数字电路

数字电子技术基础

褚金

QQ： 121993192

手机：15086738595

上页 下页 返回

电路原理/电路分析/电工技术

入门性质的技术基础课

模拟电子技术基础

数字电子技术基础

电子技术基础实验

电子技术课程设计

微型计算机原理

计算机原理及应用

上页 下页 返回

电路原理/电路分析/电工技术

模拟电子技术基础

数字电子技术基础

电子技术基础实验

电子技术课程设计

微型计算机原理

计算机原理及应用

上页 下页 返回

数字量和模拟量

- 数字量：在时间上和数量上都是离散、不连续的。（存在一个最小数量单位△）
- 模拟量：数字量以外的物理量。

上页 下页 返回

数字量和模拟量

- ✓ Color—颜色
- ✓ Light—光
- ✓ Cars—车
- ✓ Sound—声音
- ✓ Height and weight—高度，重量
- ✓ Dogs—狗
- ✓ Electric current and voltage—电流，电压
- ✓ English letters—英文字母

上页 下页 返回

数字量和模拟量

- 数字量：在时间上和数量上都是离散、不连续的。（存在一个最小数量单位△）
- 模拟量：数字量以外的物理量。
- 数字电路和模拟电路：

  工作信号、研究对象、分析/设计方法以及所用的数学工具都有显著的不同。

上页 下页 返回

电路原理/电路分析/电工技术

模拟电子技术基础

数字电子技术基础

电子技术基础实验

电子技术课程设计

微型计算机原理

计算机原理及应用

上页 下页 返回

电子技术

研究电子器件及电子器件应用的一门学科。

通过控制器件中电子
的运动而进行工作

电子技术的发展

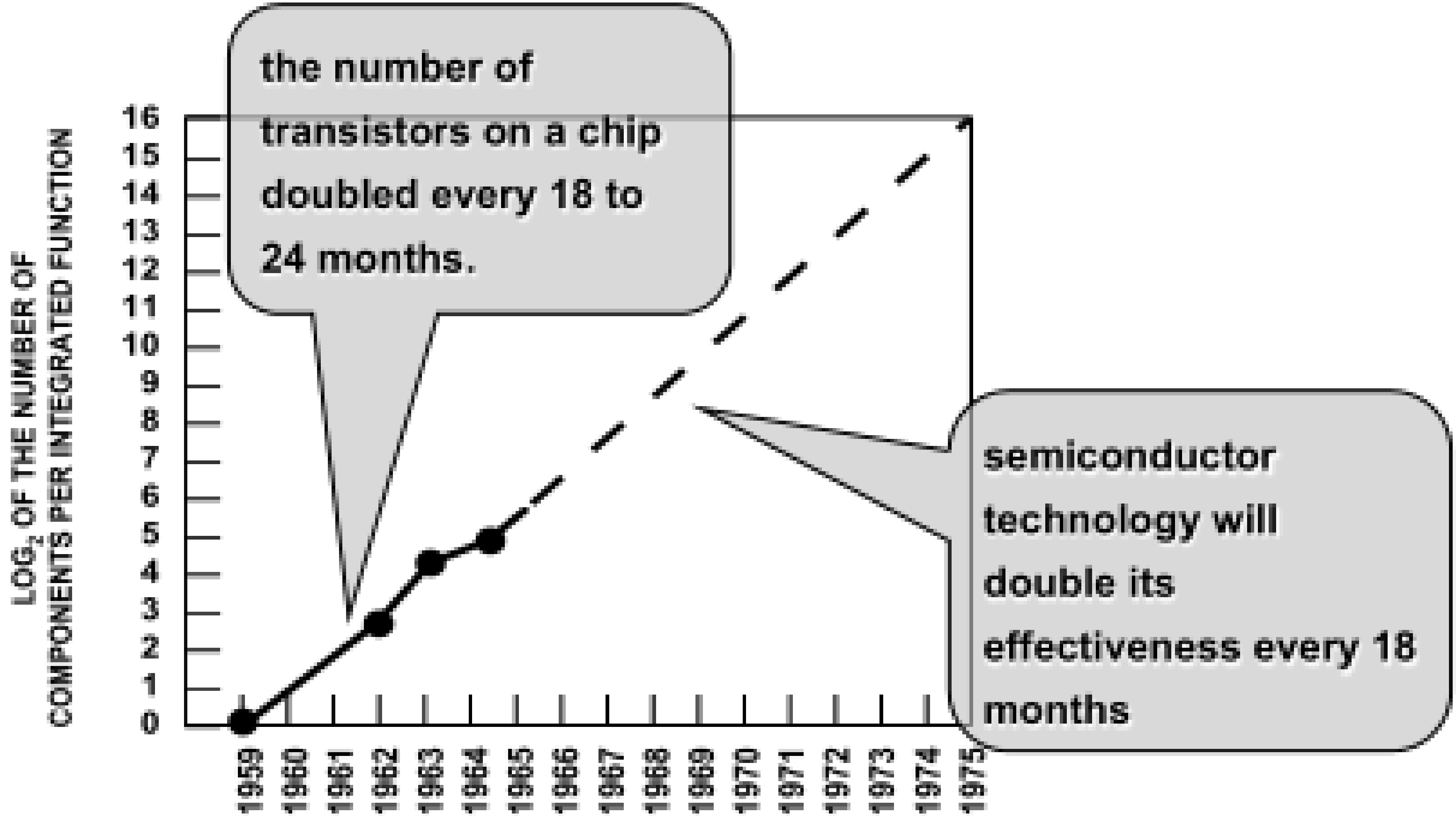
- 48年　贝尔实验室制成第一只晶体管
- 58年　集成电路（4-12-100-1000）
- 69年　大规模集成电路（10万）
- 75年　超大规模集成电路（15万）
- ……

