各样的脉冲波形中，图 1-1 所示的为最常见的几种脉冲波形：图(A)为方波，图(B)为矩形波，图(C)为尖脉冲。它们可以是正向的，也可以是负向的。图中均为正向的。

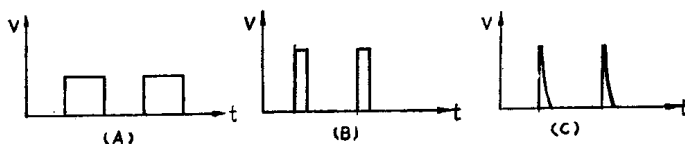


图 1-1

大家知道，一个正弦信号要用幅度 E_m ，角频率 ω 和初始相位 φ 三个参数表示，即：

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$$

同样，脉冲信号也可以用三个参数表示，即脉冲幅度 E ，脉冲持续时间 δ ，和重复周期 T ，如图 1-2 所示。

此外，在脉冲波形不理想时，还要涉及到其它一些参数，例如：

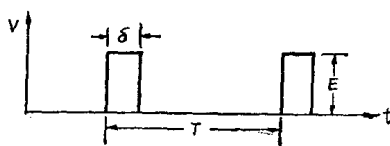


图 1-2

t_r ——脉冲前沿时间。脉冲的前沿时间是从脉冲幅度 E 的零值或 $0.1 E$ 开始变化到 $0.9 E$ 的时间。

t_f ——脉冲后沿时间。脉冲的后沿时间是从脉冲幅度 E 变化到 $0.1 E$ 的时间。

这些参数请参阅图 3-50。

二、脉冲电路的特点

1. 由于脉冲信号在时间轴上是突变的这一特点，所以脉冲电路的工作状态就和正弦电路的工作状态有很大的不同。例如，在脉冲电路中晶体管大都工作于开关状态，即有脉冲时晶体管导通，无脉冲时晶体管截止，或者相反，而正弦电路中晶体管大都工作于放大状态，并极力避免进入饱和或截止的开关状态。

再以 RC 电路为例，图 1-3(A) 为正弦电路中的 RC 电路，它为两级放大级的耦合电路。由于电容的隔直作用，所以第一级输出电压的直流分量 $\bar{V}_1$ 被阻止，只有交流分量 $\tilde{V}_1$ 加至第二级输入端。同样，图 1-3(B) 为正弦电路中的电源滤波电路，它可用来消除各放大器之间通过电源回路而形成的耦合作用。

可是，同样的这两个电路，在脉冲电路中，由于脉冲信号在时间轴上有突变的特点，就会引起电容器一会儿充电一会儿放电，当输入脉冲为矩形脉冲时，输出脉冲将和输入脉冲有很

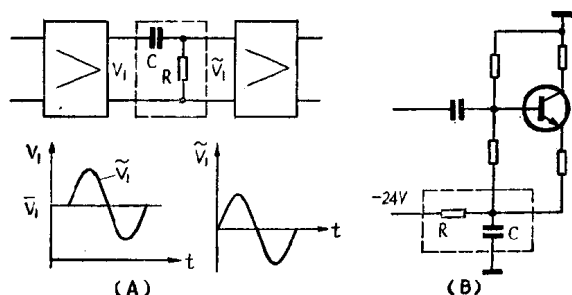


图 1-3

大的差别,这可参见第二章图 2-6。在脉冲电路中图 1-3(A)RC 电路称为微分电路,图 1-3(B)RC 电路称为积分电路(这可参阅第二章图 2-19 和图 2-20)。

2. 由于脉冲信号在时间轴上突变的这一特点,在脉冲电路的分析方法上也有它的某些特点。例如,在分析脉冲电路时,总是分析当有脉冲时,晶体管是导通还是截止,电容器是充电还是放电,反之亦然。换句话说,脉冲电路总是处于瞬变状态,不像正弦电路由于处于稳定状态而采用频率的分析方法。

此外,脉冲电路的画法也和电工电路习惯画法不一样,这两种画法见图 1-4 所示。比较两者可见,二者形式上的差别很大,但实质上是一样的。不同的是,脉冲电路的各个端子电压均对电路的公共参考点 b 而言,只要掌握了这一点,分析脉冲电路就不会感到困难了。

3. 由于脉冲信号在时间轴上是突变的这一特点,也带来维修脉冲电路的一些特点。这就是不能用测电平图的方法来判别电路有无故障,而要依靠测量电压的方法或看波形的方法来判断电路有无故障。

因此,脉冲电路的各点电压的分析就成了维护工作中对脉

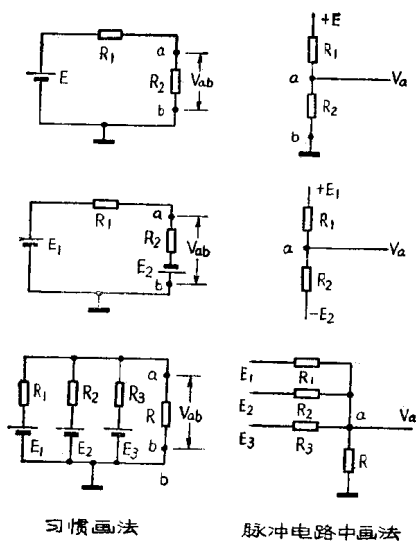


图 1-4

冲电路分析的主要内容了，这也是本书在以后各章中分析脉冲电路时，总是重视电路各点电压计算的重要理由。

第二章 等效电源定理和 RC 电路

内 容 提 要

脉冲电路种类繁多，有的电路也较为复杂，为了便于分析，就要把这些电路简化，为此，有必要重新温习一下等效电源定理。

另外，脉冲电路不管怎样复杂，怎样变化，总是由晶体管、电阻、电容等基本元件构成。而其中一种最基本、最常用的电路，是由电阻 R 和电容 C 构成的 RC 电路，它是分析复杂电路的基础，因此，要重点地讲一讲。

介绍的重点都放在应用方面，例如怎样运用等效电源定理分析具体电路，如何利用查曲线方法，计算 RC 电路的充放电特性等。

第一节 等效电源定理

一、什么是等效电源定理

等效电源定理亦称等效发电机定理或戴文宁定理。

等效电源定理：任何线性有源二端网络，总是可以用该二端的开路电压 E_0 和该二端的等效内阻 R_0 相串联的回路来代替。

图 2-1 为等效电源定理示意图，方框内代表任何线性有源二端网络， a, b 为其引出端子， R 为外部负载。在进行电路分析时，可从 a, b 两端运用等效电源定理，用该两端开路电压