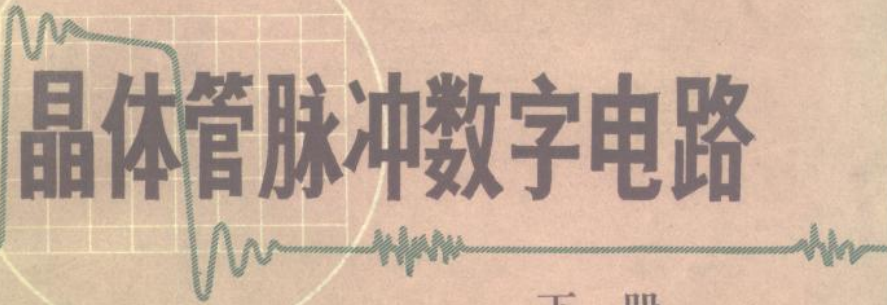




晶体管脉冲数字电路

下 册

清华大学 电子工程系 工业自动化系 編



科学出版社

晶体管脉冲数字电路

下 册

清华大学 电子工程系 编
工业自动化系

科 学 出 版 社

1 9 7 3

内 容 简 介

本书分上、中、下三册。上册为“分立元件脉冲数字电路”。中册为“数字集成电路”。

下册为“脉冲数字电路的应用”。内容包括基本逻辑部件，数字与模拟量的相互转换，脉冲数字系统的应用举例等，并简单讨论了集成电路驱动传输线的问题，在附录中介绍了应用拉普拉斯变换分析脉冲电路工作过程的方法。

本书可供有关部门的工农兵和技术人员自学参考。

晶 体 管 脉 冲 数 字 电 路

下 册

清华大学 电子工程系 编
工业自动化系

*

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

*

1972 年 8 月 第 一 版	开本：787×1092 1/32
1973 年 4 月 第 二 次 印 刷	印张：9 13/16 插页：3
印数：55,501—117,500	字数：222,000

统一书号：15032·22

本社书号：65·15—8

定 价：0.65 元

毛主席语录

我们的教育方针，应该使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展，成为有社会主义觉悟的有文化的劳动者。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

这个辩证法的宇宙观，主要地就是教导人们要善于去观察和分析各种事物的矛盾的运动，并根据这种分析，指出解决矛盾的方法。

前 言

脉冲数字技术已广泛地应用到计算机、雷达、多路通讯、自动控制等许多领域。随着我国社会主义革命和社会主义建设的蓬勃发展,广大工农兵迫切要求掌握脉冲数字电路。我们遵照毛主席“教材要彻底改革”的伟大教导,在工人阶级领导下,学习毛主席的光辉哲学思想,在调查工农兵的实践经验和发明创造、批判旧教材中散布的电子神秘论等唯心论的先验论和吸收其中有用的科学内容等方面做了一些工作之后,初次编写了这本教材。在教材内容上,我们从实际典型电路出发来阐明电路的工作原理,并尽可能把典型电路的定性分析、定量估算和实验研究结合起来。

现在此书虽与读者见面了,但由于我们对马克思列宁主义、毛泽东思想学习得很不够,教育革命的实践还很少,肯定会有许多缺点和错误。我们恳切希望广大工农兵群众、革命技术人员提出批评建议。

在本书编写过程中,得到了北京市有关单位的工人、革命技术人员的大力支持和热情帮助,在此表示衷心感谢。

清华大学 电子工程系
工业自动化系

目 录

第三部分 脉冲数字电路的应用

第 十 章 逻辑部件	(3)
第一节 二进制计数器和循环码计数器	(3)
第二节 十进制计数器	(13)
第三节 寄存器	(32)
第四节 译码器与分配器	(39)
第五节 数字的显示	(58)
附 录 逻辑代数及其应用	(69)
第十一章 模拟和数字的转换技术	(83)
数字-模拟转换 (D-A 转换)	
第一节 并行数字-模拟转换器	(85)
第二节 串行数字-模拟转换器	(97)
模拟-数字转换 (A-D 转换)	
第三节 时间间隔-数字转换 (数字式频率计)	(107)
第四节 反馈比较型电压-数字转换器	(112)
第五节 V-T 型电压-数字转换器	(117)
第六节 V-F 型电压-数字转换器	(138)
第七节 电压-数字转换器的抗干扰特性	(147)
第八节 角度-数字转换器	(159)
第九节 位移-数字转换器	(191)
第十二章 数字电路典型系统举例	(199)
第一节 数字程序控制铣床	(199)