SSI　MSI　LSI　VLSI　ULSI　GLSI

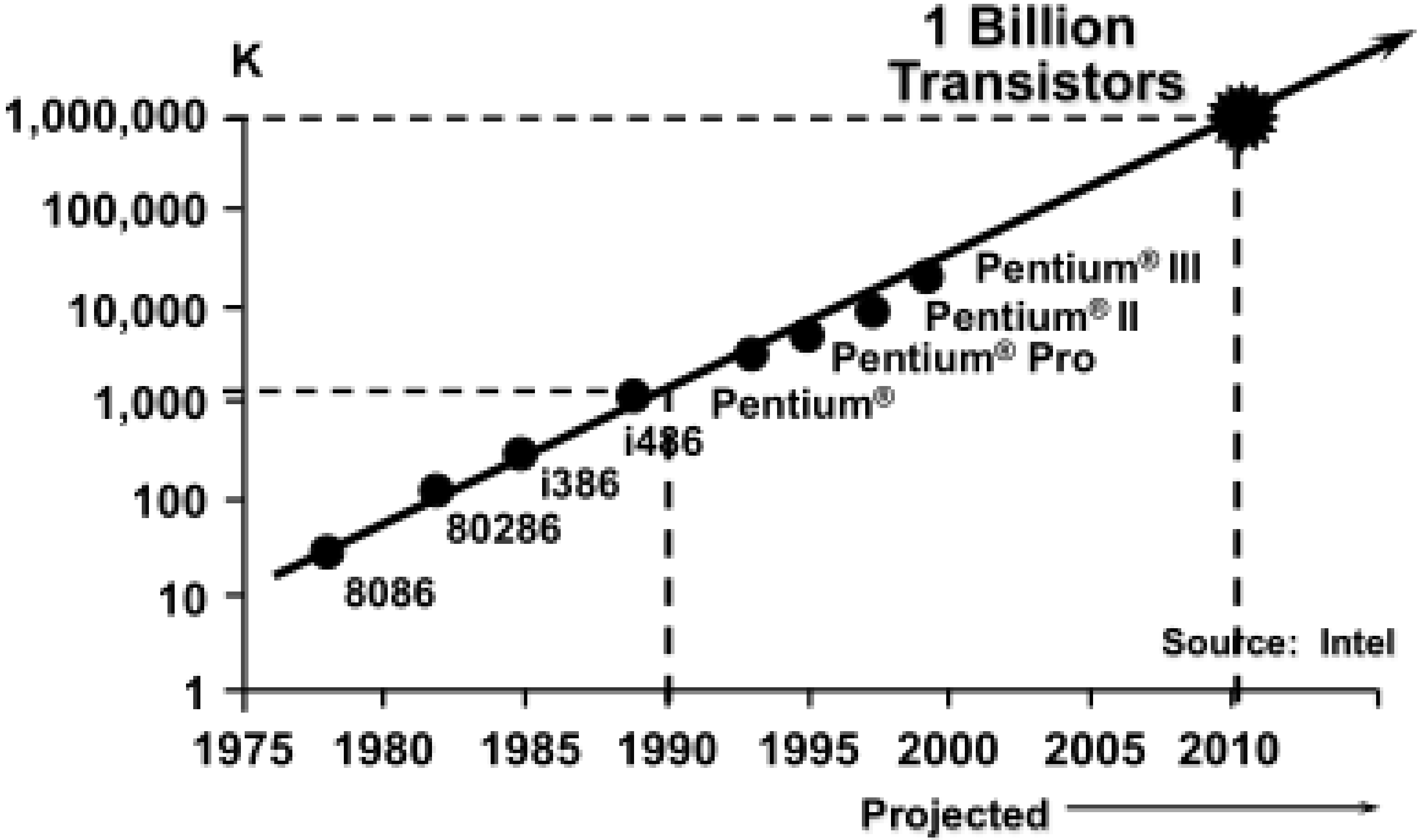
第一片集成电路只有4个晶体管，而97年一片集成电路上有40亿个晶体管，麒麟9000集成了153亿个晶体管。

