

第一章 二进制系统与十六进制

学习目标:

什么是二进制系统?

什么是十六进制系统?

计算机的存储空间是什么意思, 它的大小怎么计算的?

我们平时用的是十进制, 如何转换为二进制, 十六进制?

学习回顾:

1: 2进制与10进制之间的转换

2: 16进制与10进制之间的转换

3: 2进制与16进制之间的转换, 两种方法, 一种直接转, 一种间接转

1.1 介绍

计算机是一个挺复杂的系统。我们可以想想一辆车都包含什么部分：车身外壳，轮胎，座椅，发动机，空调等等。而一个计算机复杂度不比一辆车的复杂度低。然而，无论多么复杂的系统，都有最基本的组成部分。我们可以理解计算机是由数亿（书中是百万，现在已经发展到上亿了）开关组成的，每个开关都有两种状态：打开或者关闭。不同种开关的组合可以表现出不同的功能。

举个例子，我们可以用一栋楼的灯组成一些数字或者汉字，比如下图的520、再见：



如果我们把每个宿舍都放置一个开关，开关打开代表开灯，开关关闭代表熄灯，在上图中一栋楼上可能有几十个开关，这几十个开关就可以完成“显示5、2、0、再、见这些字”的功能。

而再看我们的计算机，我们的计算机是有数亿个开关的，计算机使用这些开关能完成多种多样的功能，最常见的，比如加减乘除运算，比如现在我们通过视频交流等等。

1.2 二进制系统

进制系统

不知道你有没有想过，一个数字，359，代表什么意思，为什么是这个意思？

$359=9+5*10+3*100$ 。或者用另一种表示方法， $359=9+10*(5+(10*3))$ 。

我们看后面那种写法，左边是359，右边是 $9+10*(5+(10*3))$ 。左边有“3”，“5”，“9”，这三个数，右边有“3”，“5”，“9”，“10”这四个数与“+”，“*”这两个符号。我们关心数字，为什么右边会出现一个“10”？

是因为我们做算术的时候，逢十进一，当个位上的数大于等于10时，我们就进1。为什么是逢十进一呢，因为阿拉伯数字只有0~9，超过9的数字没有了，所以大于9（大于等于10）的时候就进一位。

那我们做一个假设，如果阿拉伯数字没有9这个数组，只有0~8呢，那么我们就应该是逢9进1。如果在这种假设下，会不会出现上面的359这个数字呢？

不会，因为没有9这个数字，那么个位上的9就应该进一位，359，9进一位加到5上面，自己归零，就变成了360。

是不是发现有点问题？359怎么等于360呢？那是因为我们假设没有9这个数字，逢9进1。这种情况，就叫做9进制。

我们平时用的是逢十进一，就叫做十进制。

我们再做一些假设，如果再没有8这个数字，只有0~7，那么这种情况下就叫做8进制。

如果只有0和1，那么就叫做二进制，比如1010这个数。

那么，对于一个数字来说，用哪个进制是正确的呢？

都是正确的，在合适的场合用合适的进制，进制之间是可以转化的。

那么，不同进制之间是怎么转化的呢？我们首先来看平时使用的十进制是怎么计算的：

$$359=9+5*10+3*100=9+5*10+3*10^2$$

个位，加上十位乘以进制，加上百位乘以进制的平方。

同理，对于9进制的360来说，将它转化为十进制的过程：

$$360=0+6*9+3*9^2=0+54+243=297$$

即，9进制的360对应十进制的297。

对于2进制数1010，如何转化为十进制？

$$1010=0+1*2+0*2^2+1*2^3=0+2+0+8=10$$

那么，十进制如何转化为其他进制？首先来看359这个十进制数个位十位百位为什么是9，5，3？

$$1: 359/10=35...9$$

$$2: 35/10=3...5$$

$$3: 3/10=0...3$$

此时商为0，将余数从下往上排，得到359。所以359这个十进制数个位十位百位是9，5，3。

如果我们想把297转化为9进制，类似的：

$$1: 297/9=33...0$$

$$2: 33/9=3...6$$

$$3: 3/9=0...3$$

此时商为0，将余数从下往上排，得到360。所以297这个十进制数转换为9进制之后变成360。

如何将十进制10转化为2进制？

$$1: 10/2=5...0$$

$$2: 5/2=2...1$$

$$3: 2/2=1...0$$

4: $1/2=0...1$

此时商为0，将余数从下往上排，得到1010.所以10这个十进制数转换为2进制之后变成1010。

课本所提的另一种方法，是用每位对应的数字进行组合，繁琐并且容易出错，如果想要学习的话再讲解。

1.3 电脑/计算机存储空间的大小度量

计算机的存储空间，代表计算机可以储存多少信息。就拿存储图片来说，有的计算机可以存储100张图片，有的可以存储1000张，有的可以存储更多。那么，我们怎么衡量一个计算机的存储空间大小呢？

我们再回顾一下1.1中的图片，用几十个（我们不妨认为它是100个）房间我们可以组成“5”这个数字。做一下开关的类比，把每个房间类比为计算机的开关，那么在计算机中，用100个开关也可以组成“5”这个数字。如果我们要把“5”存储下来，那么这100个开关的状态（开着还是关着的）就固定了。即，我们可以用100个开关表示“5”。

计算机中就是这样存储信息的，用开关的组合表示不同的信息。

开关是最小的单元，有两种状态，打开或者关闭，如果我们用二进制表示，一个开关状态是1代表此开关打开，是0代表关闭。

在计算机领域中，一个这样的开关称为一位“A BIT”，8个这样的开关称为一字节“A BYTE”。现在的计算机中，由于位“BYTE”实在是太小了，都是用“BYTE”作为最基本的度量单元。就像我们量身高一样，可以说身高170cm，但是很少有人说身高1700mm，因为毫米太小了不常用。使用8个BIT作为基本单元的计算机系统称为8-bit系统，此外还有16-bit系统，32-bit系统，64-bit系统等等，我们现在常用的计算机一般都是64-bit，即64个BIT作为最基本的单元。

64个BIT作为最基本的单元具体代表什么呢？即比如我们要存储一个数字“1”，需要10个开关（10个BIT）来表示，但是对于64-bit系统，64个BIT是最小的单元，那么这个“1”就占用了64位。即是它真正只用到了前10位，但是后面的54位空着，也不存储其他信息了。就比如我们打出租车，虽然车上只拉了你一个乘客，还能再拉人，但是也不拉了。

理解了上面的BIT与BYTE，看看下面更大的单位。就比如1km=1000m=1000*1000mm一样，BYTE也有这样类似的：

1KB=1024bytes, $1024=2^{10}$
1MB=1024KB
1GB=1024MB
1TB=1024GB
1PB=1024TB
1EB=1024PB
1ZB=1024EB
1YB=1024ZB
1BB=1024YB

这里要注意一下，有一些组织机构是这样定义的，即把1024变成1000：

1KB=1000bytes
1MB=1000KB
1GB=1000MB
1TB=1000GB
...

