

太阳磁场望远镜作交直流比的 BCD 码除法器

侯惠芳

(南京天文仪器厂)

明长荣

(北京天文台)

引言

太阳磁场望远镜是通过测量谱线的裂距来求得磁场的变化。在测量过程中,需要扣掉背景光的变化,通过本除法器将测出来的值进行交直流之比,便能直接测到磁场变化的物理量。这是一个专用的、用硬件组成的四位BCD码除法器。若将控制部份作适当的变动,还可用于加减法及乘法运算。

一、工作原理

BCD码除法同其他除法一样也是乘法的逆运算。在除法中商是通过从被除数中重复减去除数而形成的,减的次数即为商。除法的方法很多,这里采用了定点规格化数的直接相减的除法运算原理来进行设计。除法器方框图见图(1)。此框图不考虑符号、不考虑小数、光作四位整数相除的电路框图。符号、小数另行处理。考虑到当 $X < Y$ 时,要左移一位,所以多放一位空位。 Y 相应也要一位空位,这样 X 、 Y 的位数对齐进行相减,也即使数规格化了。图中 X 、 Y 、 Z 均为BCD码移位寄存器。每一位由四个二进位的移位寄存器做成。因此对于五位十进制数的 X 、 Y 、 Z 移位寄存器都相应要有20位做成。 X 移位寄存器是存放被除数 X 的,除了能接收数外,尚具有左移及右移的功能。 Y 移位寄存器是存放除数 Y 的,除了能接收数外,尚需具有右移功能。而 Z 寄存器是寄存商数 Z 的, Z 寄存器的第一位不仅能移位,还需具有计数功能,因此设计成BCD计数寄存器,整个 Z 移位寄存器尚具有左移功能。通过控制器及 $X \geq Y$ 的判别电路,控制着整个除法的运算过程。控制器的功能有:(1)发出清楚脉冲使 X 、 Y 、 Z 移位寄存器置“0”,(2)操作数,对 X 、 Y 送数,(3)相除:启动、检查判别,若 $X \geq Y$ 则上商, X 、 Y 右移五位,若 $X < Y$ 则不上商,左移一次,再判别,若 \geq 则继续作下去,直到连续运算做完一次除法才停机。下一次采样脉冲来时,再启动机器进行工作。

在除法过程中,根据使用单位提出的要求,几个物理量的交直流比的范围,一般取 $X \leq Y$,若 X 数大于 Y ,则 X 必须不大于10倍的 Y ,否则控制部分重新考虑。用本除法器运算结果总是以 $Z_4 Z_3 Z_2 Z_1 \times 10^m$ 形式显示数据。 $Z_4 Z_3 Z_2 Z_1$ 是商的有效数字, m 是决定小数点的幂次。商的范围在 $Z_4 Z_3 Z_2 Z_1 \times 10^{-3} \sim Z_4 Z_3 Z_2 Z_1 \times 10^{-7}$,对这样一个范围,我们采用了一级八进计数

器，只要对X左移的次数进行计数，便得小数点的位置了。

商的符号是这样处理的，将X、Y即被除数和除数的符号送入与或非电路判别，用触发器把商的符号保存起来见图(2)。除法器的整个工作过程大致如上所述。下面对几个环节的设计进一步叙述如下。

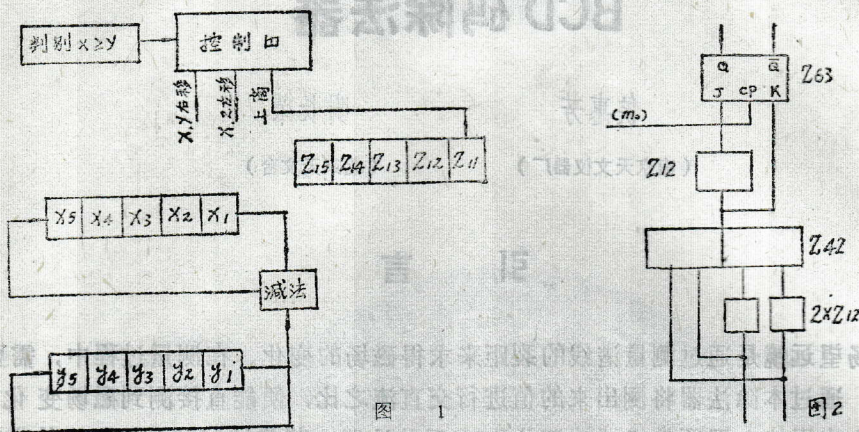


图 1

图 2

二、BCD码减法器

十进减法器(BCD码)减法器可以用二进制码全减器和二进制码半减器构成，在有借位时进行减六修改。先看二进制全减器的设计。二进制全减器的真值表见表1。对差数 C_n 可写

