

数字电子线路基础

蔡惟铮 主编

哈尔滨工业大学出版社



数字电子线路基础

蔡惟铮 主编

内 容 简 介

本书是根据1980年6月在成都召开的高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订的电子技术基础教学大纲的要求和1987年国家教育委员会颁发的电子技术基础课程的基本要求编写的。内容主要包括布尔代数及逻辑函数的化简、集成逻辑门、组合数字电路、集成触发器、时序数字电路、算术运算电路、存储器及其应用、模数与数模转换器、脉冲的产生与变换以及应用电路等。本书采用了通用数字电路的国家标准（以取代旧的部颁标准），目的是使本书能更好地适应实际需要，促进集成电路产品标准化。

本书可作为工科高等院校自动化类、电气类及其它相关专业电子技术基础课程的教学用书，也可供从事工程技术人员参考。

数字电子线路基础

蔡惟铮 主编

哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张25 字数495 000

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数1—5000

ISBN 7-5603-0105-3/TN·9 定价4.00元

前 言

由于集成电路迅速发展及其在各领域中起的作用越来越大,所以必须更新电子技术基础课程的内容,以适应现代化建设的需要。本书是根据1980年6月在成都召开的高等学校工科电工教材编审委员会扩大会议审订的电子技术基础课的教学大纲的要求和1987年国家教育委员会颁发的电子技术基础课程的基本要求编写的。为了有助于我国集成电路产品尽快按国标标准化,本书尽可能采用国家标准。因国标逻辑符号颁布不久,故本书依旧采用原部标逻辑符号,但给出部标与国标逻辑符号的对照表。

本书对各种数字电路逻辑功能的讲解,主要采用布尔代数、卡诺图和状态转换表等方法。它们是分析与设计数字电路的有力工具,并且前后内容一脉相承,系统性强,便于融会贯通,举一反三。本书把逻辑门和触发器作为构成数字电路的基础器件看待,目的是阐明其外部特性和参数。掌握这些特性和参数,才能正确地用它们组成各种数字电路。本书侧重于电路的分析、设计与应用,对器件的工艺、结构和内部物理过程阐述较少。考虑到我国目前中、小规模集成电路产品已系列化生产,大部分有国家标准,本书重点介绍了一批中、小规模集成电路产品。本课程是电子技术的一门重要的先导课和入门课,其任务是打好现代数字电子技术的基础。考虑到本课程的任务和课程间的分工,本书除微机的中央处理器 CPU 外,对其它集成芯片的原理和应用都做了程度不同的介绍。

参加本书编写工作的有苏军、王启芳、李淑玉、罗绮烈、吴公任、郑庚宇和蔡惟铮,由蔡惟铮主编。全国电子技术课程指导小组成员李士雄教授以及郭维芹副教授对本书进行了详细地审阅,在此向他们以及其他关心过本书的同志表示衷心地感谢。

本教材虽试用多遍,但由于本门课程内容变化很大,故缺点疏漏在所难免,望指正。

编 者

一九八八年四月

目 录

绪 论

第一章 布尔代数和逻辑函数的化简 (5)

§1-1 布尔代数的变量及基本运算定律 (5)

一、布尔代数的变量 (5)

二、布尔代数的基本运算类型 (5)

三、布尔代数的运算定律 (6)

§1-2 布尔代数的形式定理 (7)

一、变量与常量之间的关系 (7)

二、变量自身之间的关系 (8)

三、与或型的逻辑关系 (8)

四、或与型的逻辑关系 (9)

五、求反的逻辑关系 (10)

§1-3 布尔代数的基本规则 (10)

一、代入规则 (10)

二、反演规则 (11)

三、对偶规则 (12)

四、展开规则 (12)

§1-4 用代数法化简布尔式 (13)

一、同一逻辑关系布尔式形式的多样性 (13)

二、与或型布尔式的化简步骤 (14)

三、合项法与配项法 (14)

§1-5 最小项的图示法 (15)

一、最小项和最大项 (15)

二、最小项的图示法 (17)

§1-6 卡诺图化简法 (19)

一、卡诺图 (19)

二、与项的读取和填写 (19)

三、如何使与项最简 (22)

四、关于覆盖问题 (22)

五、结论 (23)

§1-7 逻辑函数Q-M化简法 (24)

一、求全部本原蕴涵项(素项) (25)

二、选出实质蕴涵项 (26)

三、素项的选择 (26)

习 题 (28)

第二章 集成门电路 (30)

§2-1 晶体二极管和三极管的开关特性 (30)

一、晶体二极管的开关特性 (30)

二、晶体三极管的开关特性	(32)
§2-2 基本逻辑门电路	(35)
一、与门	(35)
二、或门	(37)
三、非门(反相器)	(37)
四、其它常用逻辑门	(38)
§2-3 中速 TTL 与非门电路	(39)
一、电路结构	(39)
二、电路的逻辑功能	(40)
三、特性曲线	(41)
四、参数与指标	(46)
§2-4 其它类型 TTL 门	(49)
一、集电极开路门(OC门)	(49)
二、三态门(TSG)	(52)
三、或非门	(53)
四、扩展器	(53)
五、异或门	(54)
*六、HTL 与非门	(54)
§2-5 其它系列 TTL 逻辑门	(55)
一、高速TTL系列	(55)
二、甚高速TTL系列(肖特基系列)	(55)
三、低功耗肖特基TTL系列	(57)
四、中速TTL和低功耗肖特基LSTTL 技术指标对比	(58)
*§2-6 ECL 门电路	(60)
一、电路结构	(60)
二、工作原理	(60)
*§2-7 集成注入逻辑(IIL)门电路	(62)
一、IIL 电路的结构特点	(62)
二、IIL 反相器	(62)
三、IIL 与非门	(63)
§2-8 MOS 门电路	(64)
一、MOS 反相器	(64)
二、MOS 门电路	(71)
三、CMOS门的参数指标	(75)
四、TTL 和 CMOS 各主要系列间的比较	(77)
§2-9 不同系列逻辑门之间的连接	(81)
一、可以直接接口的系列	(81)
二、TTL与HCMOS系列之间的接口	(81)
三、电平转换接口电路	(81)
习题	(82)
第三章 组合数字电路	(85)
§3-1 组合数字电路的分析	(86)
一、分析“不一致”电路的逻辑功能	(87)

二、分析“前为后备”电路的逻辑功能	(88)
§3-2 组合数字电路的设计	(89)
一、一灯两处控制	(89)
二、三变量表决电路	(90)
三、异或逻辑电路	(91)
四、同或门	(91)
§3-3 与或型布尔式转换为其它型	(92)
一、转换为与非与非型	(93)
二、转换为与或非型	(93)
三、转换为或与型	(93)
四、转换为或非或非型	(94)
§3-4 布尔式的最佳化	(94)
一、异或门实现最佳化	(94)
二、实现最佳化的一般方法	(95)
§3-5 半加器与全加器	(96)
一、半加器与全加器在逻辑功能上的差异	(96)
二、半加器	(97)
三、全加器	(98)
四、二进制加法电路	(99)
§3-6 编码方式	(99)
一、十进制码(Decimal Code)	(100)
二、二进制码(Binary Code)	(100)
三、八进制码(Octal Code)	(101)
四、十六进制码(Hexadecimal Code)	(101)
五、各种进制之间的转换	(102)
六、循环码	(104)
七、二十进制编码	(105)
§3-7 最小项译码器	(108)
一、二进制最小项译码器	(108)
二、三变量中规模集成电路译码器	(110)
§3-8 代码转换译码器	(111)
一、循环码转换为二进制码	(112)
二、余三码转换为BCD8421码	(113)
§3-9 显示译码器	(115)
一、常用显示器件	(115)
二、LED显示译码器	(117)
三、BCD-7段中规模显示译码器	(120)
§3-10 编码器	(123)
一、二进制码编码器	(123)
二、BCD码编码器	(124)
三、优先编码器	(125)
§3-11 数据选择器和数据分配器	(126)
一、数据选择器	(127)