上页　下页　返回

Moore’s Law


the number of transistors on a chip doubled every 18 to 24 months.
semiconductor technology will double its effectiveness every 18 months
LOG_2 OF THE NUMBER OF COMPONENTS PER INTEGRATED FUNCTION
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975

Transistor Counts



上页 下页 返回

成绩评定

1. 总成绩评定

总成绩=平时成绩×20%+实验×20%+期末成绩×60%

2. 平时/实验成绩评定：

平时/实验成绩（100%）=课堂出勤（25%）+课堂表现（25%）+作业/实验报告（50%）

上页 下页 返回

课程参考书目

(1)《电子技术基础》（数字部分），康华光，北京：高等教育出版社.2014年第六版

(2)《数字电子技术》（英文版），Thomas L. Floyd，北京：电子工业出版社.2017年第十一版

(3)《数字电子技术基础学习辅导与习题解答》，阎石，北京：高等教育出版社.2016年第六版

上页 下页 返回

第一章 数制和码制

- 1.1 概述
- 1.2 几种常见的数制
- 1.3 不同数制间的转换
- 1.4 二进制数的算术运算
- 1.5 几种常见的编码

上页 下页 返回

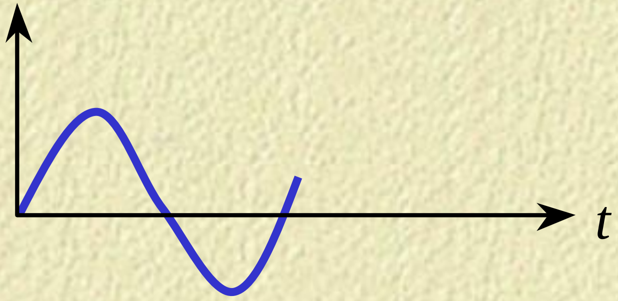
1.1 概述

一、模拟信号和数字信号

- 模拟信号：在时间和数值上连续变化的信号。

——时间上连续，幅值上也连续

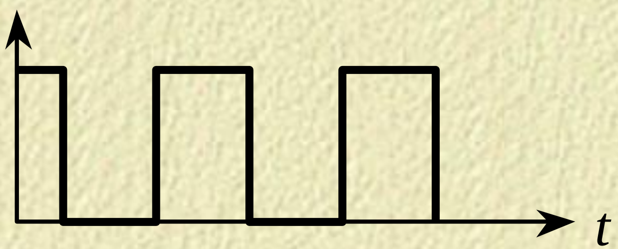
例如：温度、正弦电压。



- 数字信号：在时间和数值上变化是离散的信号。

——时间上离散，幅值上整数化

例如：人数、物件的个数。



上页 下页 返回

1.1 概述

二、模拟电路和数字电路

- 模拟电路：工作在模拟信号下的电子电路。
- 数字电路：工作在数字信号下的电子电路。具体讲，数字电路就是对数字信号进行产生、存储、传输、变换、运算及处理的电子电路。

三、数字电路的优点

- 精确度较高；
- 有较强的稳定性、可靠性和抗干扰能力；
- 具有算术运算能力和逻辑运算能力，可进行逻辑推理和逻辑判断；
- 电路结构简单，便于制造和集成；
- 使用方便灵活。

上页 下页 返回

1.2 几种常见的数制

1.2.1 数制

一、数制的几个概念

- 进位计数制：表示数时，仅用一位数码往往不够用，必须用进位计数的方法组成多位数码，且多位数码每一位的构成及低位到高位的进位都要遵循一定的规则，这种计数制度就称为进位计数制，简称数制。

- 基 数：进位制的基数，就是在该进位制中可能用到的数码个数。

- 位 权（位的权数）：在某一进位制的数中，每一位的大小都对应着该位上的数码乘上一个固定的数，这个固定的数就是这一位的权数。权数是一个幂。

上页 下页 返回

1.2 几种常见的数制

二、几种常用数制

类别	十进制 (Decimal)	二进制 (Binary)	八进制 (Octal)	十六进制 (Hexadecimal)
数码	0,1,……,9	0,1	0,1,……,7	0,1,…,9,A~F
基数	10	2	8	16
进位规则	逢10进1	逢2进1	逢8进1	逢16进1
第*i*位的权值	10^i	2^i	8^i	16^i

结论：

①一般地，R进制需要用到R个数码，基数是R；运算规律为逢R进一。

②如果一个R进制数M包含 n 位整数和 m 位小数，即

$$(M)_R = (a_{n-1}\,a_{n-2}\ldots a_1\,a_0\,.a_{-1}\,a_{-2}\ldots a_{-m})_R$$ ———位置记数法

$$= a_{n-1}\times R^{n-1} + a_{n-2}\times R^{n-2} + \ldots + a_1\times R^1 + a_0\times R^0 + a_{-1}\times R^{-1} + a_{-2}\times R^{-2} + \ldots + a_{-m}\times R^{-m}$$ ———按权展开法

$$= \left(\sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times R^i\right)_R$$

上页 下页 返回

1.2 几种常见的数制

几种进制数之间的对应关系

十进制数	二进制数	八进制数	十六进制数
0	00000	0	0
1	00001	1	1
2	00010	2	2
3	00011	3	3
4	00100	4	4
5	00101	5	5
6	00110	6	6
7	00111	7	7
8	01000	10	8
9	01001	11	9
10	01010	12	A
11	01011	13	B
12	01100	14	C
13	01101	15	D
14	01110	16	E
15	01111	17	F