表 1

被减数 x	0	0	0	0	1	1	1	1
减数 y	0	0	1	1	0	0	1	1
前借位数 Z_{n-1}	0	1	0	1	0	1	0	1
差数 C	0	1	1	0	1	0	0	1
后借位数 Z_n	0	1	1	1	0	0	0	1

出其四种“0”状态或四种“1”状态的逻辑式来。现对其四种“0”状态来分析差数存在的几种可能性。并推出它的一般关系式：

$$\overline{C_n} = \overline{x_n} \overline{y_n} \overline{Z_{n-1}} + \overline{x_n} y_n Z_{n-1} + x_n \overline{y_n} Z_{n-1} + x_n y_n \overline{Z_{n-1}}$$

在此式中加上下列一些无用项，以利化简。则：

$$\begin{aligned}
 \bar{C}_n &= \bar{x}_n \bar{y}_n \bar{z}_{n-1} + \bar{x}_n y_n z_{n-1} + x_n \bar{y}_n z_{n-1} + x_n y_n \bar{z}_{n-1} \\
 &\quad + (\bar{x}_n x_n \bar{y}_n + \bar{x}_n x_n \bar{z}_{n-1}) + (x_n z_{n-1} \bar{z}_{n-1} + \bar{y}_n z_{n-1} \bar{z}_{n-1}) \\
 &\quad + (x_n y_n \bar{y}_n + \bar{z}_{n-1} y_n \bar{y}_n) \\
 &= [\bar{x}_n \bar{y}_n \bar{z}_{n-1} + (\bar{x}_n x_n \bar{y}_n + \bar{x}_n x_n \bar{z}_{n-1})] + \bar{x}_n y_n z_{n-1} \\
 &\quad + [x_n \bar{y}_n z_{n-1} + (x_n z_{n-1} \bar{z}_{n-1} + \bar{y}_n z_{n-1} \bar{z}_{n-1})] \\
 &\quad + [x_n y_n \bar{z}_{n-1} + (x_n y_n \bar{y}_n + \bar{z}_{n-1} y_n \bar{y}_n)] \\
 &= \bar{x}_n (\bar{y}_n \bar{z}_{n-1} + x_n \bar{y}_n + x_n \bar{z}_{n-1}) + z_{n-1} (x_n \bar{y}_n \\
 &\quad + x_n \bar{z}_{n-1} + \bar{y}_n \bar{z}_{n-1}) + y_n (x_n \bar{z}_{n-1} + x_n \bar{y}_n + \\
 &\quad \bar{z}_{n-1} \bar{y}_n) + \bar{x}_n y_n z_{n-1} \\
 &= \bar{x}_n \bar{z}_n + z_{n-1} \bar{z}_n + y_n \bar{z}_n + \bar{x}_n y_n z_{n-1}
 \end{aligned}$$

其中 $\bar{z}_n = x_n \bar{z}_{n-1} + x_n \bar{y}_n + \bar{z}_{n-1} \bar{y}_n$ 。为了用与或非门来实现上面的逻辑式，尚需对此式再作处理。

$$\begin{aligned}
 \bar{C}_n &= \overline{\overline{\bar{x}_n \bar{z}_n + y_n \bar{z}_n + z_{n-1} \bar{z}_n + \bar{x}_n y_n z_{n-1}}} \\
 &= \overline{(x_n + z_n)(\bar{y}_n + z_n)(\bar{z}_{n-1} + z_n)(x_n + \bar{y}_n + \bar{z}_{n-1})} \\
 &= \overline{(x_n \bar{y}_n + z_n)(\bar{z}_{n-1} + z_n)(x_n + \bar{y}_n + \bar{z}_{n-1})} \\
 &= \overline{(z_n + x_n \bar{y}_n \bar{z}_{n-1})(x_n + \bar{y}_n + \bar{z}_{n-1})} \\
 &= \overline{x_n z_n + x_n \bar{y}_n \bar{z}_{n-1} + \bar{y}_n z_n + z_n \bar{z}_{n-1}} \\
 &= \overline{x_n z_n + \bar{y}_n z_n + \bar{z}_{n-1} z_n + x_n \bar{y}_n \bar{z}_{n-1}}
 \end{aligned}$$

上面推导结果得：

$$\begin{aligned}
 C_n &= \overline{\overline{\bar{x}_n \bar{z}_n + z_{n-1} \bar{z}_n + y_n \bar{z}_n + \bar{x}_n y_n z_{n-1}}} \\
 \bar{C}_n &= \overline{\overline{x_n z_n + \bar{y}_n z_n + \bar{z}_{n-1} z_n + x_n \bar{y}_n \bar{z}_{n-1}}}
 \end{aligned}$$

对后借位数 z_n 用同样方法进行推导：

$$\begin{aligned}
\bar{Z}_n &= \overline{\bar{x}_n \bar{y}_n Z_{n-1} + \bar{x}_n y_n \bar{Z}_{n-1} + x_n \bar{y}_n Z_{n-1} + x_n y_n Z_{n-1}} \\
&= \overline{\bar{x}_n \bar{y}_n Z_{n-1} \cdot \bar{x}_n y_n \bar{Z}_{n-1} \cdot x_n \bar{y}_n Z_{n-1} \cdot x_n y_n Z_{n-1}} \\
&= (\overline{\bar{x}_n + \bar{y}_n Z_{n-1}})(\overline{x_n + y_n \bar{Z}_{n-1}})(\overline{x_n + y_n Z_{n-1}})(\overline{\bar{x}_n + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}}) \\
&= (\overline{x_n + \bar{y}_n Z_{n-1}} \cdot \overline{y_n Z_{n-1}}) \cdot \overline{y_n Z_{n-1}} + \overline{x_n + y_n \bar{Z}_{n-1}} \cdot \overline{x_n + y_n Z_{n-1}} \\
&= (\overline{x_n + (\bar{y}_n + Z_{n-1})(y_n + \bar{Z}_{n-1})}) \cdot \overline{y_n Z_{n-1}} \\
&= (\overline{x_n + \bar{y}_n \cdot \bar{Z}_{n-1} + y_n Z_{n-1}}) \cdot \overline{y_n + \bar{Z}_{n-1}} \\
&= \overline{x_n \bar{y}_n + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1} + x_n \bar{Z}_{n-1} + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}} \\
&= \overline{x_n \bar{y}_n + x_n \bar{Z}_{n-1} + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}} \\
\therefore Z_n &= x_n \bar{y}_n + x_n \bar{Z}_{n-1} + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}
\end{aligned}$$

为了用与或非门对 \bar{Z}_n 逻辑式编排框图，尚需再进一步推算：

$$\begin{aligned}
Z_n &= \overline{\overline{x_n \bar{y}_n + x_n \bar{Z}_{n-1} + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}}} \\
&= \overline{(\bar{x}_n + y_n)(\bar{x}_n + Z_{n-1})(y_n + Z_{n-1})} \\
&= \overline{(\bar{x}_n + y_n Z_{n-1})(y_n + Z_{n-1})} \\
&= \overline{\bar{x}_n y_n + \bar{x}_n Z_{n-1} + y_n Z_{n-1}}
\end{aligned}$$

综合上面推导可得下面二种结果：

$$\begin{aligned}
C_n &= \overline{\bar{x}_n \bar{Z}_n + Z_{n-1} \bar{Z}_n + y_n \bar{Z}_n + x_n y_n Z_{n-1}} \\
\bar{Z}_n &= \overline{x_n Z_{n-1} + \bar{x}_n y_n + y_n Z_{n-1}} \\
\bar{C}_n &= \overline{x_n Z_n + \bar{Z}_{n-1} Z_n + \bar{y}_n Z_n + x_n \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}} \\
Z_n &= \overline{x_n \bar{Z}_{n-1} + x_n \bar{y}_n + \bar{y}_n \bar{Z}_{n-1}}
\end{aligned}$$

根据上面逻辑式可推知一位二进制全减器的逻辑方框图，见图(3)。

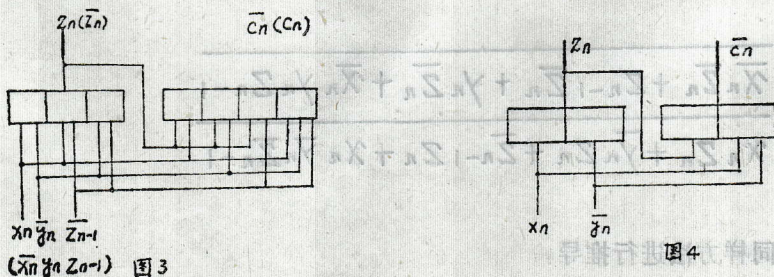


图3

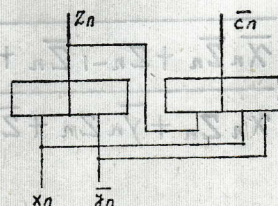


图4

下面再来推导一位二进制半减器的设计，其真值表见表2。其逻辑式为：

$$\begin{aligned}
 Z_n &= \overline{x_n} y_n \\
 &= \overline{x_n y_n} \\
 &= \overline{x_n + y_n} \\
 C_n &= \frac{\overline{x_n} y_n + x_n \overline{y_n}}{Z_n + x_n \overline{y_n}}
 \end{aligned}$$

表 2

被减数 x	0	0	1	1
减数 y	0	1	0	1
差数 C	0	1	1	0
后借位数 Z	0	1	0	0

由上面推得的 Z_n 和 C_n 逻辑式得图(四)一位二进制半减器的逻辑图。利用上面推得的二进制全减器及二进制半减器的逻辑图来构成图(五)所示的一位十进别(即BCD)减法器的逻辑框图。它需要22个单门组成。在有借位时进行减六修改。六是0110,即中间二位减“1”,图中前借位和后借位都在全减器8的 Z_n 上,若 Z_n 有“1”出现,说明要向后借位,然后送到JK触发器上,当下次右移脉冲来时,在相减时要考虑前借位 Z_{n-1} 。此十进减法器经过试验证明是可行的。现将试验时的数据列于下表,对照图(五)可以进一步了介和看清此十进减法器的工作过程。

表 3

	x_8	$\overline{y_8}$	$\overline{z_4}$	z_8	$\overline{C_8}$	C_8	$\overline{x_4}$	y_4	z_2	$\overline{z_4}$	C_4	x_2	$\overline{y_2}$	$\overline{z_1}$	z_2	$\overline{C_2}$	C_2	x_1	y_1	z_8	z_1	C_1	
0-0=0																							
0000-0000 =0000	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	
1-1=0																							
0001-0001 =0000	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
9-9=0																							
1001-1001 =0000	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
8-3=5																							
1000-0100 =0100	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	
8-4=4																							
1000-0101 =0011	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	
8-5=3																							
1000-0101 =0011	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	
6-5=1																							
0110-0101 =0001	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
6-1=5																							
0110-0001 =0101	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	
9-5=4																							
1001-0101 =0100	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
9-1=8																							
1001-0001 =1000	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	
7-6=1																							
0111-0110 =0001	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	
5-3=2																							
0101-0011 =0010	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	

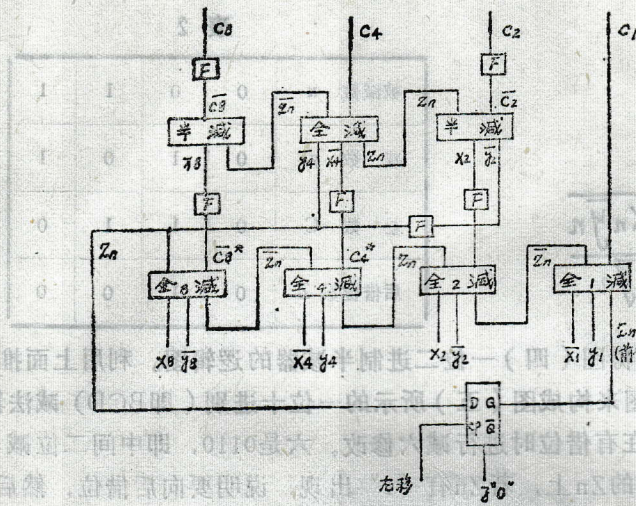


图5 一位十进制减法逻辑框图

三、判别 $x \geq y$ 的逻辑设计：（ x, y 是 4 位情况）

4 位的 X, Y 二数要满足 $X \geq Y$ 须使下列逻辑函数式成立。

$$f(x \geq y) = (x_4 > y_4) + (x_4 = y_4)(x_3 > y_3) + (x_4 = y_4)(x_3 = y_3)(x_2 > y_2) \\ + (x_4 = y_4)(x_3 = y_3)(x_2 = y_2)(x_1 > y_1) + (x_4 = y_4)(x_3 = y_3) \\ (x_2 = y_2)(x_1 = y_1)$$

为了便于电路的实现，对上式再作转换，两边取反，根据狄·摩根定理可得：

$$\overline{f(x \geq y)} = \overline{x_4 > y_4} \cdot \overline{(x_4 = y_4)(x_3 > y_3)} \cdot \overline{(x_4 = y_4)(x_3 = y_3)} \\ \cdot \overline{(x_2 > y_2)} \cdot \overline{(x_4 = y_4)(x_3 = y_3)(x_2 = y_2)(x_1 > y_1)} \\ \cdot \overline{(x_4 = y_4)(x_3 = y_3)(x_2 = y_2)(x_1 = y_1)}$$

$$= \overline{(x_4 > y_4)} \cdot \{ \overline{(x_4 = y_4)} + \overline{(x_3 > y_3)} \} \cdot \{ \overline{(x_4 = y_4)} + \overline{(x_3 = y_3)} + \overline{(x_2 > y_2)} \} \cdot \{ \overline{(x_4 = y_4)} + \overline{(x_3 = y_3)} + \overline{(x_2 = y_2)} + \overline{(x_1 > y_1)} \} \\ \cdot \{ \overline{(x_4 = y_4)} + \overline{(x_3 = y_3)} + \overline{(x_2 = y_2)} + \overline{(x_1 = y_1)} \}$$

$$= \overline{④} \cdot \{ \overline{④} + \overline{③} \} \cdot \{ \overline{④} + \overline{③} + \overline{②} \} \\ \cdot \{ \overline{④} + \overline{③} + \overline{②} + \overline{①} \}$$

利用 $(A+B)(A+C) = A+BC$ 化简上式：

$$\begin{aligned}
 \overline{f(x \geq y)} &= \overline{\overline{4}} \cdot [\overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} > (\overline{\overline{3}} = + \overline{\overline{2}} >)] [\overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} = + \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{1}} = \overline{\overline{1}} >] \\
 &= \overline{\overline{4}} \cdot [\overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} >] [\overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} = + \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{1}} = \overline{\overline{1}} >] \\
 &= \overline{\overline{4}} \cdot [\overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{4}} = \overline{\overline{3}} = + \overline{\overline{4}} = \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{4}} = \overline{\overline{1}} = \overline{\overline{1}} > + \\
 &\quad \overline{\overline{4}} = \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > + \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > + \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{1}} = \overline{\overline{1}} > \\
 &\quad + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} = \overline{\overline{2}} > \\
 &\quad + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{1}} = \overline{\overline{1}} >]
 \end{aligned}$$

利用 $A + AB = A$ 化简

$$\begin{aligned}
 &\overline{\overline{4}} \cdot [\overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{3}} = \overline{\overline{3}} > + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{1}} > \overline{\overline{1}} =] \\
 &= \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{3}} = + \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{1}} > \overline{\overline{1}} =
 \end{aligned}$$

再两边取反得:

$$\overline{f(x \geq y)} = \overline{\overline{\overline{4}} > \overline{\overline{4}} = + \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{3}} = + \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{2}} = + \overline{\overline{4}} > \overline{\overline{3}} > \overline{\overline{2}} > \overline{\overline{1}} > \overline{\overline{1}} =}$$

对于 x 数和 y 数中的任意一位, 在判别 $x \geq y$ 时, 只要按照下面二逻辑函数式来排逻辑便可。写成一般式:

$$\begin{aligned}
 f(x_i > y_i) &= x_{i8} \overline{y}_{i8} + (\overline{x}_{i8} \overline{y}_{i8} + x_{i8} y_{i8}) x_{i4} \overline{y}_{i4} + (\overline{x}_{i8} \overline{y}_{i8} + x_{i8} y_{i8}) \\
 &\quad (\overline{x}_{i4} \overline{y}_{i4} + x_{i4} y_{i4}) x_{i2} \overline{y}_{i2} + (\overline{x}_{i8} \overline{y}_{i8} + x_{i8} y_{i8}) (\overline{x}_{i4} \overline{y}_{i4} + x_{i4} y_{i4}) \\
 &\quad (\overline{x}_{i2} \overline{y}_{i2} + x_{i2} y_{i2}) x_{i1} \overline{y}_{i1} \\
 f(x_i = y_i) &= (\overline{x}_{i8} \overline{y}_{i8} + x_{i8} y_{i8}) (\overline{x}_{i4} \overline{y}_{i4} + x_{i4} y_{i4}) (\overline{x}_{i2} \overline{y}_{i2} + x_{i2} y_{i2}) \\
 &\quad (\overline{x}_{i1} \overline{y}_{i1} + x_{i1} y_{i1})
 \end{aligned}$$

式中的 $\overline{x}_{i8} \overline{y}_{i8}$ 表示 x 在 8, 4, 2, 1 码中的权 8 上大于 y 的权 8 上的数, 则此位 x 数必大于 y 数。上面 $f(x_i > y_i)$ 及 $f(x_i = y_i)$ 式子中 $x_i \overline{y}_i$ 表示 $x_i > y_i$, $\overline{x}_i \overline{y}_i$ 或 $x_i y_i$ 表示 $x_i = y_i$ 。从上面推得 $f(x \geq y)$ 的逻辑式可得如图 (六) 的判别 $x \geq y$ 的逻辑方框图。这是判别 4 位数的情况。在这里已经够用了, 虽然 x 寄存器有五位, 其中有一位是借位, y 寄存器因为要和 x 一起参加运算, 所以也多一位空位, 这样位数相等, 但是 x 、 y 只送 4 位数, 当 x 发生借位时, x_5 必不为 0, 所以 x_5 必大于 y_5 。

四、BDC 码计数寄存器设计:

本系统采用的是平行计数器, 来一个脉冲, 4 位数同时改变状态。其线路是按照如下关

系来设计。

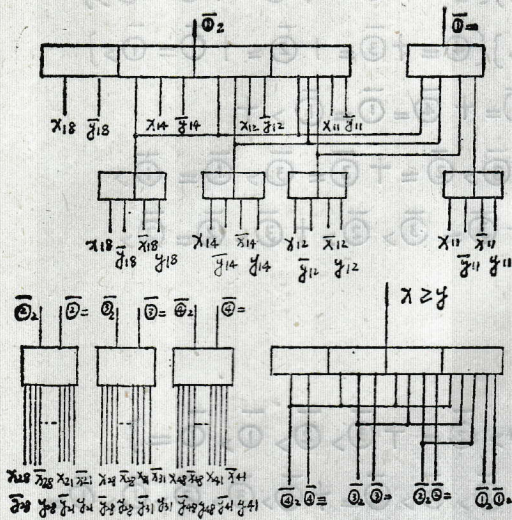


图6

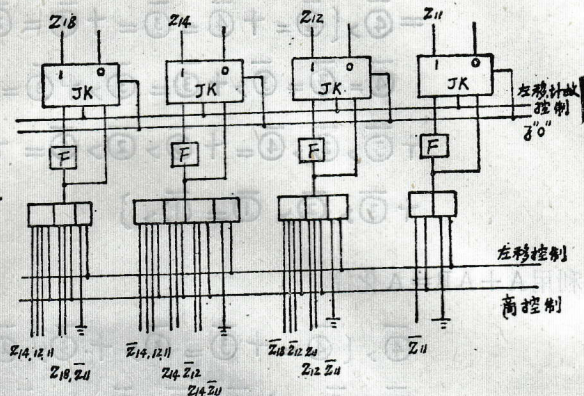


图 7

表 4

	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	1
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0

$$C_{11} = \bar{C}_{11} m$$

$$C_{12} = (\bar{C}_{18} \bar{C}_{12} C_{11} + C_{12} \bar{C}_{11}) m$$

$$C_{14} = [\bar{C}_{14} C_{12} C_{11} + C_{14} \bar{C}_{12} \bar{C}_{11} + C_{14} \bar{C}_{12} C_{11} + C_{14} C_{12} \bar{C}_{11}] m$$

$$= (\bar{C}_{14} C_{12} C_{11} + C_{14} \bar{C}_{12} + C_{14} \bar{C}_{11}) m$$

$$C_{18} = (C_{14} C_{12} C_{11} + C_{18} \bar{C}_{11}) m$$

这些逻辑式是由前位来一个触发脉冲后，看下一位反转情况写出来的，下一位都是指的“1”来说的。根据这些逻辑式排出图（七）计数寄存器的逻辑框图。它的真值表见表四。试验证明计数寄存器能正常工作，组成计数寄存器的每位的负载能力足够。

五、BDC码移位寄存器的构成

图8画出了x移位寄存器中的第一、第五位，从图中可以看出，BCD码移位寄存器和普通二进制移位寄存器原理上是一样的，所不同的是在BCD码移位寄存器中，每一位数需要4位二进制码来组成。本除法器中y移位寄存器、Z移位寄存器所用电路同图（八）所画的电路，所不同者，y移位寄存器少一个左移控制，Z移位寄存器少一个右移控制和采样控制，其道理见前面所讲，它们的原理图就不再画了。图8中C₈C₄C₂C₁是减法器的输出。第五位的采样输入端接地，因这是空位，当x < y时，x需左移，以作借位用的。寄存器的第一位左移

表 5

	Q8	$\overline{Q8}$	J	K	Q4	$\overline{Q4}$	J	K	Q2	$\overline{Q2}$	J	K	Q1	$\overline{Q1}$	J	K
0	0	1	0	1	0	1			0	1			0	1		
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
2	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1
3	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
4	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
5	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
6	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
7	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
8	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
9	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0

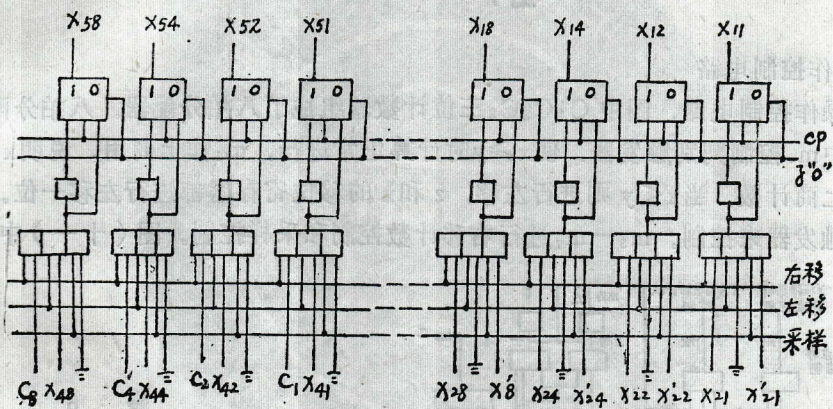


图 2

输入端，当发生左移时，本位数移出，自己为“0”了，因此也接地。而 X_{18}' 、 X_{14}' 、 X_{12}' 、 X_{11}' 等带有一撇符号的表示送数端。通过试验，移位寄存器的工作达到了设计的要求。

六、控制器

控制器包括二部份，一为操作控制电路，另一位启停电路。

(1) 启停电路

图 9 是启停电路，此启停线路可以发单脉冲也可以发连续脉冲，它能用按钮人工启动机器作自校用。正常工作时由外触发脉冲来启动，即所谓的采样脉冲。工作时，当开关 K 打在 A 位置时，线路发单脉冲，掀一次按钮送一只脉冲。单脉冲在查机时很有用，当开关打在 B 时，机器只要掀一次按钮启动一下，便可发出连续脉冲系列，直到一次运算作完，机器内部会自动发出信号停机。若不掀按钮而用外触发信号控制，则机器便和外来触发信号同步工作。线路正常工作时，各点波形极性见图所注。图中 $Z_4(0) \cdot C_0$ 表社连续运算做完一次除法

停机。当 $x=0, y \neq 0$ 时, $z_4(0) \neq 0$, 永远不为 0, 所以用 C_6 的进位来停机。当 $x \neq 0, y=0$ 时, z 移位寄存器的第一位计数寄存器计数到 9 后仍不结束, 这时用 $Z_{13}Z_{12}$ 来停机。

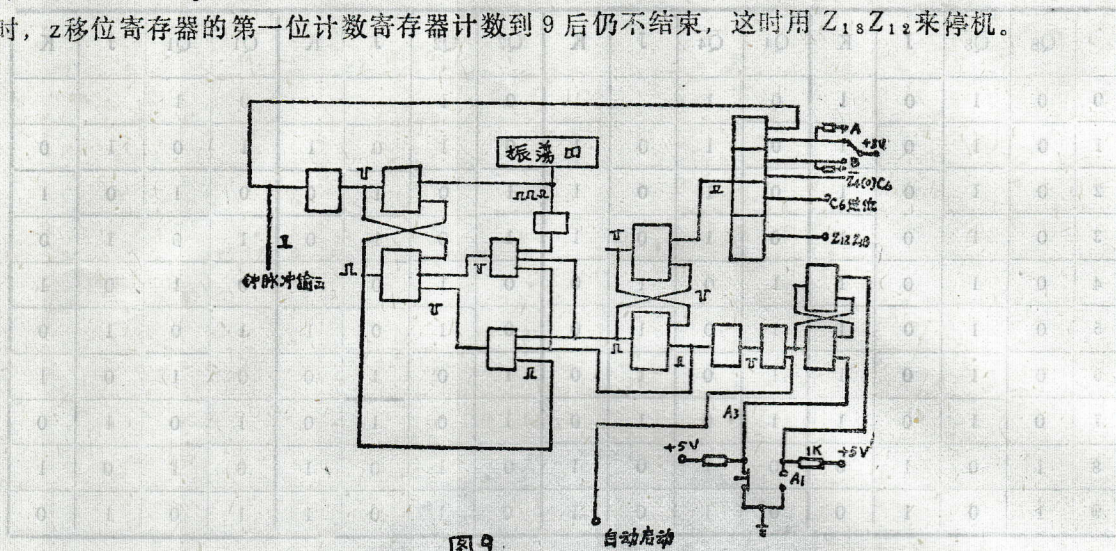


图 9

(2) 操作控制电路

图 10 是操作控制电路, 图中 $C_1C_2C_3$ 三位计数器组成了八拍分配器。八拍分配情况见表 (五), 其中 m 控制判别触发器, 使 $x \geq y$ 时计算正常进行。 m_1 作上商用, 说明 $x \geq y$, 除法能进行, z_1 上商计数。当 $x < y$ 则进行左移, z 和 x 的移位寄存器都进行左移一位。上商还是左移由判别触发器来控制。 $m_3 - m_7$ 进行右移计数控制和采样控制。图 (十一) 中 C_4, C_5 、

