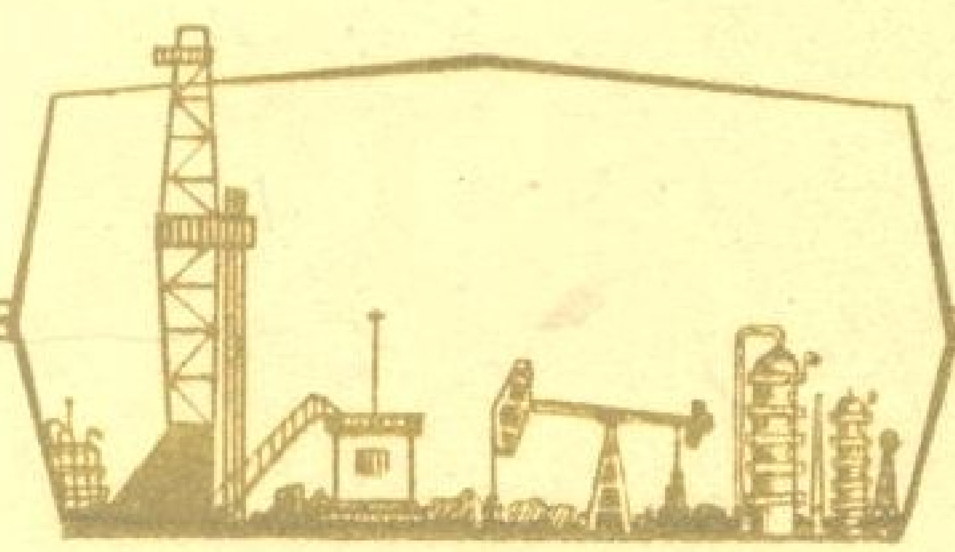
高等学校教学用书

数字地震仪

上册

集成电路基础

《数字地震仪》编写组编



石油工业出版社

6208

数 字 地 震 仪

上 册

集 成 电 路 基 础

《数字地震仪》编写组 编

石 油 工 业 出 版 社

内容提要

全书分上、下两册。本册着重介绍半导体数字集成电路和模拟集成电路及其应用。第一篇数字集成电路，较系统地介绍了数字逻辑的基本知识和各种逻辑电路的工作原理、主要电气特性及参数测试。第二篇模拟集成电路，以集成运算放大器为主，对电路的功能、典型电路的原理、参数测试及一般应用作了较详细的阐述。书末并附有集成电路的命名方法、电平转换电路及国内外部分集成电路产品对照表

本书可供从事数字地震仪、电子计算机及其它数字化设备的操作、维修人员和有关院校师生参考。

数字地震仪

上　册

集成电路基础

《数字地震仪》编写组　编

*

石油工业出版社出版发行

（北京和平里七区十六号楼）

大厂县印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16印张35 1/4字数882千字印数5,951—8,150

1979年7月北京第1版　1980年6月北京第2次印刷

书号15037·2027　定价3.60元

限国内发行

前　　言

随着我国石油地震勘探技术和装备的不断地革新和发展，数字地震仪和数字电子计算机越来越广泛地用于地震勘探和资料处理。为了适应新的形势，满足石油物探工作人员的需要，在石油工业部勘探司的大力支持下，由大港油田地质调查指挥部、胜利油田地质调查指挥部、华东石油学院勘探系和江汉石油学院勘探系组成《数字地震仪》编写组，编写了《数字地震仪》一书，全书分两册出版。

上册《数字地震仪——集成电路基础》的第一篇数字集成电路，由董栋、饶文松、陈重明同志编写，经潘正良同志审阅。第二篇模拟集成电路，由徐孝文同志编写，原稿经周宁华同志审阅。

下册《数字地震仪——电路原理》由张昌义、陈正华、陈其威、王本善、宋金印、王安南、张均林、周宝成等同志编写，经张昌义和陈正华两同志审阅定稿。

全书在编写过程中，得到了西安石油勘探仪器总厂、重庆地质仪器厂、北京半导体元件二厂、上海元件五厂、北京大学、复旦大学、北京航空学院等单位的大力支持，在此顺致谢意。

由于编写水平有限，书中难免出现错误和不足之处，恳请读者批评指正。

《数字地震仪》编写组

一九七八年五月

目　　录

第一篇　数字集成电路

第二篇　模拟集成电路

第一篇 数字集成电路

第一章 数字逻辑的基本知识

在这一章里，我们首先介绍数字逻辑的基本知识——数制、码制、基本逻辑电路及正负逻辑的定义等等。这些内容既是数字集成电路的初学者必不可少的入门知识，又是进一步研究和讨论较为复杂的数字电路的基础。

第一节 常用的四种进位计数制

一、十进制数

人们在阶级斗争、生产斗争和科学实验中创造了许多计数方法，各种不同的计数方法称为计数制。日常生活中最常用最熟悉的一种计数方法就是十进位计数制。这种计数制有三个特点：

1．它采用十个不同的数字符号0，1，2，3，4，5，6，7，8，9来表示数值部分，我们把这些数字符号叫做数码。数码不同的组合表示不同的数值，如用三个不同的数码1，2，3可以组合成六个不同的数值：123，132，213，231，321，312。

2．它的计数规律是“逢十进一”。即低位计满“十”，就向高位进“一”，低位记零。

3．数码处于不同的位置（不同的数位），它所代表的意义是不同的。例如在555这个数中，虽然用的数码都是“5”，但每个“5”代表着不同的意义：右边的“5”表示个位（即10^0位），其值为5×10^0；中间的“5”表示十位（即10^1位），其值为5×10^1；左边的“5”表示百位（即10^2位），其值为5×10^2。“555”这个数读作五百五十五，用数学表达式可写成

$$555=5\times10^2+5\times10^1+5\times10^0$$

对于任意一个十进制数R，都可以写成以“10”为底的幂的和式

$$(R)_{+}=\pm[K_n(10)^n+K_{n-1}(10)^{n-1}+\cdots+K_1(10)^1+K_0(10)^0+K_{-1}(10)^{-1}+\cdots+K_{-m}(10)^{-m}]$$

$$=\pm\sum_{i=n}^{-m}K_i(10)^i$$

式中m，n为正整数；K_i可取0，1，2，3，4，5，6，7，8，9十个数码中的任意一个，它由R决定；圆括号内的“10”称为计数制的基数。所谓基数，就是在计数制中所用到数码的个数。当基数是十，每位计满十就向高位进一，即“逢十进一”，这种进位制就是十进制。字母R括号外边的“十”，用来表示括号内的数为十进制数。

除了十进制数之外，人们在日常生活和工作中还采用许多其它的进位计数制。例如时钟，六十秒为一分，六十分为一小时，它是六十进制的；旧秤十六两为一斤，它是十六进制的；数字系统中广泛采用的是二进制。

二、二进制数

与十进制数类似，二进制数也具有三个特点：

1．它采用两个不同的数字符号0、1来表示数值部分，我们也称这两个数字符号为

数码。

2．它的计数规律是"逢二进一"。即低位计满二，向高位进一，低位记零。

3．数码的位置（数位）不同，所代表的意义也不同。例如二进制数111，它的各位虽然都是1，但各个1代表不同的意义：右边的"1"表示2^0位，其值为1×2^0；中间的"1"表示2^1位，其值为1×2^1；左边的"1"表示2^2位，其值为1×2^2。二进制数111可写成下面的数学表达式

$$(111)_{二}=1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$$

对于"1111.11"这个数，它在十进制和二进制中各个"1"所表示的数值是很不相同的

数：	1	1	1	1	.	1	1
十进制：	10^3	10^2	10^1	10^0		10^{-1}	10^{-2}
二进制：	2^3	2^2	2^1	2^0		2^{-1}	2^{-2}

由此可列出十进制数与二进制数的对应关系表（见表1.1）。

表 1.1

整数		小数	
二进制数	十进制数	二进制数	十进制数
1	1	0.1	0.5
10	2	0.01	0.25
100	4	0.001	0.125
1000	8	0.0001	0.0625
10000	16	0.00001	0.03125
100000	32	0.000001	0.015625
1000000	64	0.0000001	0.0078625
10000000	128	0.00000001	0.00390625
⋮	⋮	⋮	⋮

任意二进制数R，都可以写成以2为底的幂的和式

$$(R)_{二}=\pm[R_n(2)^n+R_{n-1}(2)^{n-1}+\cdots+K_1(2)^1+K_0(2)^0+K_1(2)^{-1}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m}]$$

$$=\pm\sum_{i=n}^{-m}K_i(2)^i$$

式中m，n为正整数；K_i是0、1两个数码中的任意一个，它由R决定；括号内的2称为二进位计数制的基数；字母R括号外的数"二"表示括号里的数是二进制数。各种不同进位制的数均以括号外的数加以注明。

二进制数对于我们来说虽然很不习惯，但在数字系统中，却具有重要的实用价值。它在数字电子计算机、数字地震仪和其它数字仪器中，得到了广泛使用。其优点如下：

1．每个二进制数只有两个数码（"0"或"1"），所以每位数都可以用具有两种不同稳定状态的元件来表示。制造具有两种稳态的元件比制造多种稳态的元件容易得多。事实上，许多元件本身都具备两种稳定状态。例如晶体管的饱和与截止；继电器的吸合与释放；指示灯的亮与灭……，只要确定其中一种状态表示"1"，另一种状态表示"0"，它就可以表示一位二进制数。

2．采用二进制运算可节省设备。例如用十进制表示从0～999的数，必须用三位十进制数，而且每位必须具备十种不同稳定状态，因此共需三十种稳定状态。如果用二进制表示这些数，只用十位二进制数就足够了，因为十位二进制数按不同的组合方式可以表示1024个数，它的每一位只需两种稳定状态，故总共仅需二十种稳定状态。由此可见，用二进制数可以节省设备。

3．因为二进制数中的"0"、"1"采用了两种差异很大的状态来表示，如脉冲的有无，晶体管的饱和截止，电位的高低等，所以机器工作稳定、可靠、抗干扰性强。

4. 采用二进制后能够应用逻辑代数来研究逻辑线路，而逻辑代数为逻辑线路的设计和分析提供了强有力的工具。

5. 在二进制数中只有“0”、“1”两个数码，它的加、减、乘、除等算术运算规则要比十进制简单得多。二进制的运算法则，只要记住加法三条，乘法三条就可以了，不象十进制那样，加法、乘法各有几十条法则。二进制运算法则如下

加法：		乘法：
$0+0=0$		$0\times0=0$
$0+1=1+0=1$		$0\times1=1\times0=0$
$1+1=10$		$1\times1=1$

由于减法和除法分别是加法和乘法的逆运算，所以它们没有新的运算规则，下面仅举几个例子，看看二进制运算法则的具体应用

加法

```
     1111
 +)  1010
 --------
    11001
```

减法

```
     1101
 -)  1011
 --------
     0010
```

乘法

```
      1101
  ×)  1010
  --------
      0000
     1101
    0000
   1101
  --------
  10000010
```

除法

```
           11100
      ----------
 1101) 101110101
       1101
       ---------
        10100
         1101
       ---------
          1111
          1101
       ---------
          1001
```

从乘法的例题中可以看出，二进制数的乘法是这样进行的：当乘数为1时，把被乘数照抄一遍，它的最后一位与相应的乘数位对齐；当乘数为“0”时，其积全为“0”，不起任何作用；当所有的乘数位算完之后，只要把各个部分乘积相加就得到最终结果。可见，二进制数的乘法实际是由“加法”和“移位”两种操作实现的。

从除法的例题中可以看出，二进制数的除法实质上是由“减法”（减除数）和“移位”两种操作来实现的。

二进制虽然具有这些独特的长处，但它也有一些短处。如二进制数书写起来很长；只有0、1两种数码，容易写错；另外它与十进制的转换也不太直观。例如二进制数1100011，不能立即写出它所表示的十进制数，而必须经过一定的换算才能得出所对应的十进制数是99。为了弥补这些不足，还会经常用到八进制和十六进制。