1.2　几种常见的数制

例：

$$(12.56)_{10} = 1\times10^{1} + 2\times10^{0} + 5\times10^{-1} + 6\times10^{-2}$$

$$(1011.011)_2 = 1\times2^{3} + 0\times2^{2} + 1\times2^{1} + 1\times2^{0} + 0\times2^{-1} + 1\times2^{-2} + 1\times2^{-3}$$

$$= (11.375)_{10}$$

$$(376.4)_8 = 3\times8^{2} + 7\times8^{1} + 6\times8^{0} + 4\times8^{-1}$$

$$= 3\times64 + 7\times8 + 6 + 0.5$$

$$= (254.5)_{10}$$

$$(3AB\cdot11)_{16} = 3\times16^{2} + 10\times16^{1} + 11\times16^{0} + 1\times16^{-1} + 1\times16^{-2}$$

$$= (939.0664)_{10}$$

➡ 数制转换：任意进制按权展开即可得到十进制数。

1.3 不同数制间的转换

三、数制间的转换

1.任意进制数转换为十进制数

按权展开，相加即可得。

2.十进制数转换为任意进制数

整数部分：**除基数R倒取余法**　小数部分：**乘基数R取整法**

例2. 将十进制数 $(25.638)_{10}$ 转换为二进制数。

2	25	余1	a_0
2	12	余0	a_1
2	6	余0	a_2
2	3	余1	a_3
2	1	余1	a_4
	0		

$(25)_{10}=(11001)_2$

0.638×2	1.276	……取整1	a_{-1}
0.276×2	0.552	……取整0	a_{-2}
0.552×2	1.104	……取整1	a_{-3}
0.104×2	0.208	……取整0	a_{-4}
	⋮		

$(0.638)_{10}=(0.1010)_2$

$(25.638)_{10}=(11001.1010)_2$

1.3 不同数制间的转换

练习1：将（173）$_{10}$ 转化成二进制；

（173）$_{10}$ =（10101101）$_{2}$

练习2：将（101.11）$_{2}$ 转化成十进制；

（101.11）$_{2}$ =（5.75）$_{10}$

上页 下页 返回

1.3　不同数制间的转换

3.二进制数和八进制数、十六进制数间的转换

八进制数和十六进制数的基数分别为 $8=2^3$，$16=2^4$，所以三位二进制数恰好相当一位八进制数，四位二进制数相当一位十六进制数， 它们之间的相互转换是很方便的。

1）2进制数转换为8进制、16进制数

三（四）位一组，
不足左补零

三（四）位一组，
不足右补零

小数点

2）8进制、16进制数转换为2进制数

8进制数 → 2进制数：1位变3位

16进制数 → 2进制数：1位变4位

1.3 不同数制间的转换

例：求$(1101111010.1011)_2 = (?)_8 = (?)_{16}$

二进制	001	101	111	010	.	101	100
八进制	1	5	7	2	.	5	4

所以 $(01101111010.1011)_2 = (1572.54)_8$

二进制	0011	0111	1010	.	1011
十六进制	3	7	A	.	B

所以 $(01101111010.1011)_2 = (37AB)_{16}$

1.3 不同数制间的转换

例：求$(375.46)_8 = (?)_2$　　$(678.A5)_{16} = (?)_2$

八进制	3	7	5	.	4	6
	↓	↓	↓		↓	↓
二进制	011	111	101	.	100	110

所以　$(375.46)_8 = (011111101.100110)_2$

十六进制	6	7	8	.	A	5
	↓	↓	↓		↓	↓
二进制	0110	0111	1000	.	1010	0101

所以　$(678.A5)_{16} = (11001111000.10100101)_2$

上页　下页　返回

1.3 不同数制间的转换

练习1：将（01011110.10110010）$_2$ 转化成十六进制；

（01011110. 10110010）$_2$ = $(5E.B2)_{16}$

练习2：将（8FA.C6）$_{16}$ 转化成二进制；

（8FA.C6）$_{16}$ = $(1000\ 1111\ 1010.1100\ 0110)_2$

练习3：将（011110.010111）$_2$ 转化成八进制；

（011110.010111）$_2$ =$(36.27)_8$

练习4：将（52.43）$_8$ 转化成二进制；

（52.43）$_8$ =$(101010.100011)_2$

上页 下页 返回

1.4　二进制数的算术运算

算术运算：两个表示数量大小的二进制数码之间进行的数值运算。

一、基本算术运算

二进制数的运算规则

0＋0 = 0	0＋1 = 1	1＋0 = 1	1＋1 = 10
0－0 = 0	0－1 = 1（借位）	1－0 = 1	1－1 = 0
0×0 = 0	0×1 = 0	1×0 = 0	1×1 = 1

