

马健华 王时钟 译

数字器件的原理和应用



机械工业出版社

73.87237

469

• 中国仪器仪表学会 •

数字器件的原理和应用

(美) R·A基伯特 著

马健华 王时钟译

王良楣校

机 械 工 业 出 版 社

DT57/14

内 容 简 介

《数字器件的原理和应用》介绍了数字器件的基本运算及典型集成电路的特性。研究了数字电路在计算机接口、过程时序、硬件数字控制系统和过程数据通讯中的运用。并从用户的观点着重讨论了器件在控制和监视系统中的应用。

《数字器件的原理和应用》对仪器仪表与控制工程的工程师、科研人员及技术管理人员，提供了有关数字过程控制子系统的硬件等方面的知识；亦可用作大专院校师生的主要辅助教材或参考书，特别值得用户中的工程师和科技工作者借鉴。

Principles and Application of Digital Devices

R.A. Gilbert

1982

数字器件的原理和应用

(美) R.A. 基伯特著

马健华 王时钟译

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市振华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092-1/32·印张 5 3/4·字数 120 千字

1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷

印数 0,001—4,000·定价1.50元

统一书号: 15033·6253H

前 言

中国仪器仪表学会最近组织选译了一批美国仪器仪表方面的科学技术图书,这批书是为从事仪器仪表事业的科技人员和管理干部而编写的。它简明地叙述了仪器仪表的结构、原理和应用,总结了科研、生产、实践的经验。文字通顺易懂,实用性强,是仪器仪表工程技术人员很好的参考书。

这批书有下列五种:

- 1.《销售工程》 (美)小H·N鲁塞尔著
- 2.《数字器件的原理和应用》 (美)R·A基伯特著
- 3.《危险场所的电气安全与仪器防护》 (美)W·卡德尔著
- 4.《数字电路及报警系统》 (美)T·G菲塞尔著
- 5.《测试基础》 (美)R·L摩尔著

这批书将由机械工业出版社陆续出版,我们深信这批书的出版将会受到从事仪器仪表工程的技术人员和干部的欢迎,也会促进仪器仪表工业的发展。

《数字器件的原理和应用》是由马健华、王时钟译,王良楣校订。毛剑瑛、张成本同志提供协作。

由于水平所限,错误与不恰当之处在所难免,欢迎读者提供宝贵意见。

中国仪器仪表学会

一九八五年六月

目 录

第一章 电学的数据表示法	1
1-1 简介	1
1-2 ASCII表示法	2
1-3 二进制码	4
第二章 逻辑器件	6
2-1 逻辑运算	6
2-2 与运算	7
2-3 或运算	8
2-4 与非运算	9
2-5 或非运算	10
2-6 反向和异或	11
2-7 逻辑运算的组合	12
2-8 联锁系统	14
2-9 逻辑门	15
2-10 逻辑器件外壳	18
2-11 器件执行方案	19
第三章 计数	26
3-1 另一种码—BCD	26
3-2 计数器	27
3-3 7490	29

3-4	串级计数器	32
3-5	7493	32
3-6	74160系列	34
3-7	74160系列数据图	36
3-8	同步计数	38
3-9	74190计数器系列	42
第四章	码和译码器	45
4-1	码	45
4-2	编码器	47
4-3	译码器	49
4-4	顺序器	58
第五章	数据选择器和数据分配器	60
5-1	数据选择器	60
5-2	数据分配器	68
5-3	顺序数据分配系统	71
5-4	一个过程控制器的应用	75
第六章	计时电路	84
6-1	无稳态器件	84
6-2	单稳态器件	87
6-3	74121	88
6-4	克服跳动	90
6-5	扇入, 扇出和驱动器	90
第七章	锁存	94
7-1	R-S锁存器	95

7-2	J-K锁存器.....	97
7-3	选通锁存器	98
7-4	触发器	99
7-5	主-从触发器	100
7-6	锁存器件	104
7-7	选用触发器	114
7-8	三态器件	116
7-9	应用实例	120
7-10	开集电极器件.....	133
第八章	移位寄存器.....	137
8-1	寄存器	138
第九章	存储器件.....	144
9-1	7489	147
9-2	可编程存储控制器	149
9-3	可编程自动定时器	152
第十章	系统间通讯.....	156
10-1	数据传输.....	156
10-2	ASCII码.....	170

第一章 电学的数据表示法

1-1 简介

监视和控制操作的实质涉及对信息的测定，这些信息描述了受监视或受控制的机器或过程的状态。首先要考虑的是这些过程数据的表示和传递。模拟量和数字量的表示提供了表示电学数据的两种主要方法。

在模拟量表示法中，使一个连续的电学变量在某一点上的变化反映了被模拟的量在哪些点上的数值变化。例如，某一范围的压力测量可以表示为 $4 \sim 20\text{mA}$ 的电流变化或 $0 \sim 10\text{V}$ 的电压变化，在特定压力与特定电压和电流间具有单质关系。这个关系通常是线性的或者接近线性。这种表示方法通常是最有效的数据表示法。

数字量表示法建立在用电流和电压的不连续型式通过编码法来表示系统中的状态。为了使信息失真减至最小可能及便于制造编码器，电学模式通常被限定为两个基本信号，即接通或切断电流，接通或断开电压，或为两个具体电流值之间或两具体电压值之间的类似变化。这样就产生

8610908

了经得起推敲的数据表示法。实质上就是两个状态或为二进制性质的信息,这是一种合乎规律的表示法;触点接通或断开,马达接通或断开,或者是压力低于或超出极限范围。

一个更细微的情况需要用一种表示法,要能识别两状态之间的高低程度,如介于 $500\sim 700\text{r/min}$, $5.2\sim 7\text{V}$, $20\sim 21\text{磅/ (英寸)}^2$ 之间的数值。信号必须以数字表示。这种表示也应便于比较和选择过程,使其有可能进行各种数学运算。这种表示法将允许代表某一变量的信号转变成代表其它变量的信号,例如变换速度和时间成为所走的距离,或者变换压力为每分加仑数。

解决这些问题最通用的办法是使用 0 和 5 V (在一特定公差内) 的组合把信息编码为电压模式。这不是用电学的数字量表示信息的唯一方法。但对这种具体方案(二进制表示法)的研究对其它方法也可提供依据。

1-2 ASCII表示法

最简单的编码法要算美国信息交换标准代码所提供的,一般即缩写为ASCII。这种技术用了一个由七位数字(比特)组成的模式去表示字母和数,有时使用一个附加位(奇偶位)去验证采用的模式确实被正确地编码了。在该模式中的每一位只能是 0 V 或 5 V 之中的一个值。0 V 和 5 V 这两个值也有种种叫法,如低和高,逻辑零和逻辑 1,假和真。我们将使用低和高或者逻辑零和逻辑 1

去分别表示 0 V 和 5 V 所代表的状态。使用 0 和 1 的一些 ASCII 编码表示如下：

数	字 母
0 011 0000	A 100 0001
1 011 0001	B 100 0010
2 011 0010	C 100 0011
3 011 0011	D 100 0100
4 011 0100	a 110 0001
5 011 0101	b 110 0010
6 011 0110	c 110 0011
	d 110 0100

在这些模式中不包括额外的奇偶校位，这一点后面将要讨论。

1 和 0 这两个模式将出现在使用 5 V 或 0 V 的导线上。通过利用以下所示的电压模式，由设备 A 发送数“4”到设备 B 时，连校验位共需 8 根线：

导线（位） 76543210

电压 *0550500

这称之为并行数据传输。注意 * 7 导线上 * 的使用。它表示这一位的电压是未被指定的。另一个可行的方法是按约定的定时程序，以改变单根导线上电压的方式使该模式能一次一位地在此线上往下传送，线上的电压按照已约定的定时和 ASCII 模式从 0 V 转换至 5 V 直至需要的信息

被传送出为止。后面我们将相当详细地讨论这种串行数据传输，它类同于用Morse电报码传输。

1-3 二进制码

由于强调了数的位数，就有很多可能的电学的数字编码法，目前，我们打算把重点放在最权威，简单的方法上，即二进制码。二进制码提供的信号模式使所表示的数据便于运算，既便于它的电学产生，传输和接收，又便于产生象加、减、乘和除这样的算术运算结果。

在我们讨论用二进制表示数目之前，有必要看一看一般在非数字式电子领域中常用的表示数的方法。

最常用的是十进制；数字从0到9所组成的模式中的每一位都带有一个固有的权值。它以10的乘方存在，因此十进制数7520意味着：

7	5	2	0	十进制数
10^3	10^2	10^1	10^0	固有位的权
1000	100	10	1	等同的值

$$7 \times 10^3 + 5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 0 \times 10^0 = 7520$$

因为每一位的权以10的乘方增加，这种进制就称为一个以10为基数或根数的，或使用了模十的制式。

二进制进位被限定为数2而不是数10，因而其位权是2的乘方而不是10的乘方。我们可以用10110为例。它的二进制位的权以及转换成十进制的等量值表示如下：

1 0 1 1 0

二进制数

 $2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$

固有位的权

168 4 2 1

等量值

$$(1 \times 16) + (0 \times 8) + (1 \times 4) + (1 \times 2) + (0 \times 1)$$

$$= 22 \text{ 十进制}$$

十进制数及与它等值的二进制数表示如下：

0 0000

5 0101

1 0001

6 0110

2 0010

7 0111

3 0011

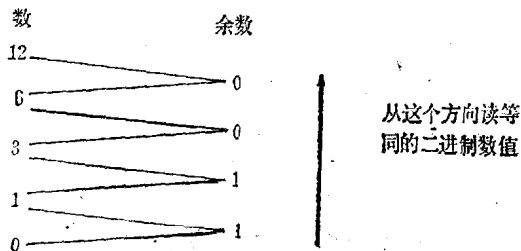
8 1000

4 0100

9 1001

从十进制转换为二进制的技术是很有用的，可以通过用 2 重复除十进制数完成，每次用 2 除后记下余数，重复做此除法直至被除的数目为零。第一个余数是二进制数表示法中的最靠右面的一位或称为最低有效位。

后面，我们将用这种相同的技术手法把十进制数转换为以任何基数来表示的数。



二进制等效值1100

第二章 逻辑器件

2-1 逻辑运算

我们所要研究的那些器件的逻辑运算应对一个具体的输入模式产生一个特定的响应。在任何一瞬间，每一个输入状态仅能有两个可能值——逻辑零和逻辑1。逻辑运算的结果也被限定为一个逻辑零或一个逻辑1。图2-1(a)列举了一个大家所熟知的与(AND)运算的逻辑值的例子。与运算的特性将在后面讨论。现在只需要考虑各输入语句和输出语句。所举三个输入语句是涉及到一个为使汽车安全行驶的重要特定条件的一些问题。这个例子是重要的，因为它说明了一种方法，在该方法中，一个物理状态能够被转化为一种抽象的表示，即1或0，然后又转换为一个物理信号，表示为5V和0V。每一个回答可能被指定为一个逻辑值。例如，“门都关上了吗？”这个问句可能的回答是“是”(yes)或为“否”(no)。如果是“是”作为响应，则相应的语句被指定为一个逻辑1的值。在这种情况下，相当于“启动发动机”的输出语句只

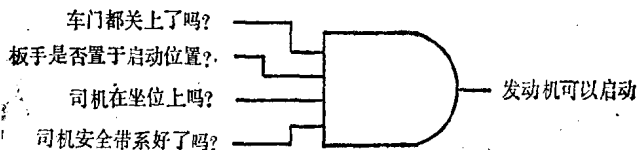
有在全部输入变量都为逻辑 1 时，才能通过“与”器件被指定为一个逻辑 1 的值。若任一输入变量为逻辑零，则输出语句被指定为逻辑零。

与若干个独立的输入变量具有函数关系的输出能通过几个逻辑操作的组合来产生。一些基本的逻辑型式表示如下。

2-2 与运算 (AND)

假如 A 是一个输入条件而且 B 也是一个输入条件，在 A 与 B 作用下，通过与运算，C 应该有如下结果：当 A 为逻辑 1 而 B 为逻辑 1 时，C 将被置为逻辑 1。对其它的各种输入组合（也就是 A 为 1 而 B 为零，A 为零而 B 为 1，A、B 均为零）输出状态被指定为一个逻辑零值。输入条件的数目不是重要的。与运算仅在全部的输入为逻辑 1 值时，其输出方为一个逻辑 1 值。图 3-1 (a) 表示了多输入端与运算的例子。汽车启动装置的马达只有在全部的输入条件（也就是门关上了，司机安全带系好，点火板手置于启动）被满足时才启动汽车。若这些输入条件中有一个被指定为逻辑零值，则与门输出为零并且发动机不允许被启动。图 3-1 (b) 以表格的形式概括了这一逻辑运算。这个真值表表示了当输入条件为 1 和零时的输出状态。结果是发动机启动的这一仅有情况是当全部输入状态都为逻辑

1 时。



(a) 多端输入与运算

输 入			输出
C	B	A	Q
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(b) 多端输入与运算真值表

图2-1 与运算特性

2-3 或运算 (OR)

或运算在其输入条件中任一个为逻辑 1 时其输出为高电平。图2-2给出了或运算例子。在图2-2(a)中, 在两个输入条件中任一个为高时, 表示发动机可以启动的信号

就被置为高。只有当两个输入变量为逻辑零时，它的输出语句才为低。因此，如果对两个输入问句的否定响应都是低信号，发动机不能启动。



(a) 双输入或运算



输 入		输 出
B	A	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

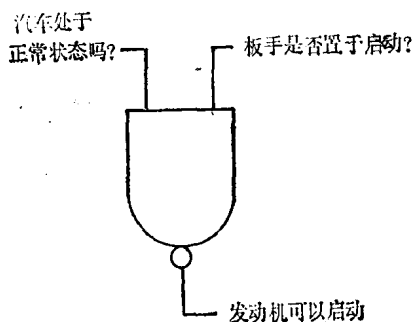
(b) 或运算真值表

图2-2 或运算特性

2-4 与非 (NAND) 运算

第三个重要的运算是与非运算。图 2-3 概括了它的特性。请注意与非运算正好和与运算相反。当与非运算的全部输入为高时，它的输出为低。对其它的全部输入组态，与非运算输出均为一个逻辑 1 值。图 2-3 (a) 说明了一个两输入与非运算。如果有一个或两个输入变量为逻辑零，也就是说对输入问题之中的一个答案是否定的，输出被置为高，发出信号表示发动机可以启动。当两个输入开关变

量都为逻辑 1，则输出状态为低，发出信号表示发动机不能启动。



(a) 双输入与非运算

输 入		输 出
B	A	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(b) 与非运算真值表

图2-3 与非运算特性

2-5 或非 (NOR) 运算

图2-4所示为或非运算及其真值表，如果而且只有当全部的输入状态是逻辑零时，它才产生一个逻辑 1 的输出。例如，在图2-4 (a) 中，如果输入的问题中有一个逻辑状态为 1，也就是说对任一个输入问题的响应是“是”，那么，或非运算输出为逻辑零；发动机不能启动。