在一般情况下，我们还是使用1024那种定义方法。

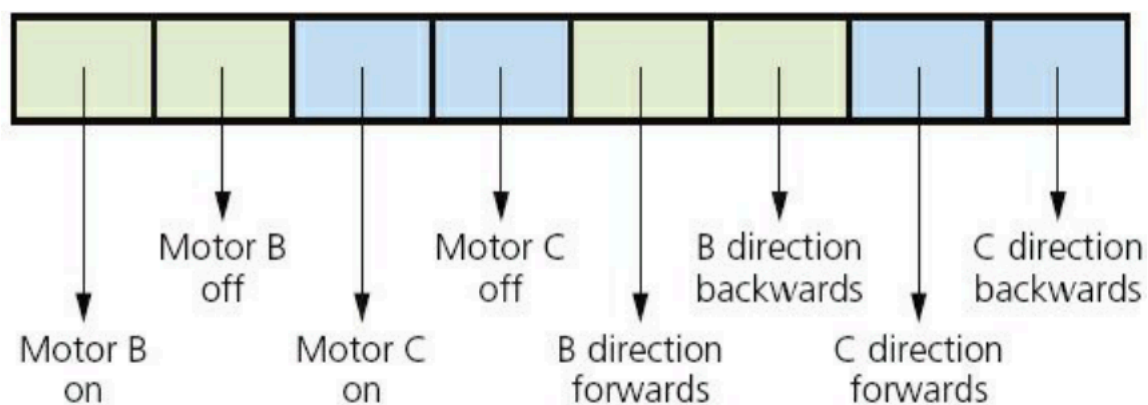
1.4 使用二进制的例子

使用8bit, 1byte控制机器人吸尘器。

A是一个万向轮，不连接电机，后轮怎么驱动它就跟着走。

B、C是两个连接电机的轮子，可以不转动，向前转，向后转。

我们8位控制器这样定义



1 0 1 0 1 0 1 0

代表向前走。

例子。

1.5十六进制系统

回想1.2节的进制系统，10进制，2进制，还有其他的8进制，9进制等。这里提出一个问题，我们能不能有一个进制系统，超过10呢？当然是可以的，常用的系统就有16进制系统。

十六进制系统，那么就应该有16个数字，0~9为10个数字，另外6个10~15怎么表示呢？

定义：A=10, B=11, C=12, D=13, E=14, F=15。

即一个16进制系统的2C，代表10进制系统的 $2 \times 16 + 12 = 44$ 。

1.5.1 16进制与10进制的转换（这里交换了一下小节顺序，更容易理解）

回想2进制系统是如何与10进制系统转换的，16进制也是类似。

10进制的44如何转换为16进制：

1: $44 / 16 = 2 \dots 12$

2: $12 / 16 = 0 \dots 12$

那么16进制就应该是“2 12”，这里12用C表示，即为2C。

16进制转换为10进制：

$2C = 2 \times 16 + 12 = 44$ 。

1.5.2 16进制与2进制的转换

方法1: 先转换为10进制，再转换为另一个进制。

方法2: 我们注意到 $16 = 2^4$ ，用2进制的4个数字正好对应16进制的1个数字，具体来说

| 十六进制 | 二进制 |
|------|------|
| 0 | 0000 |
| 1 | 0001 |
| 2 | 0010 |
| 3 | 0011 |
| 4 | 0100 |
| 5 | 0101 |
| 6 | 0110 |
| 7 | 0111 |
| 8 | 1000 |
| 9 | 1001 |
| A | 1010 |
| B | 1011 |
| C | 1100 |
| D | 1101 |
| E | 1110 |
| F | 1111 |

16进制数组2C，对应2进制：2对应0010，C对应1100，多亿就对应00101100，将前面的0去掉，即为101100。

101100转换为16进制：四位四位地来，不够补0。后四位1100对应C，前两位10补0变成0010，对应2，所以对应2C。

1.6 十六进制系统的使用

这个使用用例关于计算机专业术语，目前应该是使用不到的，我简单挑两个讲一下。

1.6.3 媒体访问控制地址，即MAC地址

就像每个人都有身份证一样，生产出来的每个电脑也有身份证，这个身份证就叫做MAC地址，是不会变的。

这个地址的表示方式是用16进制表示的，比如00-1c-b3-4f-25-fe。

当然也可以用10进制，转换一下即可，但是现在大家约定俗成都用16进制了。

1.6.5 汇编指令与机器码

我们是用计算机时，和计算机交互分为好几个阶段，比如我们想要搜索“南京”：

- 1: 向计算机传达信息指令：搜索南京
- 2: 转换这条信息指令为汇编指令
- 3: 汇编指令转换为机器码（机器码即为01组成的字符串）
- 4: 计算机根据机器码执行指令，返回结果

这些不太懂没关系，这是熟练使用计算机以后才会碰到的领域。