例4：对两个二进制数$(1011)_2$和$(0101)_2$进行加、减、乘、除运算。

解：　加法运算

$$\begin{array}{r} 1\,0\,1\,1 \\ +\ 0\,1\,0\,1 \\ \hline 1\,0\,0\,0\,0 \end{array}$$

即 $(1011)_2 + (0101)_2 = (10000)_2$

减法运算

$$\begin{array}{r} 1\,0\,1\,1 \\ -\ 0\,1\,0\,1 \\ \hline 0\,1\,1\,0 \end{array}$$

即 $(1011)_2 - (0101)_2 = (0110)_2$

上页　下页　返回

1.4 二进制数的算术运算

乘法运算

```
      1 0 1 1
  ×   0 1 0 1
 ------------
      1 0 1 1
  1 0 1 1
 ------------
  1 1 0 1 1 1
```

除法运算

```
           1 0.0 0 1…
       ------------
1 0 1 ) 1 0 1 1
        1 0 1
       ------------
          0 1 0 0 0
              1 0 1
                1 1
```

即 $(1011)_2 \times (0101)_2 = (110111)_2$

即 $(1011)_2 \div (0101)_2 = (10.001\ldots)_2$

注：乘数为2^k，则小数点向右移k位(右边补零)即可得；

除数为2^k，则小数点向左移k位即可得商。

如 $(1011)_2 \times (100)_2 = (101100)_2$

$(1011)_2 \div (100)_2 = (10.11)_2$

上页 下页 返回

1.4 二进制数的算术运算

二、带符号数的表示

为了方便运算，计算机中对有符号数常采用3种表示方法，即原码、补码和反码。下面的例子均以8位二进制数码表示。

1．原码

最高位为符号位，用0表示正数，用1表示负数；数值部分用二进制数的绝对值表示。

例：[+57]原=（0011 1001）$_2$　　[-57]原=（1011 1001）$_2$

2．反码

正数的反码与原码相同；负数的反码为其原码除符号位外的各位按位取反（0变1，而1变0）。

例：[+57]反=（0011 1001）$_2$　　[-57]反=（1100 0110）$_2$

3．补码

正数的补码与其原码相同；负数的补码为其原码除符号位外的各位按位求反后在最低位加1，即反码加1 。

例：[+57]补=（0011 1001）$_2$　　[-57]补=（1100 0111）$_2$

上页　下页　返回

1.4　二进制数的算术运算

三、带符号数的运算

正数：原码＝反码＝补码

负数：原码 $\xleftrightarrow{\text{按位取反}}$ 反码　　原码 $\xleftrightarrow{\text{按位取反加1}}$ 补码

例：利用二进制补码运算求（107）$_{10}$－（79）$_{10}$的值。

解：$(107)_{10} = (1101011)_2$　　$[107]_补 = (0\ 1101011)_2$

$(-79)_{10} = (-1001111)_2$　　$[-79]_补 = (1\ 0110001)_2$

$[107-79]_补 = [107]_补 + [-79]_补 = (01101011)_2 + (10110001)_2$

$= (0\ 0011100)_2$

$$
\begin{array}{r}
0\,1\,1\,0\,1\,0\,1\,1 \\
+\quad 1\,0\,1\,1\,0\,0\,0\,1 \\
\hline
1\,0\,0\,0\,1\,1\,1\,0\,0
\end{array}
$$

