

TTL 数字集成电路 应用入门

陈继努 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

TTL数字集成电路具有较好的电气性能，价格也不昂贵，因此得到广泛应用。

本书首先通俗地介绍数字电路的一些常用术语、二进制、逻辑代数等基础知识，然后分析TTL门电路和TTL触发器的工作原理，由浅入深地列举了不少应用电路和应用实例，最后介绍正确使用TTL电路的方法。可供有初步电子电路知识的工人、技术人员阅读。

TTL数字集成电路应用入门

陈继努 编著

王永江 校订

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1981年7月第一版
印张：11 20/32 页数：186 1981年7月天津第一次印刷
字数：264千字 印数：1—10,800册

统一书号：15045·总2498—有5209

定价：0.93元

前 言

TTL 数字集成电路具有较好的电气性能,价格也不昂贵,在数字通信、电子计算机以及自动化技术中得到很广泛的应用。本书将介绍小规模TTL 电路的工作原理、使用方法以及应用电路,在应用电路中还要讨论一些数字通信设备的常用单元电路。本书着重介绍电路的工作原理和应用。希望对具有初步晶体管线性电路基础知识的读者,在学习和应用数字集成电路时有所帮助。由于作者理论水平和实践经验都有限,书中不免会有不少缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

陈继努 王永江

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 模拟和数字	1
一、模拟量和数字量	1
二、模拟信号和数字信号	2
三、模拟通信和数字通信	3
第二节 二进制	5
一、十进制计数规则	5
二、二进制计数规则	6
三、二进制和十进制的转换	6
四、二—十进制	9
第三节 用电信号代表数字	10
一、逻辑信号	10
二、并行码和串行码	13
三、代码	14
第四节 逻辑代数	18
一、基本逻辑	18
二、基本恒等式	21
三、对偶性	25
四、从真值表列出逻辑式	26
第五节 晶体管开关	27
一、三极管的三种状态	27
二、三极管开关电路	29
思考题	31
第二章 TTL门电路	33
第一节 概述	33

一、TTL电路分类	33
二、TTL电路命名方法	34
三、TTL电路的封装	36
第二节 TTL与非门工作原理	37
一、与非门的逻辑功能	37
二、TTL与非门内部电路	38
三、内部电路分析	39
第三节 TTL与非门的特性和参数	43
一、输入特性和参数	44
二、输出特性和参数	47
三、转移特性和参数	49
四、抗干扰特性	51
五、电源特性和参数	53
六、时间特性	54
七、参数规范表	55
第四节 与非门的扩展和与或非门	56
一、与扩展	56
二、与或非门	57
三、与或扩展	60
第五节 其它类型的TTL电路	62
一、浅饱和的高速电路	62
二、肖特基二极管箝位甚高速电路	64
三、低功耗电路	66
四、DTL电路	67
第三章 TTL门电路的应用	69
第一节 利用与非门和与或非门组成其它门电路	69
一、非门	69
二、与门	70
三、或门	71

四、或非门	72
五、与或门	72
第二节 门电路组成的简单逻辑电路	73
一、门控电路	73
二、读出电路	75
三、识别电路	76
四、简单的码型发生器	76
五、汇总电路	78
第三节 异或门的应用	80
一、异或门	80
二、奇偶校验电路	83
三、同步电路	84
第四节 译码电路	87
一、译码原理	88
二、BCD—十进制译码电路	92
三、扭环形码译码电路	94
四、7/11位码变换电路	96
五、循环码译码电路	100
第五节 加法器	104
一、二进制加法规则	104
二、半加器	105
三、全加器	107
四、并行二进制加法器	109
第六节 时间电路	110
一、时间延迟电路	110
二、脉冲形成电路	116
第七节 单稳态电路	120
一、RC微、积分电路	120
二、微分型单稳态电路	121