二、多路分配器.....	(129)
§3-12 数码比较器.....	(131)
一、方框图的构成.....	(131)
二、比较单元的设计.....	(131)
三、总输出判别电路.....	(133)
四、四位集成化数码比较器.....	(134)
*§3-13 数码的检错与纠错.....	(136)
一、奇偶校验的基本原理.....	(136)
二、异或和异或非运算的特点.....	(137)
三、奇偶发生器.....	(138)
四、奇偶校验器.....	(138)
五、数码的纠错.....	(138)
§3-14 竞争与冒险.....	(140)
一、竞争与冒险的基本概念.....	(140)
二、冒险的分类.....	(141)
三、竞争冒险的判别式.....	(142)
四、稳定竞争与非稳定竞争.....	(143)
五、竞争冒险的确定方法.....	(144)
六、竞争冒险的消除.....	(145)
习题.....	(146)
第四章 集成电路触发器	(149)
§4-1 触发器的基本形式.....	(149)
一、基本R-S触发器——门锁触发器.....	(149)
二、时钟R-S触发器.....	(152)
§4-2 集成电路触发器的逻辑功能.....	(154)
一、R-S触发器.....	(154)
二、D触发器.....	(156)
三、J-K触发器.....	(157)
四、T触发器.....	(158)
五、T'触发器.....	(159)
§4-3 维持阻塞触发器.....	(159)
一、维持阻塞触发器.....	(159)
二、集成化维持阻塞D触发器 CT1074.....	(160)
三、维持阻塞触发器的脉冲工作特性.....	(162)
§4-4 主从J-K触发器.....	(163)
一、主从触发器.....	(163)
二、集成化主从J-K触发器 CT1072.....	(163)
三、主从触发器的脉冲工作特性.....	(165)
§4-5 边沿J-K触发器.....	(167)
一、电路结构.....	(167)
二、集成边沿J-K触发器T078.....	(168)
§4-6 集成电路MOS触发器.....	(169)
一、CMOS触发器.....	(169)

二、动态 MOS 触发器	(172)
§4-7 集成电路触发器的参数	(174)
一、静态参数	(174)
二、动态参数	(176)
习题	(177)
第五章 时序数字电路	(180)
§5-1 数码寄存器和移位寄存器	(181)
一、数码寄存器	(181)
二、移位寄存器	(183)
三、使用中的问题	(186)
四、中规模集成寄存器	(187)
五、二进制串行加法器	(190)
§5-2 二进制码异步计数器	(191)
一、二进制异步加法计数器	(191)
二、二进制异步减法计数器	(192)
§5-3 N 进制同步计数器	(193)
一、二进制码同步加法计数器	(193)
二、同步型计数器逻辑功能的分析	(196)
三、设计 BCD8421 码同步计数器	(198)
四、可预置 2/16 进制和 2/10 进制中规模同步计数器	(200)
§5-4 移位寄存器型计数器	(204)
一、环形计数器	(204)
二、环扭型环形计数器	(207)
三、最大长度移位寄存器型计数器	(210)
§5-5 可逆计数器	(211)
一、单时钟型同步可逆计数器	(212)
二、双时钟型同步可逆计数器	(214)
§5-6 N 进制异步计数器	(218)
一、2-5 分频 N 进制异步计数器的分析	(219)
二、译码反馈式异步计数器	(221)
三、循环码计数器	(222)
§5-7 顺序脉冲分配器	(223)
一、一般计数器译码器型分配器	(223)
二、一般计数器译码器型分配器存在的问题	(224)
三、解决尖峰干扰(竞争冒险)的办法	(226)
四、具有特殊形式计数器的分配器	(227)
五、序列脉冲发生器的设计	(228)
习题	(231)
第六章 算术运算电路	(233)
§6-1 二进制数的加法运算电路	(233)
一、二进制数的四则运算	(233)
二、半加器与全加器	(235)

三、串行进位与并行进位加法器	(236)
四、串行加法器	(242)
五、累加型串行加法器	(244)
§6-2 减法运算及减法器	(244)
一、二进制码全减器	(244)
二、正数和负数表示法	(245)
三、由全加器构成全减器	(249)
四、串行减法器	(249)
§6-3 乘法电路	(250)
一、累加乘法	(251)
二、移位乘法	(251)
§6-4 除法电路	(255)
一、累减式除法器	(255)
二、移位除法	(256)
三、比较符号位的移位除法	(258)
第七章 半导体存储器	(262)
§7-1 只读存储器 (ROM)	(262)
一、ROM 的结构	(262)
二、ROM 的分类	(264)
三、ROM 的工作原理	(266)
四、ROM 应用举例	(266)
§7-2 可编程序逻辑阵列PLA	(272)
一、PLA 的“与或ROM对”	(274)
二、PLA 的“与或ROM对”和ROM的异同	(275)
三、可变模 N 进制同步计数器	(275)
§7-3 读写存储器 (RAM)	(278)
一、RAM 的方框图	(278)
二、RAM 的存储单元	(279)
三、集成RAM的结构及其工作原理	(283)
*四、RAM 扩展容量	(285)
*五、应用举例	(286)
习题	(287)
第八章 数模 (D-A) 与模数 (A-D) 转换器	(289)
§8-1 A-D和D-A转换基本概念	(289)
一、什么是模拟数字和数字模拟转换	(289)
二、A-D转换的基本概念	(289)
三、D-A转换的基本概念	(290)
四、转换器的主要技术指标	(291)
§8-2 D-A转换	(292)
一、并行D-A转换器	(292)
二、集成D-A转换器	(297)
*三、串行D-A转换器	(299)
§8-3 A-D转换	(302)