自动丢弃

$107-79 = (00011100)_补 = (00011100)_原$

$= (+28)_{10}$

上页 下页 返回

1.5 几种常见的编码

1.5.1 代码

数字系统只能识别0和1，怎样才能表示更多的数码、符号和字母呢？用编码可以解决此问题。

用一定位数的二进制数来表示十进制数码、字母、符号等信息称为编码。这一定位数的二进制数就称为代码。

对于N个信息，要用几位的二进制数才能满足编码呢？

$$2^n \geq N$$

一、二一十进制码（BCD码）

用4位二进制数$b_3b_2b_1b_0$来表示十进制数中的 0～9 十个数码。简称BCD码。有多种编码方式。

上页 下页 返回

1.5 几种常见的编码

几种常见的BCD码

十进制数 \ 编码种类	8421码	余3码	2421码	5421码	余3循环码
0	0000	0011	0000	0000	0010
1	0001	0100	0001	0001	0110
2	0010	0101	0010	0010	0111
3	0011	0110	0011	0011	0101
4	0100	0111	0100	0100	0100
5	0101	1000	1011	1000	1100
6	0110	1001	1100	1001	1101
7	0111	1010	1101	1010	1111
8	1000	1011	1110	1011	1110
9	1001	1100	1111	1100	1010
权	8421		2421	5421	

8421BCD码和十进制间的转换是直接按位（按组）转换。

如：　$(36)_{10}=(0011\ 0110)_{8421BCD}=(110110)_{8421BCD}$

$(101\ 0001\ 0111\ 1001)_{8421BCD}=(5179)_{10}$

上页　下页　返回

1.5 几种常见的编码

二、可靠性编码

1.格雷码（Gray码）

格雷码是一种典型的循环码。

循环码特点：

①**相邻性**：任意两个相邻码组间仅有一位的状态不同。

②**循环性**：首尾两个码组也具有相邻性。

十进制数	格雷码	十进制数	格雷码
0	0000	8	1100
1	0001	9	1101
2	0011	10	1111
3	0010	11	1110
4	0110	12	1010
5	0111	13	1011
6	0101	14	1001
7	0100	15	1000

上页 下页 返回

1.5 几种常见的编码

一 种 典 型 的 格 雷 码

两位格雷码

0	0
0	1
1	1
1	0

三位格雷码

0	0	0
0	0	1
0	1	1
0	1	0
1	1	0
1	1	1
1	0	1
1	0	0

四位格雷码

0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	1
0	0	1	0
0	1	1	0
0	1	1	1
0	1	0	1
0	1	0	0
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	1
1	1	1	0
1	0	1	0
1	0	1	1
1	0	0	1
1	0	0	0

1.5 几种常见的编码

2. 奇偶校验码

代码(或数据)在传输和处理过程中，有时会出现代码中的某一位由 0 错变成 1，或 1 变成 0。奇偶校验码由信息位和一位奇偶检验位两部分组成。

信息位：是位数不限的任一种二进制代码。

检验位：仅有一位，它可以放在信息位的前面，也可以放在信息位的后面。

编码方式有两种：

使得一组代码中信息位和检验位中“1”的个数之和为奇数，称为奇检验；

使得一组代码中信息位和检验位中“1”的个数之和为偶数，称为偶检验。

上页 下页 返回

1.5 几种常见的编码

8421BCD奇偶校验码

十进制数	8421BCD奇校验码	8421BCD偶校验码
	信息位 校验位	信息位 校验位
0	0 0 0 0 1	0 0 0 0 0
1	0 0 0 1 0	0 0 0 1 1
2	0 0 1 0 0	0 0 1 0 1
3	0 0 1 1 1	0 0 1 1 0
4	0 1 0 0 0	0 1 0 0 1
5	0 1 0 1 1	0 1 0 1 0
6	0 1 1 0 1	0 1 1 0 0
7	0 1 1 1 0	0 1 1 1 1
8	1 0 0 0 0	1 0 0 0 1
9	1 0 0 1 1	1 0 0 1 0

3. ASCII码（American Standard Cord for Information Interchange）

ASCII码，即美国信息交换标准代码。采用7位二进制编码，用来表示2^7（即128）个字符。

上页 下页 返回

美国信息交换标准代码（ASCII码）

$b_4b_3b_2b_1$	$b_7b_6b_5$							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DEL	SP	0	@	P	\	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL