

m 序列指令遥控系统研究初步

周廷显 徐炳星
(哈尔滨工业大学)

摘 要

本文介绍了一种用 m 序列的平移等价序列作为指令的遥控系统。利用 m 序列的自相关函数的双值特性,使指令具有纠错能力,而不增加设备的复杂程度。

一、理论根据

根据伪随机码理论,如果 m 序列的周期为 P , 则其自相关函数^[1] 为

$$\rho(\tau) = \begin{cases} 1, & \tau = 0, \\ -1/P, & \tau \neq 0. \end{cases} \quad (1)$$

(1)式说明, m 序列自相关函数具有双值特性。

根据自相关函数定义,

$$\rho(\tau) = (A - D)/P. \quad (2)$$

式中 A 为和序列中 0 的个数,即原序列与位移序列元素相同的个数; D 为和序列中 1 的个数,即原序列与位移序列元素相反的个数。

$$P = 2^r - 1. \quad (3)$$

其中 r 为 m 序列特征多项式的次数。

因为 m 序列及其位移序列的模 2 和序列也是 m 序列,所以当 $\tau = 0$ 时,

$$A = P = 2^r - 1, \quad D = 0, \quad \rho(0) = (A - D)/P = 1.$$

当 $\tau \neq 0$ 时,

$$A = 2^{r-1} - 1, \quad D = 2^{r-1}, \quad \rho(\tau) = (A - D)/P = -1/P.$$

如果 $\{a_n\}$ 为 m 序列,则其位移序列

$$\{a_n\}, \{a_{n-1}\}, \dots, \{a_{n-(P-1)}\} \quad (4)$$

是 m 序列的平移等价序列,总共有 P 个,它们属于同一 m 序列^[1]。

因此,如果找出同一 m 序列的所有平移等价序列,用每一个平移等价序列做一个指令,那么它们的自相关函数显然满足 (1) 式。在收端就可以利用自相关函数的双值特性,将所传输的指令区分开来。

因为一个 m 序列的平移等价序列最多只有 P 个,所以,用某一长度的 m 序列做指令的遥控系统的指令数目只能有 P 个。用 m 序列的平移等价序列做控制指令,在于它具有高的抗干扰性能。如果传输中发生了少量错误,收端照样可以判决出所传输的指令。可以

说系统具有纠错能力,而其实质是 m 序列相关检测具有容错能力.

收端对每一个指令都设置一个专门的相关器. 对所传输的指令,相应的相关器输出为 1, 这时相当于 $\tau = 0$ 的情况,而其它相关器则相当于 $\tau \neq 0$, 其输出为 $-1/P$. 由于 1 和 $-1/P$ 差别明显,因此易于判决出所传输的指令.

如果传输中发生了一位错误,当 $\tau = 0$ 时,自相关函数下降 $2/P$. 这是因为这时的 $A = P - 1$, $D = 0 + 1$. 这时,

$$\rho_1(0) = (P - 1 - 1)/P = 1 - 2/P. \quad (5)$$

当 $\tau \neq 0$ 时,自相关函数在最坏的条件下增加 $2/P$. 这是因为在最坏的情况下,

$$A = 2^{r-1} - 1 + 1, \quad D = 2^{r-1} - 1,$$

这时

$$\rho_1(\tau) = (2^{r-1} - 1 + 1 - 2^{r-1} + 1)/P = -1/P + 2/P. \quad (6)$$

如果 $\rho_1(0)$ 大于 $\rho_1(\tau)$ 便可以判决出所传输的指令,这可以说是“纠正”了传输中产生的一位错误. 以后在传输中每增加一位错误, $\rho(0)$ 就下降 $2/P$, 而 $\rho(\tau)$ 则增加 $2/P$. 当 $\rho(0)$ 和 $\rho(\tau)$ 相等时,收端则无法判决出所传输的指令,即失去了“纠错”能力. 设失去“纠错”能力时的错误位数为 x , 则有如下关系式:

$$1 - 2x/P = -1/P + 2x/P. \quad (7)$$

解(7)式可得

$$x = (P + 1)/4 = (2^r - 1 + 1)/2^2 = 2^{r-2}. \quad (8)$$

当 $r = 3$ 时, $P = 7$, $x = 2$, 可纠一位错误;当 $r = 4$ 时, $P = 15$, $x = 4$, 可纠三位错误;当 $r = 5$ 时, $P = 31$, $x = 8$, 可纠七位错误.

以上纠错能力是建立在 m 序列相关检测“容错”性质的基础上的,因此不论对随机性错误还是突发性错误均服从(8)式规定,且所需设备比能“纠正”随机性和突发性错误的循环码、卷积码的设备要简单得多^[2,3], 这是 m 序列指令遥控系统的一个优点.

二、实现方案

现以 $r = 3$, 本原多项式 $F(x) = 1 \oplus x \oplus x^3$ 的 m 序列为例说明 m 序列指令遥控系统的实现方案.

与本原多项式 $F(x) = 1 \oplus x \oplus x^3$ 相对应的 m 序列为

$$A_n = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0). \quad (9)$$

由(3)式可知,当 $r = 3$ 时, m 序列周期 $P = 7$, 此 m 序列有七个平移等价序列,即只能形成七个指令:

指令 1	1	1	1	0	1	0	0
指令 2	0	1	1	1	0	1	0
指令 3	0	0	1	1	1	0	1
指令 4	1	0	0	1	1	1	0
指令 5	0	1	0	0	1	1	1
指令 6	1	0	1	0	0	1	1
指令 7	1	1	0	1	0	0	1

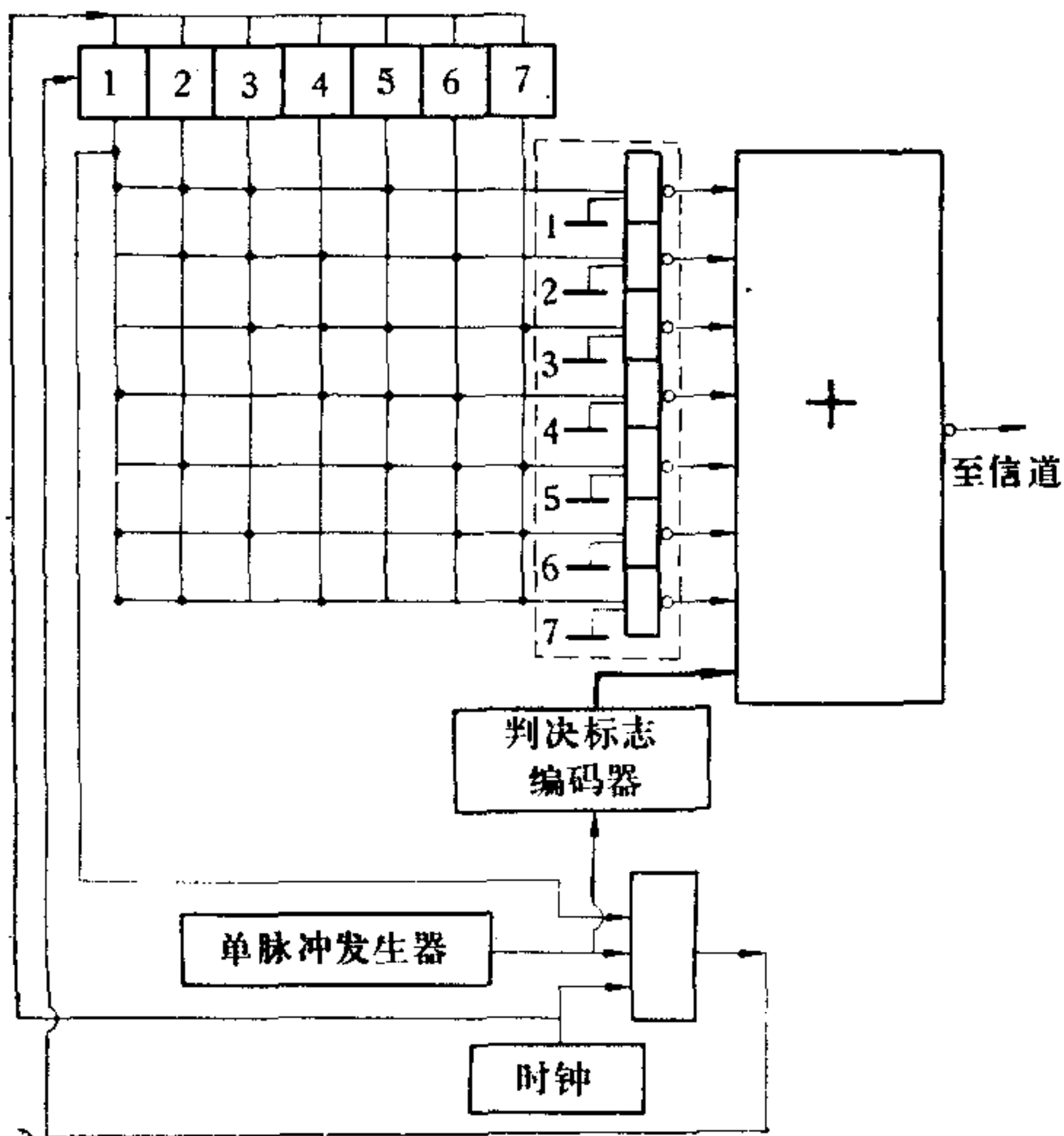


图1 m 序列指令编码器框图

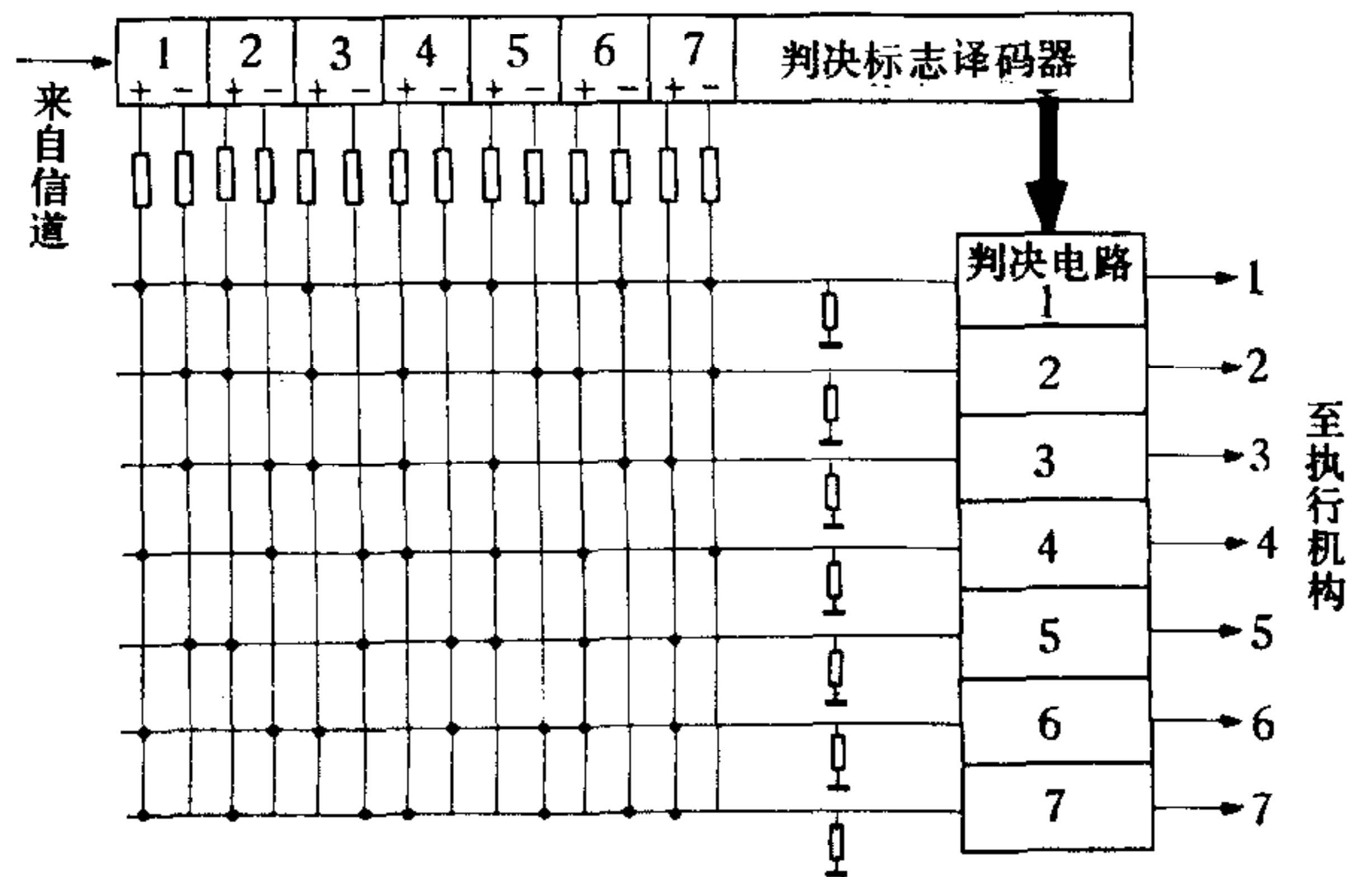


图2 m 序列指令译码器框图

