

# 预先给定可靠度的非同步式 序列继电线路\*

林文震

## 摘 要

本文研究了预先给定可靠度的非同步式序列继电线路的综合问题,为了综合一个没有危险性竞态的这种线路,在状态分配时必须遵守若干规律,文中还给出了对于给定的内在状态数所需继电器的个数的界限及有关的综合举例。

研究在局部损坏情况下仍能正常工作的自动设备的综合方法,是控制论有用的研究课题之一,关于这方面的工作目前已经有许多文献发表,在继电结构理论方面最重要的是文献[1, 2, 3]所发表的结果,其中 Гаврилов 在[3]中提出了采用抗扰电码<sup>[8]</sup>来分配线路的内在状态的系统综合方法,但是[3]中没有考虑到继电器动作过渡过程中的所谓“危险性竞态”的问题,所综合出来的非同步式序列线路并不能达到提高可靠度的目的。

本文将提出在采用抗扰电码的条件下,非同步式序列线路状态的分配以及状态之间的相互转移所必须遵守的若干规律;以及类似于目前很多有关抗扰电码文献中探讨的所能组成的信号数,研究预先给定可靠度线路所需的继电器的数目问题;最后借助于提出的一部分规律及现有抗扰电码理论和继电线路结构理论来分配一些例子的状态。

## 一、状态的偏移及其性质

抗扰电码中心电码点所代表的线路内在状态,以下称之为中心状态点,任意一个或者若干个继电器损坏之后,线路就离开其中心状态点而处在另一个状态点,以下称这些点为偏移点,称这现象过程为偏移。

长度为  $n$ , 距离为  $D$  的两个中心状态点,显然其中有  $n - D$  个继电器的状态是相同的,同都是“1”(闭合状态)或同都是“0”(开启状态), $D$  个继电器的状态是不相同的,一个中心状态点的是“1”(闭合状态),另一个的是“0”(开启状态),或反之。例如在图1中,状态②和③之间的  $D = 3$ ,它们之间的继电器  $X_1, X_3, X_5$  的状态是不相同的,继电器  $X_2, X_4, X_6$  的状态是相同的(图中用竖线将两个中心点间相同的“0”及“1”划出)。

对两个中心状态点,其状态是相同的继电器的损坏(该闭不闭或该启不启),将同时引起两个状态都发生偏移或都

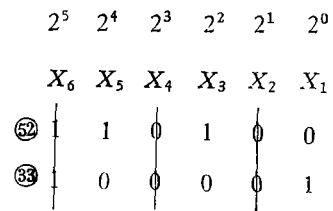


图 1

\* 本文的初稿于1963年1月18日收到,修改稿于1964年10月17日收到。

不发生偏移。仍以图 1 为例,当继电器  $X_2$  该启不启时,则两个中心点将同时分别偏移为 ㉞110110 和 ㉟100011。同样可以看出继电器  $X_4$  或  $X_6$  损坏时的偏移情况。以后我们就称这一种偏移点为两个中心状态点间的孪生偏移点,简称孪移点。

对两个中心状态点,其状态不相同的继电器的损坏,将只引起一个,而且一定引起一个中心点发生偏移,而另一个中心点不发生偏移。例如在图 1 中,如果继电器  $X_1$  该闭不闭,则将一定引起状态 ㉟100001 偏移为 ㉞100000,而状态 ㉞不发生偏移,同样可以看出当继电器  $X_3, X_5$  损坏时状态的偏移情况。以下就称这种偏移点为孤移点。

可以看出,当  $d = 1$  时,因为假定只有一个继电器损坏<sup>1)</sup>,即不考虑有第二个继电器损坏时的情况,因此,当  $d = 1$  时孪移点是一一对应的。例如在图 1 中,孪移点 ㉞110110 一定与 ㉟100011 ( $X_2$  该启不启引起的)对应;同样孪移点 ㉞111100 一定和 ㉞101001 对应, ㉞010100 和 ㉞000001 对应。