第二节	控制用数字计算机中的模拟量输入·····	(211)
第十三章	传输线·····	(230)
第一节	信号沿传输线运动的基本规律·····	(231)
第二节	用集成电路驱动传输线·····	(251)
第三节	传输线的阻抗匹配方法·····	(260)
附 录	运用拉普拉斯变换分析脉冲电路的 工作过程·····	(274)
第一节	拉普拉斯变换能够简化微分方程的求解 过程·····	(274)
第二节	拉普拉斯变换法的基本原理·····	(278)
第三节	用部分分式法分解象函数·····	(286)
第四节	分析脉冲电路的工作过程·····	(291)

第三部分

脉冲数字电路的应用



毛主席語錄

馬克思主义者認為人类社会的生产活动，
是一步又一步地由低級向高級发展，因此，人
們的認識，不論对于自然界方面，对于社会方
面，也都是一步又一步地由低級向高級发展，
即由浅入深，由片面到更多的方面。

第十章 逻辑部件

前面我们已经讨论了各种常用的脉冲数字电路，对它们固有的特殊矛盾进行了分析。现在则要求把我们的认识再深入一步，研究这些数字电路是怎样组成具有较复杂逻辑功能的部件的，研究它们之间的相互依赖和相互斗争又是怎样构成了各种逻辑部件的特殊矛盾的。

逻辑部件的种类很多，这里所讨论的只是脉冲数字系统中最常用的几种，如本书绪言所举的数字测速的例子，那里面就用到了计数器、寄存器、译码器和数字显示等部件，这些部件就是本章所要研究的主要内容。

第一节 二进制计数器和循环碼计数器

计数是一种最简单又最基本的运算。在日常生活中，如产品数量的累计，原材料消耗量的积算，车船行程的统计等等，往往都要用到计数。

在这一节中我们主要讨论结构最简单的二进制计数器,为下一节十进制计数器的引出打好基础。此外也讨论了一种较特殊的循环码计数器,它也是数模转换和数字计算机中要用到的一种部件。

一、二进制计数器

我们已经知道,二进制是逢二进位的。对于二进制计数器,在第一部分第三章中已经说明了它的基本原理,在第二部分第八章中又提到了用集成电路触发器组成二进制计数器的简单方法,所以这里不再重复。但前面所述都是非同步的二进制计数器,也就是说,高位的触发器须待低一位的触发器翻转产生进位信号后才开始翻转。这种进位信号的传递时间限制了计数的频率,这在快速计算机中是不能满足要求的。为了提高速度,本节着重讨论并行同步的二进制计数器和分组进位的方法。

我们首先分析二进制计数时产生进位的现象,**“从客观存在的事实出发,从分析这些事实中找出方针、政策、办法来。”**例如当第一位原来是“1”,下一个计数脉冲到来时,对第二位必有进位,第二位的状态应该变一次;又如当最低的两位原来是“11”,那么下一个计数脉冲来到时,对第三位必有进位,使第三位状态变一次;而当最低三位为“111”时,那么下一个计数脉冲对第四位必有进位,使第四位状态变一次;其余类推。

从这些现象中,我们可以找到一个规律:在计数脉冲作用下,计数器每一位触发器要不要翻转,这要看比它低的所有位原来是不是都处在“1”状态,这样的逻辑关系可以由逻辑电路进行判断,将计数脉冲直接送到应该翻转的触发器,而用不着等逐级往前传递的进位信号到达时才翻转。同步计数器正

是根据这个原理构成的。

图 10.1.1 是用维持-阻塞触发器组成的两位二进制同步计数器逻辑图。它的工作原理是这样的:

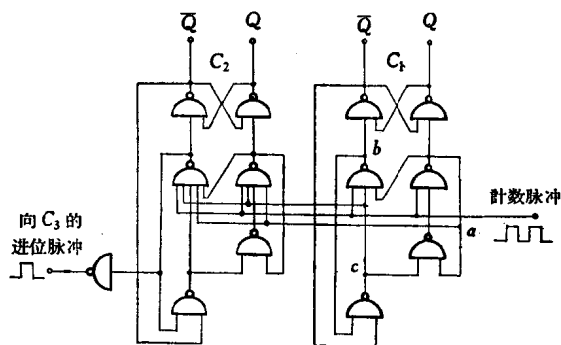


图 10.1.1 用维持-阻塞触发器组成的两位二进制同步计数器

当 C_1 是“0”状态, 下一个计数脉冲到来时, a 点出现负脉冲, C_1 由“0”变“1”。在这期间由于开始时 c 点处于低电位(因 C_1 原为“0”状态, “ $\bar{Q}$ ”端为高电位, b 点也为高电位), 后来 a 点在计数脉冲作用期间又处于低电位, 它们总的都是去阻止 C_2 的计数, 因此 C_2 保持着原来的状态。

当 C_1 是“1”状态, 下一个计数脉冲到来时, b 点出现负脉冲, C_1 由“1”变“0”。这时 a 点和 c 点一直保持高电位, 因此 C_2 中间两个计数门有一个是打开的 (由 C_2 原来状态决定), 该计数脉冲能通过它而使 C_2 翻转一次。

这就是说, C_1 由“0”变“1”时, 对 C_2 没有进位; C_1 由“1”变“0”时, 对 C_2 有进位, 并且计数脉冲使 C_1 、 C_2 同时翻转, 完全符合二进制计数的要求。

这里只讨论了两位,倘若三位或更多位,则门的输入端数必须大大增加,因此常采用分组进位的方式。组内是同步计数,组间是串行非同步进位。图 10.1.1 就是两位一组、分组进

位计数器的逻辑图, 当 C_2 、 C_1 为“11”, 下一个计数脉冲到来时就会产生一个向 C_3 的进位脉冲。这种计数器的速度比图 8.2.7 的计数器提高了将近一倍。

图 10.1.2 是用维持-阻塞触发器构成的同步计数器的另外一种形式。

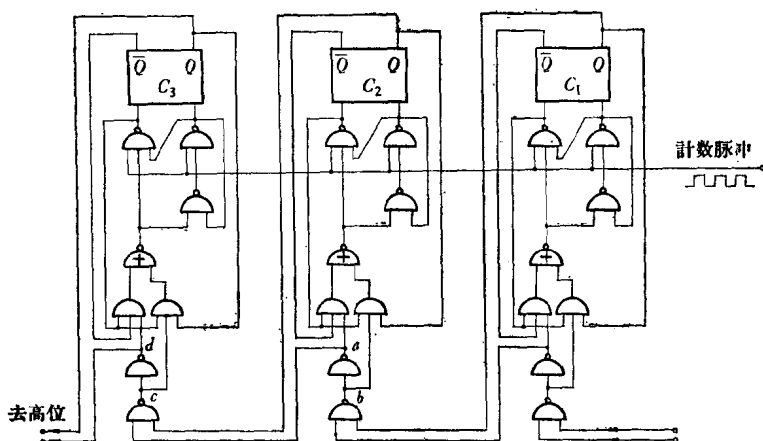


图 10.1.2 用维持-阻塞触发器组成的二进制同步计数器另一种形式

假设它从“000”开始计数, 并以 C_1 为最低位进行讨论, 这时 C_1 处于计数状态。由于 C_1 的“ Q ”端为低电位, 使 a 点也处在低电位, 因此 C_2 不能计数。这时 b 点为高电位, 在第一个计数脉冲作用下, C_1 由“0”变“1”, C_2 保持原来的状态, 同样地, C_3 也保持原状, 因此计数器由“000”变为“001”。

当计数器处“001”状态时, 由于 C_1 为“1”, 因此 a 点为高电位, b 点为低电位, 使 C_2 处于计数状态。在第二个计数脉冲到来时, C_1 、 C_2 将同时翻转, C_3 仍保持原状, 因此计数器的内容变为“010”。如此继续下去, 当计到“011”时, 将使 a 、 d 点都是高电位, b 、 c 点为低电位。即 C_1 、 C_2 、 C_3 均处于