三、积分型单稳态电路.....	123
第八节 振荡器	125
一、环形振荡器.....	125
二、具有RC定时电路的环形振荡器	126
三、多谐振荡器.....	128
四、晶体振荡器.....	131
思考题	131
第四章 TTL触发器	134
第一节 R—S触发器	134
一、工作原理.....	134
二、真值表和逻辑符号.....	138
三、时间特性.....	139
四、正脉冲触发的R-S触发器.....	141
五、优先置“1”和优先置“0”的R-S触发器	142
第二节 钟控触发器及其触发方式	144
一、什么是钟控触发器.....	144
二、R-S-T触发器	145
三、寄存和计数.....	149
四、空翻现象.....	150
五、触发方式.....	151
第三节 钟控触发器的功能	154
一、钟控R-S触发器.....	154
二、D触发器.....	156
三、T触发器.....	157
四、J-K触发器	158
五、触发器的转换.....	161
第四节 7CY13型D触发器	166
一、工作原理.....	166
二、异步端的功能.....	169

三、时间特性	170
四、特性参数表	173
第五节 7CS43型(T078)J-K触发器	175
一、工作原理	175
二、异步端功能	178
三、时间特性	179
四、特性参数表	182
第六节 电平触发D触发器	183
一、由与非门组成的电路	185
二、由与或非门组成的电路	185
第五章 触发器的应用	187
第一节 单只触发器组成的电路	187
一、手动逻辑信号发生电路	187
二、ADI变换电路	188
三、全“0”出“1”电路	190
四、归零码—不归零码变换电路	192
五、单一双变换电路	193
六、脉冲形成电路	195
七、施密特电路	196
第二节 寄存器	198
一、由R-S触发器组成的并行输入寄存器	199
二、由R-S-T触发器组成的并行输入寄存器	201
三、由D触发器组成的并行输入寄存器	202
四、串行输入寄存器	203
五、编码器中的寄存器	205
第三节 移位寄存器	208
一、由D触发器构成的移位寄存器	208
二、由J-K触发器构成的移位寄存器	211
三、双向移位寄存器	212

四、串行码—并行码变换电路	214
五、并行码—串行码变换电路	216
六、同步码检出电路	218
七、四零取代电路	219
八、主—从方式工作的移位寄存器	220
九、串行加法器	222
第四节 异步计数器	223
一、二进制计数器	224
二、减法计数器和可逆计数器	228
三、十进制计数器	230
四、任意进制计数器	234
五、同步保护电路	241
六、自动码发生器	242
七、时序脉冲发生器	244
第五节 同步计数器	245
一、异步计数器存在的问题	245
二、二进制计数器	247
三、任意进制计数器	249
第六节 环形计数器	254
一、基本环形计数器	254
二、扭环形计数器	259
三、 n 为奇数的扭环形计数器	266
四、伪随机码发生器	270
五、由D触发器组成的环形计数器	276
第七节 其它计数器	280
一、组合计数器	281
二、循环码计数器	289
三、反馈编码时序脉冲发生器	293
四、计数器小结	294

思考题.....	295
第六章 正确使用TTL电路.....	298
第一节 一般使用规则.....	298
一、焊接与安装.....	298
二、使用TTL组件的注意事项.....	299
三、输入端富裕或不足时的处理方法.....	300
四、负载配合.....	303
五、负载能力不足时处理方法.....	305
六、环境温度对工作特性的影响.....	306
七、电源电压对工作特性的影响.....	307
第二节 干扰及抗干扰措施.....	308
一、通过电源来的干扰.....	308
二、信号线间的串扰.....	310
三、反射干扰.....	311
四、通过地线来的干扰.....	314
第三节 TTL电路和其它器件的联接.....	315
一、TTL电路和晶体管电路的联接.....	316
二、TTL电路和运算放大器的联接.....	328
第四节 集电极开路门的应用.....	331
一、集电极开路门的特点.....	331
二、集电极开路门的应用电路.....	332
第五节 TTL电路直流参数测试方法.....	335
一、与非门测试方法.....	336
二、与或非门测试方法.....	339
三、异或门测试方法.....	341
四、D触发器测试方法.....	343
附录一 主要符号说明.....	346
附录二 有关小规模TTL电路的新标准.....	347
附录三 思考题答案.....	355

第一章 基础知识

本章将要介绍一些术语、常识和基本概念，为以后分析讨论逻辑电路作准备，这些内容是分析逻辑电路时所必须掌握的。

“TTL”是“晶体管—晶体管逻辑电路”的英文缩写，这是一种双极型数字集成电路。它和我们熟悉的放大电路、调制器、解调器等模拟电路不同，模拟电路是处理模拟信号的，而逻辑电路是处理数字信号的。那末什么是模拟信号什么是数字信号呢？“数字”“模拟”的含意是什么呢？我们就从这里开始讨论。

第一节 模拟和数字

一、模拟量和数字量

在日常生活和工作中会碰到各种数量，有些是连续变化的，有些是不连续变化的，我们把连续变化的量称为模拟量；而把有规律性的不连续变化的量称为数字量。例如，汽车的速度，从停止状态速度为0到很高速度，由慢到快就是连续变化的模拟量。而汽车的乘客人数则绝不会连续变化，只能以一个人作为最小单位，1个人、2个人……地计算，人数这个量就是不连续变化的数字量。

即使是模拟量也经常用数字方法来表示，这一过程的术语叫“量化”。例如“时间”，它不断地流逝着，是一个连续变

化的量，人们用钟表来测量它，表针不停地转动模拟地表示时间。而数字显示的电子手表，则用数字表示几点几分几秒，表示时间的数字在一秒当中没有变化，而是每隔一秒钟变化一次数字来表示新的时间。用这种方法表示的时间已经是数字量了，更确切一点地说是经过量化的模拟量。

同样，电压是个连续变化的模拟量，用指针电压表测试是模拟地表示；而用数字仪表测量则是数字化的表示，其结果是数字量。

二、模拟信号和数字信号

表示模拟量的电信号就是模拟信号，表示数字量的电信号就是数字信号。

例如声音是空气的振动，它的幅值是随时间连续变化的模拟量，通过话筒变成电信号，电信号的波形和声波的波形形状相同，是随时间连续变化的曲线，其电压值也就是模拟量，这个电信号就是模拟信号。对于话音信号来说，不论是放大，还是用载波传送，都不应该引起失真，所以需要模拟电路来处理，这里所说的模拟电路包括放大器、调制器和解调器等。

数字信号代表数字量的数字，若一个信号代表着多个数字，电路就难于区分，势必要使数字电路很复杂。如果所代表的数字只有0和1两种，信号只要用两种易于区分的状态来表示就行了，这样做电路中是很容易区分的。各位数字只取1和0的数是二进制数，数字电路中一般都用二进制，有关二进制的计数规则将在下一节详细介绍。

处理数字信号的电路是数字电路，数字电路输入、输出都是数字信号，它们不是1就是0，输出信号和输入信号之间的关系既不是放大也不是调制，而是一种逻辑关系，也可以叫做

逻辑运算——逻辑代数的运算。输入信号是自变量，输出信号是各自变量的函数，电路的功能可以用逻辑式来表达，因此数字电路也叫逻辑电路，而逻辑电路输入、输出的信号——代表数字的电信号，也就叫逻辑信号。讨论逻辑电路离不开逻辑代数，我们将在第四节中介绍一些逻辑代数最基本的知识。

三、模拟通信和数字通信

TTL电路在数字通信设备中也广泛应用着，本书在介绍电路应用实例时将要讨论数字通信设备中的一些单元电路，其中有一些适用范围已经不仅仅是通信了。为了以后讨论方便，在这里介绍一些有关数字通信的概念和术语。