当  $d \geq 2$  时,即假定损坏的继电器是两个或两个以上,如果损坏的继电器都落在对于

				A							
	$X_1$	$X_2$	$X_3$		$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$		
㉞	1	1	1		1	1	1	1	1		
㉞	1	1	1		0	0	0	0	0		
㉞'	1	1	0		1	1	1	1	1		
㉞' <sub>1</sub>	1	1	0		1	0	0	0	0		
㉞' <sub>2</sub>	1	1	0		0	1	0	0	0		
㉞' <sub>3</sub>	1	1	0		0	0	1	0	0		
㉞' <sub>4</sub>	1	1	0		0	0	0	1	0		
㉞' <sub>5</sub>	1	1	0		0	0	0	0	1		
											B

图 2

两个中心点,其状态是相同的继电器上,则这时所产生的孪移点也是一一对应的。例如在图 2 中,假定  $d = 2$ ,则如果任意两个损坏的继电器都落在  $AB$  线的左边,其所产生的孪移点就是一一对应的(图中没有表出)。

如果损坏的继电器中,仅一部分对两个中心点有影响,引起两个中心点都发生偏移;而另外一部分损坏的继电器,对一个中心点,假定是中心点 ㉞没有影响,不引起偏移,对另外一个中心点,假定是中心点 ㉞有影响,引起偏移,那么由于

于这另外一部分损坏的继电器,可能是  $D$  个中的某一些组合,因此对应于状态 ㉞一个孪移点,状态 ㉞可能有几个偏移点。例如在图 2 中,  $d = 2$  时,如果损坏的两个继电器中,一个是属于  $AB$  线的左边的,则必使 ㉞, ㉞两个中心点都发生偏移 ( $X_1, X_2, X_3$  中有一个不能闭合引起的)或都不发生偏移;而另一个继电器是属于  $AB$  线的右边的,假定是  $X_4-X_8$  中任一个不开启,则将引起状态 ㉞发生偏移,而对状态 ㉞没有什么影响。假定是  $X_3$  不能闭合,而  $X_4-X_8$  中任一个不能开启,则对应于中心点 ㉞的偏移点 ㉞', 中心点 ㉞可能有 5 个偏移点 ㉞'<sub>1</sub>, ㉞'<sub>2</sub>, ㉞'<sub>3</sub>, ㉞'<sub>4</sub>, ㉞'<sub>5</sub> 如图 2 中所示。

以后我们就称中心点 ㉞的这一偏移点为 ㉞孪移点,对应于 ㉞孪移点的中心点 ㉞的每一个偏移点为 ㉞复孪移点(在上例中即为 ㉞'<sub>1</sub>, ㉞'<sub>2</sub>, ..., ㉞'<sub>5</sub>)。

## 二、关于状态之间的相互转移

用抗扰电码来分配线路的状态,如果两个中心点的距离为  $D$ ,则可以使得损坏的继电

1)  $D = 2d + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3$ .

器的个数小于和等于  $d$  时，线路的状态虽离开其中心点而处在偏移点，但仍能正常工作。自然要提出这样的问题：可否增加中心状态点的距离而使每一个可能的竞态都落在与中心点的距离都小于  $d$  的偏移点的范围之内？如果不能的话，那又应当怎样分配每一个中心点？哪一些状态点应当分配并联转移，哪一些可以串联转移？再者，线路结构上的拒绝性保护（即故障时拒绝动作）在非同步式线路是否可实现等等。下面就将研究这些问题。

线路由一个状态到另一个与其距离大于 1 的状态转移时，如果采取同时动作几个继电器的转移方式，为了以下叙述的方便，将称这种转移方式为“并联转移”；如果采取串联动作逐个继电器的转移方式则称为“串联转移”；串联转移中间所经过的一串继电器状态称之为“途径”。

并联转移时，因为任意两个或者若干个继电器的动作时间都可能是一致的，也可能是不一致的，所以当由一个状态到另一个与其距离等于  $k$  的状态并联转移时，就一定可能出现

$$M = 2^k - 2$$

个竞态。

(1) 由一个状态的中心点向另一个状态转移时，串联转移是不可能的。这是因为这时另一个状态可能处在不确定的任一个孤移点，而由一个状态到另一个状态的串联转移，只能通过一条唯一的途径，例如在图 3 中，由中心点甲向状态乙'转移时，即由甲<sub>1</sub>→乙'的转移，如果分配途径甲<sub>1</sub>111111 → 甲<sub>1</sub>111110 →