按惯例发端用三级移位寄存器产生此 m 序列。这时,因输出的是一无限循环序列,所以不能保证只发出一个周期的序列,而且对每一个平移等价序列的开头和结尾位也不好控制。为此,用一个七级移位寄存器集成电路产生同一 m 序列的七个平移等价序列。七级移位寄存器的输出端按七条指令的规律连成 m 序列指令编码器,见图 1。在发出某一指令前,首先接通相应的指令预置电路(图 1 中虚线框内),然后开启单脉冲发生器。第一级移位寄存器反馈线决定了开启一次单脉冲发生器,时钟信号只有一个脉冲进入七级移位寄存器。此后这一脉冲便按时钟提供的移位拍节通过七级移位寄存器,于是在七个输出端得到七个平移等价序列,即七条指令。由于事先预置的限制,只有所需平移等价序列能通过或非门^[4]。因此,每开启一次单脉冲发生器只能输出该 m 序列中的一个平移等价序列,即一条指令,而不会无限制的输出循环序列。

在收端用七个匹配滤波器做相关器,见图 2。匹配滤波器实质上是一多抽头延迟线。这里多抽头延迟线是用单稳态集成电路实现的。这是因为在收端每次只能收到一条指令,要建立和发端同步的位脉冲是比较困难的,而多级单稳态电路不需要和发端同步的位脉冲。七级单稳态电路共有十四抽头,按 m 序列的七个平移等价序列的规律进行连结。所以,当某一指令到达且全部移入相关器时,在七个输出端只能有一个输出最大。判决电路按择大判决输出相应指令。假如传输指令 1,收端收到该指令且全部进入相关器时,令输出端 1 为 7 个单位电压输出,而其它输出端则只能有 3 个单位电压输出。每个判决电路,判决电平取 5 个单位电压。因 $7 > 5$,所以指令 1 在输出端 1 输出;因 $3 < 5$,所以其它输出端无指令输出。