五单位电传电报是一种数字通信，每一个符号（数字、字母、标点等）都占有五个单位信号时间（时隙）的长度。每个时隙发送“传号”（通常用数字1表示）或“空号”（通常用数字0表示），传号和空号的不同组合代表不同的数字、字母和标点。这样一份电报就可以编成一串代表数字的电脉冲在线路上传输。因此可以说是一种数字通信。

在电话通信中，市内电话直接传送属于模拟信号的话音信号，当然是模拟通信。载波电路传送的虽然是经过话音信号调制的载波信号，但是它的幅值仍然是随时间连续变化的，因此也是模拟通信。而脉冲编码调制（PCM）和增量调制（ ΔM ）的电话电路，则是数字通信。

例如 PCM 是一种用数字方式传递电话的时分多路通信系统。在发信端对各路话音信号分别取样，形成样值脉冲，样值脉冲的幅度代表话音信号的幅度；再把各路样值脉冲按次序排列在一起形成时分多路信号；再通过量化、模数转换，变成以二进制数码表示的数字信号送往线路。在收信端，通过数模转

换把二进制数码还原成样值脉冲，再按次序分配到各话路，经过滤波恢复成话音信号，完成电话通信。在线路上传送的是数字信号所以这也是一种数字通信。

在数字通信中，每一位二进制数字称为一个码元，码元所处的位置称为码位，若干个码元组成一个码组。每一个样值脉冲可用一个码组来表示。在时分多路通信中，各个话路的信息是依次轮流进行取样的，各路均循环轮流一次称为一个取样周期，或称为一帧。假如，每一个样值脉冲用 8 位二进码元来表示，在 PCM30/32 路设备中，一共有 32 个话路，每一个取样周期就应有 $32 \times 8 = 256$ 个二进码元，这 256 个二进码元组成一帧。每一个二进码元所含有的信息量为一毕特，每一帧就有 256 毕特信息。因此，一毕特也就意味着一位二进制数。在数字通信中信息传输速度是以毕特/秒为单位。PCM24 路脉码通信设备的传输码率为 1544 千毕特/秒，常写为 1544Kb/s。而 PCM30/32 路脉码通信设备的传输码率则为 2048 Kb/s。不难看出，在 PCM30/32 路脉码通信设备中，一毕特的时间宽度正好为

$$\frac{1}{2048\text{Kb/s}} \approx 0.49\mu\text{s}。$$

数字通信与模拟通信比较，最突出的优点是抗干扰能力强。因为在模拟通信中，不论是载波电话还是无线广播，声音的变化表现为传输波形的幅度变化，很容易受外界噪声的干扰。而在数字通信中，声音的变化经取样，量化和编码后，表现为数字码的不同组合，与传输信号的幅度大小无关，外界噪声干扰很容易通过对码字的再生去掉。当然，数字通信还有其他一些优点，这里就不多讨论了。

第二节 二 进 制

一、十进制计数规则

在讨论二进制之前，先总结一下我们所熟悉的十进制计数规则，这对于掌握二进制计数规则是有帮助的。十进制计数规则是：

(1) 在十进制中只用十个数字，即：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9，最大的一位整数是9，超过9的整数就要写成多位数，进位的方法是逢十进一。

(2) 从小数点往左数第一位是个位，这一位的计数单位是1；第二位是十位，计数单位是10，这一位的数字是以一当十；第三位是百位，计数单位是100；……

从小数点往右数第一位是十分位，这一位的计数单位是 $1/10$ ，第二位是百分位，计数单位是 $1/100$ ；……

某一位的计数单位又称这一位的“权”，以后本书均使用“权”这个名词。十进制中各位的权可以写成10的整数次幂的形式。小数点往左数第一位，个位的权是1可写为 10^0 ；第二位，十位的权是10可写为 10^1 ；第三位的权是100可写为 10^2 ；……第 n 位的权就可以写为 $10^{(n-1)}$ 。同理，小数点往右数第一位、十分位的权是 $1/10$ 可写为 10^{-1} ；第二位的权可写为 10^{-2} ；……第 m 位的权可以写为 10^{-m} 。