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	
甲 <sub>1</sub> 111111 → 甲 <sub>1</sub> 111110 →	1	1	1	1	1	1	甲
乙' <sub>1</sub> 111100 → 乙'1111000,	1	1	1	0	0	0	乙
	1	1	1	1	0	0	乙' <sub>1</sub>
	1	1	1	0	1	0	乙' <sub>2</sub>
	1	1	1	0	0	1	乙' <sub>3</sub>

图 3

乙'1111000，同样可以看出，当乙'处在某一些孤移点时，就不可能完成两个状态的转移。

(2) 两个距离为  $D$  的中心点，分配同时动作  $D$  个继电器的相互并联转移，则其可能产生的所有竞态等于两个中心点所有孤移点的总数，即

$$2^D - 2 = 2 \sum_{l=1}^d \binom{D}{l},$$

而且两者互相重合。

这是因为两个状态的距离为  $D = 2d + 1$ ，根据孤移点的性质即可知，每个中心点可能产生

$$\binom{D}{1} + \binom{D}{2} + \dots + \binom{D}{d} = \sum_{l=1}^d \binom{D}{l}$$

个孤移点。再由二项式定理即得

$$2 \sum_{l=1}^d \binom{D}{l} = 2^D - 2,$$

这些孤移点和竞态,同样都是由相同的 $D$ 个继电器状态的组合产生的,因此两者相等,互相重合。

由(1)及(2)可以得出下面的事实:

1) 一个中心状态点及其孤移点向另一个状态转移时,可以且应当分配并联转移。

2) 两个或者若干个需要相互转移的中心点,应当分配其相互的距离等于 $D$ 。因为如果分配其距离大于 $D$ ,则根据(2),其所可能产生的竞态将多于其孤移点。如果分配两个距离最大的中心电码点,例如111111和000000互相转移,则全部继电器的状态都要被竞态所覆盖,即整个线路仅能有两个状态。

(3) 非同步式序列线路结构上的拒绝性保护是不可能实现的。

这是因为两个中心点如果分配并联转移,则根据(2)其竞态必与其孤移点重合。如果对偏移点采取拒绝性保护措施(即实现当线路中某一些元件损坏时即拒绝工作),则在并联转移过程中就可能因竞态的出现而使线路进入拒绝性保护状态。而如果分配串联转移,则更显然,串联转移过程就要进入拒绝性保护状态。

顺便指出的是,在通讯和远动技术中,广泛采用拒绝性保护;在线路结构上实现拒绝性保护,也是一个有价值的吸引人的工作;文献[3]中也指出可以实现结构上拒绝性保护的序列线路。但是如上所述,这是不可能实现的。

(4) 当 $d = 1$ 时,一个状态的孪移点向另一个状态转移时,必定转移到另一个与其对应的孪移点;相互转移的方式可以分配串联转移。

这是因为对于孪移点来说,两个状态的偏移是同时产生的,是一一对应的并存的,因而一个孪移点就应当且只得转移到另一个与其对应的孪移点;因为孪移点是一一对应的,同时假定 $d = 1$ ,即假定一个继电器损坏之后不再考虑有第二个继电器损坏,所以只要避开要求动作已损坏的一个继电器,可以分配一串联相互转移的途径。

(5) 当 $d \geq 2$ 时,对于一一对应的孪移点,可以分配串联相互转移;对于⊕孪移点及⊙复孪移点,则各个⊙复孪移点可以串联向其对应的一个⊕孪移点转移,但其逆转移不得分配串联转移。

对于一一对应的孪移点,理由同(4)。后面部分是因为对应于每一个⊙复孪移点,有一个唯一确定的⊕孪移点,因而对于每一个⊙复孪移点,可以分配一条唯一的串联转移途径向其对应的一个⊕孪移点转移。其串联逆转移为不可能是因为对应于一个⊕孪移点,有事先不能确定的若干个⊙复孪移点,例如在图2中,对应于一个⊕孪移点⊕',可能有事先不能确定的若干个⊙复孪移点⊙',⊙',⊙',⊙',⊙',因而不可能分配一条唯一的串联转移途径;而一个状态到另一个状态的串联转移只可能是一条唯一的途径(参见(1)之说明)。因此其逆过渡不得分配串联转移。

(6) 假定线路损坏的继电器的个数为 $l$ ,则对于两个中心点的 $l = 1, 2, \dots, d - 1$ 的任意孪移点,如果分配并联转移,则其所产生的竞态一定包含了其相应的 $l = 2, 3, \dots, d$ 的⊙复孪移点。(说明略)

至此我们就回答了本节开始时所提出的全部任务。

### 三、关于所需继电器的数目

关于给定电码长度  $n$ ，求中心电码点的数目  $N$  的上下限，目前已经出现了很多文献，在这方面综述得最完善的是 Peterson 的书<sup>[10]</sup>的第 4 章。文献[3]中提出用抗扰电码来分配继电线路的内在状态时，可以应用抗扰电码理论中熟知的公式([3]中列出的式 4) 来计算所需继电器数目的下限。当考虑消除危险性竞态时就不能再应用抗扰电码理论的结果。以下我们就给出这时所需继电器的数目的计算公式。(略去推演过程)。

当  $d = 1$ ，对所有的李移点都分配串联转移，则所需的继电器数目  $n$  必须满足

$$\frac{1}{2}N \left[ 2^D + \binom{n-D}{1} (D+1) \right] \leq 2^n, \tag{1}$$

其中  $N$  为线路的内在状态的数目。

当  $d \geq 1$ ，对中心点及其所有的偏移点都分配并联转移则必须满足

$$\frac{1}{2}N \left[ 1 + \sum_{l=1}^d \binom{n-D}{l} \right] 2^D \leq 2^n. \tag{2}$$

当  $d \geq 2$ ，对  $l = d$  的李移点分配串联转移，对  $l = 1, 2, \dots, d-1$  ( $l$  为损坏的继电器个数)的⊗复李移点及中心点和孤移点分配并联转移，则必须满足

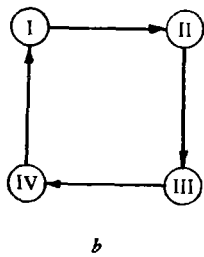
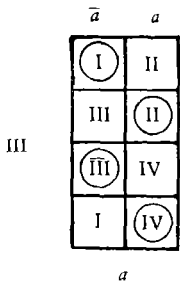
$$\frac{1}{2}N \left[ \binom{n-D}{d} (D+1) + \sum_{l=1}^{d-1} \binom{n-D}{l} 2^D + 2^D \right] \leq 2^n. \tag{3}$$

### 四、状态分配举例

借助于上述规律及现有抗扰电码理论和继电线路结构理论，我们就可以分配具有预先给定可靠度而没有“危险性竞态”的序列线路的状态。

例 1. 此例将采用文献[3]中采用的综合一个二进位计数器的例子。要求线路由一个状态向另一个状态的转移过程中，任一个继电器发生永久性或非永久性故障时仍能正常工作。此线路的状态(信息)转移如图 4 所示，对其所有的李移点分配串联转移，则根据式(1)计算所需继电器的个数：

$$\frac{1}{2} (4) \left[ \left[ \binom{5-3}{1} (3+1) + 2^3 \right] \right] = 32 = 2^5,$$



0	0	0	0	0	Ⓘ
0	1	0	1	1	Ⓚ
1	0	1	1	0	Ⓛ
1	1	1	0	1	Ⓜ

图 4

图 5

即必须满足  $n \geq 5$ ，也即至少需要 5 个继电器。和文献[3]一样，采用文献[9]的方法来找出  $n = 5$  时的全部中心电码点。这时有 6 种基础矩阵，同文献[3]取第一种基础矩阵，则

得出中心电码点,如图 5 所示.

根据(2)之 2),两个需要相互转移的电码点应当分配其距离恰好等于  $D = 3$ , 因此, 根据图 4b 的要求,将图 5 的电码编号如图 5 的右侧所示,也即使得 ㉑与 ㉒, ㉒与 ㉓, ㉓与 ㉔, ㉔与 ㉑ 的距离分别都是  $D = 3$ .

根据偏移点的定义作出中心点 ㉑与 ㉒之间的全部孤移点和孛移点,如图 6 所示.

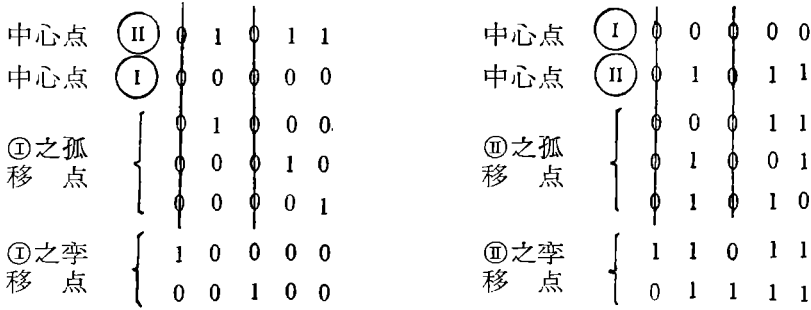
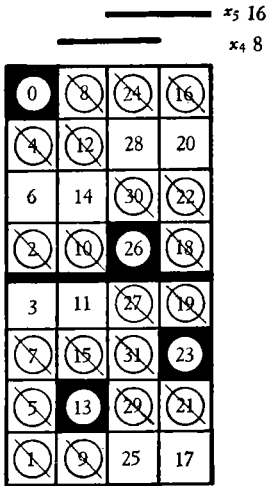


图 6

同样地作出中心点 ㉒与 ㉓, ㉓与 ㉔, ㉔与 ㉑ 之间的孤移点及孛移点, 即得如图 7 的两侧所示.

分别根据(2)及(4), 对中心点及其孤移点应分配并联转移, 而对孛移点分配串联转移. 前者不需再作说明, 以下仅对串联转移的途径的分配步骤再略作一些说明.

显然, 串联转移的途径应当分配尚未利用的状态. 为了列出未利用状态, 最方便的方法是作出真值图, 在真值图中划出全部已利用的状态——全部中心点及其偏移点, 如图 8 所示(可根据中心点来直接作出偏移点或根据图 7 来作出). 图 8 中以符号 ⊗ 标出了全部偏移点, 以 ⊙ 标出中心点. 由图中就可以清楚的看出, 未利用的状态为 6, 14, 3, 11, 28, 20, 25, 17. 为了以下作图的方便, 将此全部未利用状态详列于图 9.



$x_1$   $x_2$   $x_3$   
1 2 3

图 8

3	1	1	0	0	0
11	1	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
14	0	1	1	1	0
25	1	0	0	1	1
17	1	0	0	0	1
28	0	0	1	1	1
20	0	0	1	0	1

图 9

利用这些未利用状态就可以分配串联转移的途径, 例如中心点 ㉑的孛移点 1 串联转移到中心点 ㉑的孛移点 27 (见图 7 的第五行的电码)可以通过未利用状态 3 和 11, 如图 7 中的第五行或如下所示:

$$1 \quad 3 \quad 11 \quad 27$$

$$10000 \rightarrow 11000 \rightarrow 11010 \rightarrow 11011.$$

利用未利用状态来分配串联转移的途径时, 借助于真值表也是有益的, 例如由图 8 就可以清楚直观地看出, 偏移点 1 和 27 的串联转移途径可利用未利用状态 3 和 11.

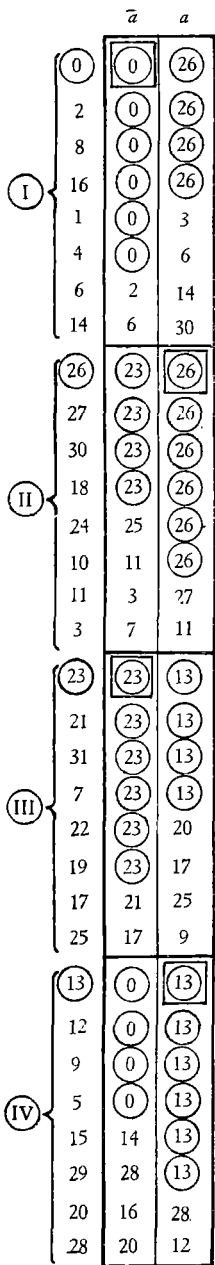


图 10

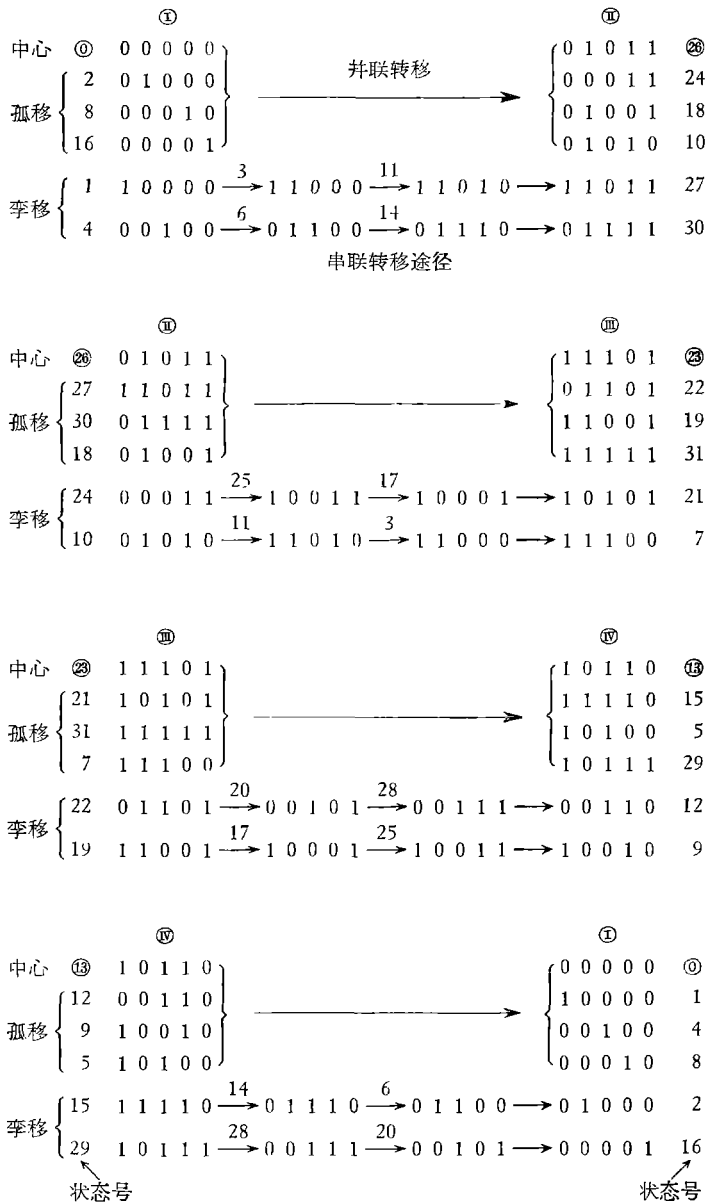


图 7

同样的分配其他李移点的串联转移的途径,即得如图 7 中所示。

应当说明,这里每一个未利用状态都被利用了两次,这是容许的。一般每一个未利用状态被利用的最大次数可以等于每一个未利用状态信息迁移的次数(即对该状态的指令数,在本例中为一进一出,如图 4 中所示)。

按照图 7 就可以作出矩阵序列列表,如图 10 所示。这里仅须注意,作序列列表时必须将重复利用的串联转移的途径排列在同一个中心点的集合,例如状态 3 和 11 应当分配在序

列表中(图 10)的集合⑩,因为由集合①串联转移到⑩及由⑩串联转移到⑩都必须通过状态 3,11 (见图 7 及 10). 对于一般的情况而言,重复利用的串联转移途径都应当分配在同一个集合. 由此也说明了,每一个未被利用状态可以被重复利用的最大次数等于该状态的信息转移次数.

这里再指出,在本例中如果将李移点也都分配并联转移,则这时所需继电器的个数由式(2)计算之:

$$\frac{1}{2} 4 \left[ 1 + \binom{n-3}{1} \right] 2^3 \leq 2^n,$$

$$64 = 2^6,$$

即至少需要 6 个继电器. 实际分配时,6 个继电器恰好足够需要.

例 2. 我们来分配一个如图 11 的状态转移图. 这是一个典型性的转移图. 采取  $D = 2d + 1 = 3$ , 对所有的李移点分配串联转移,则根据式(1)计算所需继电器的数目:

$$\frac{1}{2} \cdot 8 \left[ 2^3 + \binom{n-3}{1} (3 + 1) \right] \leq 2^n,$$

$$96 \leq 2^7 = 128,$$

即必须利用 7 个继电器.

同前例,作出基础矩阵,找出全部中心电码点,如图 12, 13 所示.

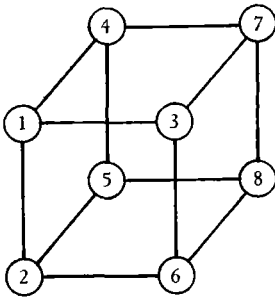


图 11

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

图 12

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \oplus \textcircled{3} &= \textcircled{6} \\ \textcircled{2} \oplus \textcircled{4} &= \textcircled{5} \\ \textcircled{3} \oplus \textcircled{4} &= \textcircled{7} \\ \textcircled{2} \oplus \textcircled{3} \oplus \textcircled{4} &= \textcircled{8} \end{aligned}$$

a

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \textcircled{2} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \textcircled{3} & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \textcircled{4} & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \textcircled{5} & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \textcircled{6} & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \textcircled{7} & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \textcircled{8} & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{aligned}$$

b

图 14

图 13



根据图 11 的要求,由中心电码点找出与 ①0000000 的距离均为 3 (即“1”的个数均为 3 者)的电码点②,③,④,如图 13 的右侧所示,再根据群码的基本性质,就可以找出中心电码点⑤,⑥,⑦和⑧,如图 14a,b,所示。

以下同前例,按照同样的步骤作出偏移点,利用未利用状态分配串联转移的途径。

### 参 考 文 献

- [1] von Neumann, J., Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Organisms from Unreliable Components, Automata Studies, Princeton Univ. Press, Princeton, 1956.
- [2] Moore, E. F., Shannon, C. E., Reliable Circuits Using Less Reliable Relays, *Jour. of Frankl. Inst.*, **262** (1956), No. 3—4.
- [3] Гаврилов, М. А., Структурная избыточность и надежность работы релейных устройств, Труды ИФАС, Изд. АН СССР, 1961.
- [4] Гаврилов, М. А., Теория релейно-контактных схем, Изд. АН СССР, 1950.
- [5] Caldwell, S. H., Switching Circuits and Logical Design, N. Y., 1958.
- [6] Закревский, А. Д., Визуально-матричный метод минимизация булевых функций  $A$  и  $T$ , **XXI** (1960), № 3.
- [7] Лазарев, В. Г., Метод синтеза конечных автоматов,  $A$  и  $T$ , **XXII** (1961), № 9.
- [8] Hamming, R. W., Error Detecting and Correcting Codes *Bell System Tech. J.*, **29** (1950), 147—160.
- [9] Варшамов, Р. Р., О методе линейного кода с исправлением ошибок в передаваемых сигналах, Сб. трудов НТО.
- [10] Peterson, Error Correcting Codes, New York. Wiley, 1961.

## ASYNCHROUS SEQUENTIAL MACHINE WITH A PRE-DETERMINED DEGREE OF RELIABILITY

LIN WEN-CHEN

The paper is concerned with the problem of the synthesis of asynchronous sequential machines with pre-determined degree of reliability. In order to synthesize such a machine without critical race, several properties must be taken into account in the state assignment. Bounds on the number of secondary relays required for a given number of internal states are also given. Examples of synthesis are included.