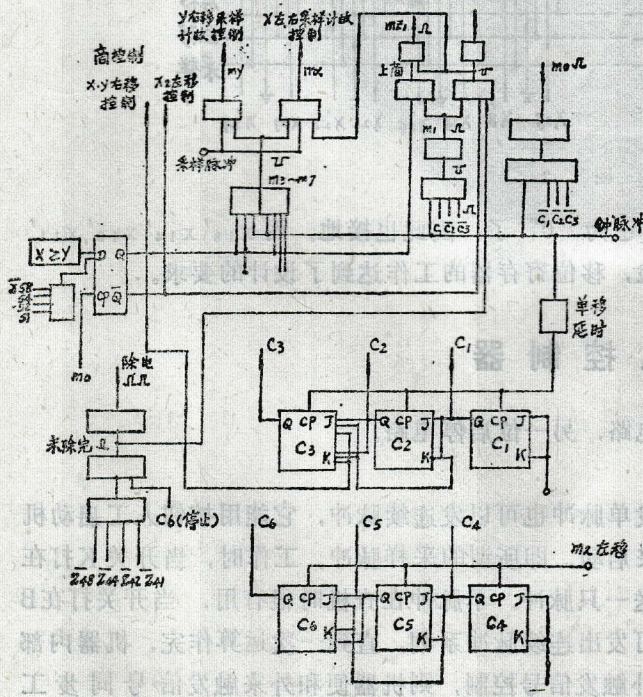


表 6

	C_1	C_2	C_3	
m_0	0	0	0	$\bar{C}_1 \bar{C}_2 \bar{C}_3$
m_1	0	0	1	$\bar{C}_3 \bar{C}_2 C_1$
m_2	0	1	0	$\bar{C}_3 C_2 \bar{C}_1$
m_3	0	1	1	$\bar{C}_3 C_2 C_1$
m_4	1	0	0	$C_3 \bar{C}_2 \bar{C}_1$
m_5	1	0	1	$C_3 \bar{C}_2 C_1$
m_6	1	1	0	$C_3 C_2 \bar{C}_1$
m_7	1	1	1	$C_3 C_2 C_1$

图 10

C_0 是决定小数点位置的,最多可取小数7位亦取 10^{-7} 次。图中 $\bar{Z}_{4,8}\bar{Z}_{4,4}\bar{Z}_{4,2}\bar{Z}_{4,1}$ 和 C_0 送入的三级与非门,其工作原理是 $\bar{Z}_{4,0}\cdot C_0$ 符合正与门条件时即连续运算,做完一次除法用它来停机。不符合正与门条件时,则表示未除完。图(十)中, m_1 、 m_2 、 m_3 三处总是只符合负或门条件,正与门条件不可能出现。

七、机器工作频率的选择

节拍脉冲数是八次,对应100kc的脉冲八次的运算时间是:

$$f=100\text{kc} \quad t=10\mu\text{s}$$

$$T_1=8\times 10\mu\text{s}=80\mu\text{s}$$

在机器中出现最长的运算是0.0009999,因取4位有效数,它所占时间是:

$$9\times 80\mu\text{s}=720\mu\text{s}$$

$$720\mu\text{s}\times 4=2.8\text{ms}$$

而外触发脉冲的最高工作频率是5次/秒,它的周期是200ms所以除法器的工作频率不必选得很高,选10kc也能满足要求,这里主振荡器的工作频率用电位器在10kc—100kc之间连续可调。

机器触发信号由机械扫描器来控制,机械扫描器的执行元件是步进电动机,在扫描区域内,步进电机每走一步便取一数据,这时在机器内进行一次交直流比,故机器的外触发频率是由机械扫描器的工作频率来决定的。

八、结束语

上面叙述了除法器的整个工作过程和主要环节的选择及作用原理。只要将控制部份作适当的变动,本机器不仅能作BCD码除法运算,也能作加减法及乘法运算。这里不一细说了。

THE BCD CODE DIVIDER USING THE RATIO BETWEEN AECEAAND DECE IN SOLAR MAGNETIC FIELDS TELESCOPE

Hou Hui Fang

(Nanjing Astronomical Instruments Factory)

Ming Chang Rong

(Beijing Astronomical Observatory)

The solar magnetic fields telescope can measure the variation of a magnetic field by measuring the fission distance of spectrum line. During the measurement, some variation of background light should be deducted. Using the ratio

between A. C. and D. C. with measured value by present divider, the physic quantity of the variation of the magnetic field can be measured directle. This is a special 4 digits BCD code divider which is formed by hardware. The design principle of the divider is based on direct subtraction with fixed point formatted data. The system only needs 4 digits integer divider. The data is either in the case where dividend is less than or equal toqdivisor or in that where divis tndent is no greater than tenfold of divisor. The position of decimal point - given by counting the number of the left shift of dividend by judging the signs of the dividend and the divisor in the NAND-OR circuit, the sign of guotient is reserved in trigger. If the control part is changed appropriately, it can be used in adder, subtractor and multiplier too.

THE BCD CODE DIVIDER USING THE RATIO
BETWEEN ACECAAND DECE IN SOLAR
MAGNETIC FIELDS TELESCOPE

Hou Hai Fang

(Nanjing Astronomical Instruments Factory)

Ming Chang Rong

(Beijing Astronomical Observatory)

The solar magnetic fields telescope can measure the variation of a magnetic field by measuring the fission distance of spectrum line. During the measure- ment, some variation of background light should be deducted. Using the ratio