一、逐次逼近型A-D转换器	(302)
二、U-T 型双斜式A-D转换器	(305)
三、U-F 型 A-D转换器	(307)
四、高速A-D转换器	(309)
五、集成A-D转换器	(310)
§8-4 电子模拟开关与采样保持电路	(313)
一、电子模拟开关	(313)
二、采样保持电路	(316)
第九章 脉冲的产生和变换	(320)
§9-1 单稳态触发器	(320)
一、TTL与非门的负载特性	(320)
二、TTL与非门微分型单稳态触发器	(322)
三、TTL与非门积分型单稳态触发器	(325)
四、TTL准单稳态电路	(327)
五、其它类型单稳态电路	(327)
六、集成单稳态触发器	(330)
七、单稳态触发器的应用	(333)
§9-2 多谐振荡器	(335)
一、TTL简易多谐振荡器	(335)
二、RC 环形振荡器	(336)
三、石英晶体多谐振荡器	(340)
§9-3 施密特触发器	(341)
一、TTL与非门构成的施密特触发器	(341)
二、集成施密特触发器	(342)
三、CMOS施密特集成触发器	(344)
四、运算放大器构成的施密特触发器	(345)
五、施密特电路的应用	(346)
§9-4 锯齿波电压发生器	(347)
一、锯齿波电压的几个参数	(347)
二、锯齿波产生的基本原理	(348)
三、恒流源锯齿波电路	(349)
四、自举式锯齿波扫描电路	(350)
五、运算放大器构成的锯齿波电路	(351)
§9-5 定时集成电路及其应用	(353)
一、555 定时集成电路	(353)
二、555 定时器构成单稳态触发器	(355)
三、555 定时器构成多谐振荡器	(356)
四、555 定时器构成施密特触发器	(359)
五、555 定时器构成线性扫描电路	(360)
六、555 定时器的其它应用	(361)
习题	(364)
第十章 应用举例	(367)
§10-1 设定温度曲线控制器	(367)
一、电路基本结构	(367)

二、时间温度曲线预存储的有关问题.....	(368)
三、测温放大器及比较控制部分.....	(371)
四、地址计数器和时间定时部分.....	(372)
§10-2 数据采集系统简介.....	(373)
一、技术指标.....	(373)
二、模入部分.....	(373)
三、模出部分.....	(376)
习题.....	(376)
附录 I 半导体集成电路型号命名方法.....	(379)
附录 II 国标逻辑符号与部标逻辑符号的对照.....	(381)
本书主要符号.....	(383)
参考文献.....	(385)

绪 论

模拟信号与数字信号 电子线路中的信号分为模拟信号与数字信号两大类。模拟信号是指随时间连续变化的物理量，如电压、电流、温度和亮度等。可以用计量仪器测量出某个时刻模拟量的瞬时值，或某一段时间之内的平均值，或有效值。

数字信号是指随时间断续变化的信号。一般来说，数字信号是在两个稳定状态之间阶跃式变化的信号。模拟量和数字量之间可以转换，只要它们之间建立起一定的转换关系。例如，可以通过计算数字信号变化的次数来得到相应的模拟量，而不需要知道数字信号每次变化的具体大小。如果把数字信号看成是一种脉冲信号的话，只要计算脉冲的个数，或者研究脉冲之间的编排方式就可以了。

脉冲 脉冲现象是很多的，我们只研究电脉冲。脉冲是一个突然变化的过程，是一个不连续的现象。如电压、电流突然发生变化就是一个电脉冲。除正弦波之外的其它波形一般统称为脉冲波，如矩形脉冲、尖脉冲、钟形脉冲、方波、锯齿波、阶梯波和断续正弦波等等，见图1。