计数状态,因此下一个计数脉冲将使 C_1 、 C_2 、 C_3 同时翻转,得到“100”。

由此可见,这种计数器在计数脉冲作用下,各触发器(该翻转的)是同时翻转的。计数器从接收计数脉冲到所有触发器翻转完毕只有大约三级门的延迟时间。

计数脉冲的进位问题解决了,但却出现了新的矛盾。因为计数器输出稳定以后,为了保证下一次计数正确,必须让各触发器控制计数的电位(a 、 b 、 c 、 d ...等点的电位)都达到稳定。而这些电位的变化是串行的,它们的稳定要消耗一定的时间,每通过一位触发器需经两级门的延迟时间。所以这种计数器计数速度并没有提高,但用它作为具有计数功能的寄存器时(如计算机中地址寄存器),却能很快得到稳定的输出。至于计数器为下一次计数所化费的准备时间可以与其他操作时间重迭进行。当然,如果需要更高速度的计数器,就需采用多位一组分组进位的同步计数器。

图 10.1.3 是三位一组分组进位的同步计数器。

我们先分析一组的工作原理:每当遇到比这一组低的各位为全“1”时,这一组的计数门才允许打开。除此以外,计数门总是被封锁住,并且使 a_1 、 a_2 、 a_3 各点出现高电位,各触发器在计数脉冲作用下仍能维持原来的状态。

当这一组允许计数时(即比它低的各位为全“1”),下一个计数脉冲使 C_1 翻转一次。由于 C_1 的“ Q ”端也控制着 C_2 的计数门的输入,因此 C_2 能不能翻转一次将取决于 C_1 原来是不是“1”状态。至于 C_3 的计数,则同时受到 C_1 和 C_2 的“ Q ”端的控制,只有当 C_1 、 C_2 原来都是“1”状态时, C_3 才允许翻转一次。显然这个规律是符合二进制计数的要求的。