三、八进制和十六进制数

比较十进制数与二进制数的数学表达式，发现它们之间除了十进制数的基数为“10”，二进制数的基数为“2”以外，几乎没有什么区别，即

$$(R)_{十}=\pm[K_n(10)^n+K_{n-1}(10)^{n-1}+\cdots+K_1(10)^1+K_0(10)^0+K_{-1}(10)^{-1}+\cdots+K_{-m}(10)^{-m}]$$

$$(R)_{二}=\pm[K_n(2)^n+K_{n-1}(2)^{n-1}+\cdots+K_1(2)^1+K_0(2)^0+K_{-1}(2)^{-1}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m}]$$

由此可以得出任意Q进制数R的数学表达式

$$(R)_Q=\pm[K_nQ^n+K_{n-1}Q^{n-1}+\cdots+K_1Q^1+K_0Q^0+K_{-1}Q^{-1}+\cdots+K_{-m}Q^{-m}]$$

式中m，n为正整数；Q是进位制的基数；K_i可以是Q个数码中的任一个，它由R决定。

显然，当$Q=8$时，它就是八进制数，K_i可以是0，1，2，3，4，5，6，7八个数码中的任一个．它的基数是8，计数规则是“逢八进一”。对于任意一个八进制数R，均可写成以8为底的幂的和式

$$(R)_{八}=\pm[K_n(8)^n+K_{n-1}(8)^{n-1}+\cdots+K_1(8)^1+K_0(8)^0+K_{-1}(8)^{-1}+\cdots+K_{-m}(8)^{-m}]$$
$$=\pm\sum_{i=n}^{-m}K_i(8)^i$$

当Q＝16时，它就是十六进制数，K_i可取0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，$\overline{0}$，$\overline{1}$，$\overline{2}$，$\overline{3}$，$\overline{4}$，$\overline{5}$十六个数码中的任一个。其中$\overline{0}$，$\overline{1}$，$\overline{2}$，$\overline{3}$，$\overline{4}$，$\overline{5}$分别代表10，11，12，13，14，15，也有用A，B，C，D，E，F表示的。它的基数是16，计数规则是"逢十六进一"。对任意一个十六进制数R，均可写成以16为底的幂的和式

$$(R)_{十六}=\pm[K_n(16)^n+K_{n-1}(16)^{n-1}+\cdots+K_1(16)^1+K_0(16)^0+\cdots+K_{-m}(16)^{-m}]$$
$$=\pm\sum_{i=n}^{-m}K_i(16)^i$$

通过对以上各种不同进制的讨论可以看出它们有两个共同规律：

1．每一种进位制都有一个固定的基数Q，它的每一位可取Q个不同的数码中的任一个，计数规则是"逢Q进一"，即低位计满Q，向高位进一，低位记零。

2．每种进位制都可写成以Q为底的幂的和式。每一位数码R_i对应于一个固定的值Q^i，Q^i称为R_i的"权"。所以又称以Q为底的幂的和式为按"权"展开式。如8·4·2·1码的四位二进制数1111，自左向右，每位数码对应的"权"分别是8(2^3)，4(2^2)，2(2^1)，1(2^0)。

第二节　各种数制之间的相互转换

同一客观事物的数量可以用各种不同的进位制数表示，那么它们之间究竟存在什么内在的联系呢？下面就来讨论它们相互转换的规律。本节将把十进制数与二进制数之间的转换作为重点，分析它们之间转换的原理及方法，并由此导出十进制数与其它进制数间的转换方法。

一、十进制数与二进制数的相互转换

1．十进制数转换成二进制数

将一个简单的十进制数，如0～9用二进制数表示出来是很容易的。根据二进制数"逢二进一"的计数规则，它们分别是0，1，10，11，100，101，110，111，1000，1001。写成数学式便是

$$(0)_{十}=(0)_{二}$$
$$\vdots$$
$$(5)_{十}=(101)_{二}$$
$$\vdots$$
$$(9)_{十}=(1001)_{二}$$

但是，要将一个十进制整数如97转换成二进制整数，显然就不能象前面那样一一写出十进制数0～97与二进制数的对照表，下面我们就来讨论实现这种转换的原理和方法。

设
$$(97)_{十}=(K_nK_{n-1}\cdots K_1K_0)_{二} \tag{1-1}$$
由于任何一个二进制数都可以写成它的按权展开式，因此(1-1)式可以写成
$$(97)_{十}=K_n(2)^n+K_{n-1}(2)^{n-1}+\cdots+K_1(2)^1+K_0(2)^0 \tag{1-2}$$
现在的问题是如何确定K_n，K_{n-1}，…，K_1，K_0的数值究竟是"0"，还是"1"呢？可将(1-2)式两边同除以2得

$$48\frac{1}{2}=[K_n(2)^{n-1}+K_{n-1}(2)^{n-2}+\cdots+K_1]+\frac{K_0}{2} \tag{1-3}$$

在(1-3)式右边括号里，K_n～K_1各位的数值不是"0"便是"1"，2^{n-1}～2^1都是2的正整

数幂，故括号内的数为整数。根据等式两边整数和小数部分必须分别对应相等的性质，可以得到

$$\frac{1}{2}=\frac{K_0}{2} \qquad \text{即确定出} K_0=1\text{，它正好是}\frac{97}{2}\text{的余数。}$$

现将$K_0=1$代入（1-3）式，并移项到等式左边可得

$$48=2[K_n(2)^{n-2}+K_{n-1}(2)^{n-3}+\cdots+K_2]+K_1 \tag{1-4}$$

同样将（1-4）式两边同除以2，可得

$$24=[K_n(2)^{n-2}+K_{n-1}(2)^{n-3}+\cdots+K_2]+K_1 \tag{1-5}$$

由（1-5）式可知$K_1=0$，它正好是$\frac{48}{2}$的余数。

用类似的方法继续进行下去，可求得$K_0\sim K_n$，用竖式表示为

```
2 | 97
 2 | 48       余 1 ……K0
  2 | 24      余 0 ……K1
   2 | 12     余 0 ……K2
    2 | 6     余 0 ……K3
     2 | 3    余 0 ……K4
      2 | 1   余 1 ……K5
          0   余 1 ……K6
```

因为商为0，再继续除2，其余数永远为0，即K_6已是最高位的系数。最后按$K_6\sim K_0$的顺序排列起来，便得转换后的二进制数，即

$$(97)_{十}=(K_6K_5K_4K_3K_2K_1K_0)_{二}=(1100001)_{二}$$

这个例子具有一般性，它告诉我们，当把十进制整数转换为二进制整数时，只要把该数除以2，其余数就是二进制数的末位数K_0，以后依次除2，可分别求出$K_1\sim K_n$，直到商为“0”时结束，最后按K_n，K_{n-1}，…，K_1，K_0的顺序排列起来，便得到转换后的二进制数。把这个方法总结成一句话就是“除2取余”。

假如被转换的是十进制小数，则采取另一种方法。

例如将十进制小数0.375转换为二进制小数。

设

$$(0.375)_{十}=(0.K_{-1}K_{-2}\cdots K_{-m})_{二} \tag{1-1'}$$

把（1-1′）式写成按权展开式，得

$$(0.375)_{十}=K_{-1}(2)^{-1}+K_{-2}(2)^{-2}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m} \tag{1-2'}$$

将（1-2′）式两边同乘以2得

$$0.75=K_{-1}+[K_{-2}(2)^{-1}+K_{-3}(2)^{-2}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m+1}] \tag{1-3'}$$

由于等式两边整数和小数部分必须分别对应相等，所以$K_{-1}=0$。同时（1-3′）式又可以写成

$$0.75=K_{-2}(2)^{-1}+K_{-3}(2)^{-2}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m+1} \tag{1-4'}$$

再将（1-4′）式两边同乘以2得

$$1.50=K_{-2}+[K_{-3}(2)^{-1}+K_{4}(2)^{-2}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m+2}] \tag{1-5'}$$

同理由（1-5′）式可得$K_{-2}=1$。同时（1-5′）式又可写成

$$0.5=K_{-3}(2)^{-1}+K_{-4}(2)^{-2}+\cdots+K_{-m}(2)^{-m+2} \tag{1-6'}$$

用类似的方法继续下去，便可求出$K_{-1}\sim K_{-m}$，用竖式表示为