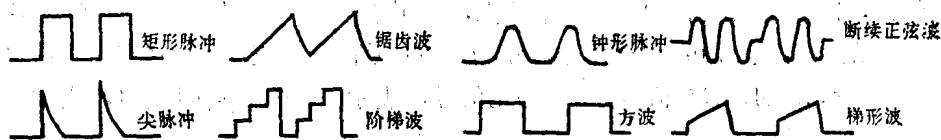


图 1 各种脉冲波形

脉冲参数 一个脉冲可以用一些参数来描绘，见图2。

U_m ——脉冲幅度。

t_r ——脉冲前沿时间。在图2中，前沿即指上升沿。它是指从脉冲幅度 U_m 的10%上升到90%的时间。因为对一般的脉冲波形很难断定脉冲的起始值和最大值的时刻，故作这样的规定。

t_f ——脉冲后沿时间。在图2中，后沿即指下降沿。它是指从脉冲幅度 U_m 的90%下降到10%所需要的时间。

t_w ——脉冲宽度时间。它是指 $0.5U_m$ 处脉冲宽度时间。

T ——脉冲的重复周期。脉冲的重复频率 $F = 1/T$ 。

T/t_w ——空度系数。它是脉冲重复周期与脉冲宽度的比值，是描绘脉冲疏或密的量。当然也可以用 t_w/T

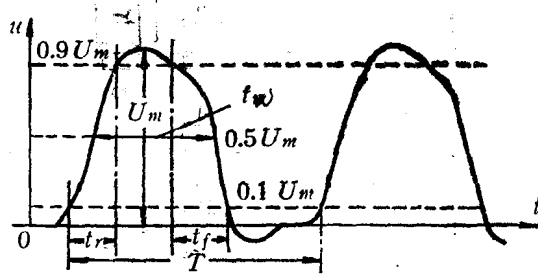


图 2 脉冲波形的主要参数

来描绘脉冲的疏密，用百分数表示时，称为占空比。

当脉冲结束后， $u(t)$ 所具有的数值，称为静态值，静态值可为正、负或零。脉冲出现后，幅度大于静态值的为正脉冲，小于静态值的为负脉冲。对负脉冲而言，前沿是下降沿，后沿是上升沿。

脉冲电路 脉冲电路主要是研究脉冲的产生、变换与测量的一门科学技术。尽管脉冲波的形状多种多样，但它们都有共同点，就是整个波形都是由若干个暂态和稳态过程所组成。为了获得暂态过程，脉冲电路必须包含两个组成部分。一个是开关，用来接通和断开电路，以破坏电路的稳态而建立暂态；一个是惯性电路，用以控制暂态过程的进行。我们所使用的开关是晶体管、二极管和集成电路，常用的惯性电路有 RC 、 RL 、 RLC 和延迟线。脉冲电路可用微分方程、拉氏变换等数学工具来分析。

数字信号表示方法 脉冲数字电路中，数字表示法与我们习惯的十进制数有很大不同。例如，从甲地向乙地传送的数字 0、1、2……9，可以用 0V、1V、2V、3V……9V 分别代替，见图 3(a)。对这种传送方式，要求发送端能送出 0V、1V、……、9V 十个等级的电压，需要两条传输线。接收端可以用电压表测量，但传送距离不能太远，否则线路损耗会带来误差。

图 3(b) 的方式需要十一条导线，但发送端只要送出一个电压就可以了，无需十个等级，数字可根据导线编号来判断。从收端看，哪条导线上有电压，就表示有传送数字，不需区分十个电压等级，只需区分电压的有无即可，传送距离可以远些。能否用较少的导线达到传送十个数字的目的？图 3(c) 就是一种这样的方案。每条导线可分有信号与无信号两种状态，四条导线共有 $2^4 = 16$ 个状态，从中选出十个状态来传送十个数字。A、B、C、D 无信号，表示 0；A 有信号，B、C、D 无信号，表示 1；B 有信号，A、C、D 无信号，表示 2；A、B 有信号，C、D 无信号，表示 3……，具体见表 1，表中“1”表