(3) 利用权的概念可以把一个十进制数展开为一个多项式。例如205.7可以展开为：

$$205.7 = 2 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1}$$

推而广之，一个十进制数 $(N)_{10}$ （下角注代表十进制），它是由数字 d 排列出来的，它的结构为：

$$(N)_{10} = d_n d_{n-1} \cdots d_2 d_1 d_0 \cdot d_{-1} d_{-2} \cdots d_{-(m-1)} d_{-m}$$

式中 d 代表数字，它只能是0、1、2、…8、9这十个数字中的一个。如果写成多项式形式则是：

$$(N)_{10} = d_n \cdot 10^n + d_{n-1} \cdot 10^{n-1} \cdots d_2 \cdot 10^2 + d_1 \cdot 10^1 + d_0 \cdot 10^0 \\ + d_{-1} \cdot 10^{-1} + d_{-2} \cdot 10^{-2} \cdots \cdots d_{-(m-1)} \cdot 10^{-(m-1)} + \\ + d_{-m} \cdot 10^{-m}$$

二、二进制计数规则

仿照十进制计数规则也可以写出二进制计数规则。

(1) 在二进制中只用两个数字，即0和1，最大的一位整数是1，超过1的整数就要写成多位数，进位的方法是逢二进一。

(2) 二进制各位的权可以写成2的整数次幂的形式，小数点往左数第一位的权是 $2^0 = 1$ ，第二位的权是 $2^1 = 2$ ，第 n 位的权是 2^{n-1} 。小数点往右数第一位的权是 $2^{-1} = 1/2$ ，第二位的权是 $2^{-2} = 1/4$ ，第 m 位的权是 2^{-m} 。二进制各位的权数如下：

							·				
2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	小数点	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}
64	32	16	8	4	2	1		0.5	0.25	0.125	0.0625

(3) 二进制数也可以展开为多项式。例如二进制数1011.01展开以后是：

$$(1011.01)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 \\ + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

三、二进制和十进制的转换

由于二进制和十进制计数方法不同，若用两种计数方法表

示同一个数，写出来的形式也不一样，形式虽然不同，数值却是一样，因而通过一些演算，可以把两种形式互相转换。这种互相转换也可以看成是一个“翻译”过程，把用这种计数方法表示的数翻译成另一种计数方法表示的数。如果用电路来完成这一翻译过程，则这个电路就叫“译码器”或者“译码电路”。

1. 二进制数转换为十进制

先把二进制数写成多项式形式，再把多项式解出来，其结果就是与之对应的十进制数。

例如把二进制数 $1011 \cdot 01$ 转换为十进制数。

$$\begin{aligned}(1011 \cdot 01)_2 &= 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \\ &\quad + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} = 8 + 2 + 1 + 0.25 = (11.25)_{10}\end{aligned}$$

即二进制数 $1011 \cdot 01$ 所代表的数用十进制计数方法表示是 $11 \cdot 25$ 。

又如把 $(1100011)_2$ 转换为十进制数。

$$(1100011)_2 = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = (99)_{10}$$

由这个例子可见，对于99这个数，用十进制计数需要两位，而用二进制则需要六位，比十进制要多用几位，如果数字很大，多用的位数则更多。

一般地说，一位十进制数可以表示 $0 \sim 9$ 十个数，两位十进制数可以表示 $0 \sim 99$ 一百个数， n 位十进制数可以表示 10^n 个数，其数值等于下一位的权。同理一位二进制数可以表示 $0、1$ 两个数，两位二进制数可以表示 $0 \sim 3$ 四个数， n 位二进制数可以表示 2^n 个数。

2. 十进制数转换为二进制

把十进制数用2去除，如果除得尽余数为零，如果除不尽就