下面分析组间进位的传递方式:图 10.1.3 (2)画出了四组,共 12 位。计数脉冲连接到所有触发器时钟输入端(CP)。

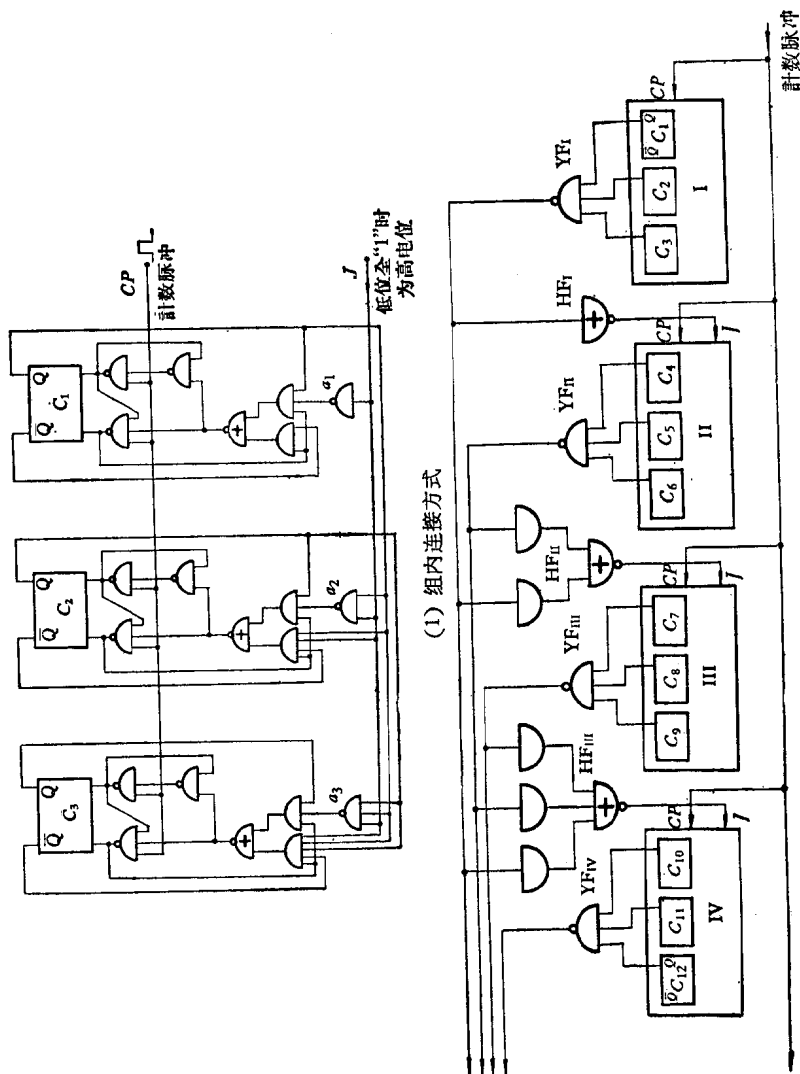


图 10.1.3 三位一组分进位的同步计数器

当从“0”开始计到最低三位 ($C_3 C_2 C_1$) 为“111”时, YF_1 输出低电位, 经 HF_1 反相加到第 II 组的进位控制端 J , 使得下一个计数脉冲到来时, 第 II 组的三位计数器实现加“1”的计数操作。

当计到最低两组 ($C_6 C_5 C_4 C_3 C_2 C_1$) 为“111 111”时, YF_1 、 YF_{II} 同时输出低电位, 它们在 HF_{II} 处实现低电位“与”并反相变成高电位, 加到第 III 组的进位控制端 J , 使得下一个计数脉冲到来时, 第 III 组实现加“1”的计数操作。其余类推。

这个计数器的进位传递时间是很短的。从触发器翻转稳定到进位传输完成只经过五级门的延迟时间, 因此计数的频率可以做得较高, 这是它的优点。

与图 10.1.2 的同步计数器比较, 可以发现这个计数器的缺点是连线标准化的程度不够高, 此外所用元件数量也稍多一些。

在第二部分第八章我们已初步介绍了用 $J-K$ 触发器组成的二进制同步计数器。现在再画一个五位的同步计数器, 见图 10.1.4。

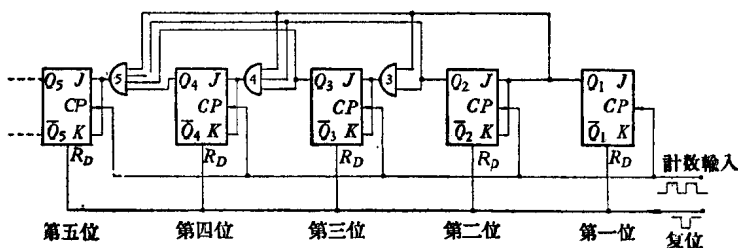


图 10.1.4 用 $J-K$ 触发器组成的同步计数器

这个计数器的稳定时间只取决于一个触发器的翻转时间, 而与位数无关, 因此计数器工作速度较高, 这是它的最大优点。但另一方面, 由于计数输入同时加到各个触发器的时

钟端,这就要求产生计数脉冲的电路具有较大的负载能力。且计数器高位输入端较多,需外加扩展门,因此,位数越多,外加门电路数量也越多,这样也会使高位触发器 J 、 K 端控制电位稍有延迟。

目前在一些位数较多的计数器中常常采用分组进位的方法。

二、循环码计数器

在二进制计数器中,每来一个计数脉冲所引起翻转的触发器个数是不一定的。以四位二进制计数器为例,从“0000”到“0001”,只有一个触发器翻转;从“0001”到“0010”,有两个触发器翻转;从“0111”到“1000”则所有触发器都翻转。在串行非同步计数器中,这后一种情况会影响计数器的工作速度。于是我们设想,能不能找到新的编码方法,使得每来一个计数脉冲时都只引起一个触发器翻转。要是那样,不就可以提高计数器的工作速度吗?

下面介绍的循环码(也称反射码)正是这样一种编码。表 10.1.1 是它的编码顺序表。从这个表中可以看出,每两个相邻的循环码之间都只差一位。譬如“3”和“4”(即“0010”和“0110”)就是只差第三位 C_3 ,“7”和“8”只差第四位。

在二进制计数器中,高位的变化是由低位的进位引起的,我们抓住了这个特点,做成了二进制计数器。但循环码和二进制码不同,如果还想用二进制中逢二进位的办法来设计循环码计数器,那就会感到很难下手。

毛主席教导我们:“不同质的矛盾,只有用不同质的方法才能解决。”为了建立循环码计数器,必须先弄清用循环码计数时存在的矛盾的本质,从中找出每一位在计数过程中变化