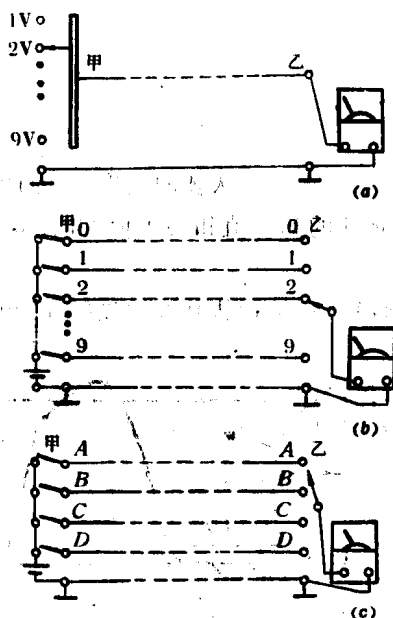


图 3 用二进制码传输信号

表 1 用二进制数传送十进制数

D	C	B	A	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

示有信号，“0”表示无信号。这样一种编排方式正好符合二进制的规则，逢二进一。每条线只有两个状态，正好用晶体管的饱和与截止分别来代表“0”、“1”这两个状态。所以数字电路中的数字就是一些用信号有无来表示的矩形脉冲，习惯上用“0”和“1”来表示，不同的“0”“1”组合，就代表不同的数字或电路的状态。在本门课程中所研究的数字信号是一种双值信号，所研究的数字电路的输入信号、输出信号也都是双值的。有信号时，只要脉冲的电位水平达到某个较大的值之上，则称为高电平；反之，只要脉冲的电位水平在无信号时低于某个较小值，则称为低电平。

数字电路 数字电路是一门研究数字信号的编码、运算、记忆、计数、存储、分配、测量与传输的科学技术。简单地说是用数字信号去实现运算、控制、测量的一门学科。数字电路的发展与集成电路的发展是密不可分的，所以本课程对集成电路的基础元件也给予适当地介绍。

数字电路具有如下特点：

- ① 数字电路中的器件往往作为开关工作在饱和或者截止状态，因而电路的稳定性好，可靠性高。保证电路正常工作对器件稳定性的要求不如模拟电路高。
- ② 电路只需识别信号的有无，这样就便于扩充数字的位数以获得较高的精度。
- ③ 数字信号便于处理和储存。
- ④ 数字电路便于集成，可大大降低成本，减小体积。
- ⑤ 便于采用数字计算机或微处理机来处理信息和参与控制。

上述特点使数字电路迅速发展，应用十分广泛，下面举例说明。

应用举例 脉冲数字电路的应用十分广泛，它普遍应用于自动控制、数控技术、计算技术、无线电定位、测量技术、遥测、遥控、电视、通讯等方面。下面通过枪弹出膛速度的测量来说明脉冲数字电路的应用。枪弹的出膛速度是很快，肉眼看不见，用秒表无法测量。我们可以采用图4的方法来测量。将弹头磁化，在枪口前放置两个线圈，

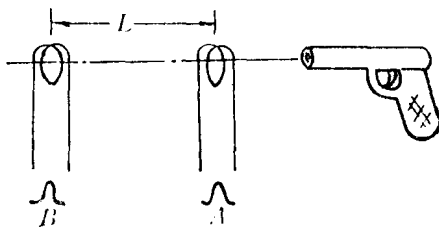


图4 测速示意图

相距 L 米，当弹头穿过两个线圈时，会感应出两个脉冲 A 和 B 。如果能够测出脉冲 A 与 B 的时间差 t ，就可以算出速度 L/t 。于是把测量速度转化成测量两脉冲的时间差。

时间差的测量可以通过图5的方框图进行，它由三部分组成。第一部分为控制门电路，它有两个输入端和一个输出端。一个输入端

端 E 上加有控制信号，高电平可使控制门开通，允许另一输入端 D 的脉冲通过控制门，当 E 加的控制信号为低电平时，控制门关闭。控制双稳态触发器（简称双稳电路）是具有两个稳定状态的单元电路，平时它的输出处于低电平，当 A 脉冲到来后，双稳电路变为高电平输出，当 B 脉冲到来后，双稳电路变为低电平输出，每来一个脉冲它改变一次自己的状态。于是 A 、 B 脉冲作用于双稳电路后可获得一个宽度等于 A 、 B 脉冲时间差的矩形脉冲波，把它加到控制门的 E 端，这样控制门电路的开放时间正好等于 A 、 B 脉冲的时间差。

加到控制门电路 D 输入端的脉冲是周期已知的标准脉冲，它是由第二部分时间基准

电路给出的。标准脉冲由一个石英晶体振荡器产生，经过放大整形变为矩形脉冲。再经过一串十分频器将脉冲的周期依次增加十倍。如果石英晶体振荡器的频率为 1MHz ，周期为 $1\mu\text{s}$ ，经过一个十分频器后脉冲的周期变为 $10\mu\text{s}$ 。于是得到一组周期分别为 $1\mu\text{s}$ 、 $10\mu\text{s}$ 、 $100\mu\text{s}$ 、 1ms 、 10ms 、 100ms ……的时间基准信号（时基），并作为度量的标准。

第三部分为计数显示部分，它把通过控制门的脉冲数计算下来，通过显示部分以数字形式显示出来。例如 $L = 1\text{m}$ ，时间基准放在 $100\mu\text{s}$ 处，测量结果由计数器显示16，即在 A 、 B 脉冲间隔内打开控制门，通过了 16 个 $100\mu\text{s}$ 的时基脉冲，所以时间间隔为 $16 \times 100 = 1600\mu\text{s} = 1.6\text{ms}$ ，弹头速度为 625m/s 。为了使测量达到一定精确度需要选择合适的时基量程。

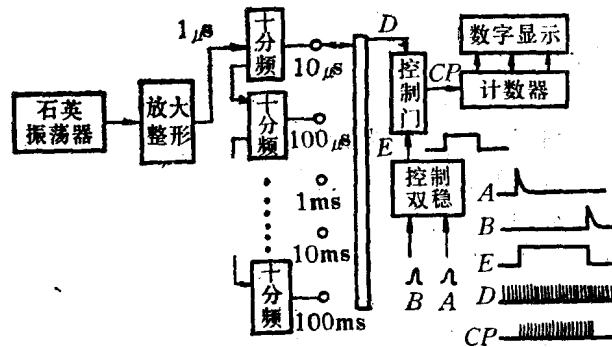


图 5 测速方框图

图 5 中，包括石英晶体振荡器在内的所有电路都是属于本课程的范围，当然这些仅仅是部分内容。通过上例我们看到，应用数字电子技术可以解决一些似乎很难解决的问题，数字电子技术在各个学科领域中十分有用，特别对于计算机、数字控制、数字化测量仪表、数字通讯等是必不可少的。

第一章 布尔代数和逻辑函数的化简

内 容 提 要

布尔代数和卡诺图是研究数字电路的重要工具。布尔代数是研究由与、或、非三种基本逻辑运算所组成的各种逻辑关系的一种数学工具。它可用于逻辑函数式的变换和化简。卡诺图是一种经常用来化简逻辑函数式的好方法。

布尔代数起源于十九世纪五十年代，是英国数学家G·Boole首先提出的。1938年，Shannon又把它发展成适合于分析开关电路的形式，称为布尔代数，或开关代数、逻辑代数。开关电路也就是数字电路。开关电路这个名称使用较早，更多地指有接点的继电器所组成的开关电路。数字电路这个名称使用较晚，更多地指晶体管、集成电路所组成的开关电路，有时也称为逻辑电路。在本课程中，我们只关心布尔代数在数字电路中的应用，只介绍与此有关的内容和数字电路中常用的名称和符号。例如布尔代数中的“并”和“交”，使用的符号为“ $\cup$ ”和“ $\cap$ ”，而我们称为“或”和“与”，使用的符号为“ $+$ ”和“ $\cdot$ ”。

§ 1-1 布尔代数的变量及基本运算定律

一、布尔代数的变量

布尔代数中的变量往往用字母 A 、 B 、 C ……表示。每个变量只取“0”或“1”两种情况，即变量不是取“0”，就是取“1”，不可能有第三种情况。它相当于信号的有或无，电平的高或低，电路的导通或截止。这使布尔代数可以直接用于双值系统逻辑电路的研究。

二、布尔代数的基本运算类型

布尔代数的基本运算类型有三种。

1. 加法：逻辑式为 $P = A + B$

它的定义是 P 为变量 A 和 B 的或函数，则称 P 为变量 A 和 B 的逻辑加。或运算相当于集合中的并，根据并集的概念，不难确定逻辑加法的运算规则：

$$A + B = P$$

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

$$A \cup B = P$$

$$0 \cup 0 = 0$$

$$0 \cup 1 = 1$$

$$1 \cup 0 = 1$$

$$1 \cup 1 = 1$$