这里需要强调的是,判决必须在指令全部移入相关器的时刻进行,否则将造成工作混乱。为保证这一点,在每个指令码前边加入一个判决标志码,在收端用一特殊设备检出这个判决标志码。在此码检出时开始判决,这时也是全部指令移入相关器的时刻。关于判决标志码的加入和检出见图 1、2 中粗实线部分。

三、结 论

1) 由于 m 序列自相关函数具有双值特性,利用同一 m 序列的平移等价序列做断续控制指令,具有纠正随机性和突发性错误的能力,抗干扰能力强.

2) m 序列指令遥控系统适用于指令数目少,可靠性要求高的场合^[5];对于指令数目多的系统,采用大中规模集成电路,也不难实现.

3) 由于 m 序列是一种伪随机序列,因此 m 序列指令系统具有一定的保密性.

参 考 文 献

- [1] 林可祥、汪一飞,伪随机码的原理与应用,人民邮电出版社(1978年), p. 23. 142.
- [2] Hsu, H. T., Kasami, T. and Chien, R. T., Error-Correcting Codes for a Compound Channel, *IEEE Trans. on Information Theory*, IT-14 (January, 1968), p. 135—139.
- [3] Hegelbarger, D W., Recurrent Codes: Easily Mechanized, Burst-Correcting, Binary Codes, *Bell Systems Tech. J.*, 38 (July, 1959), p. 969—984.
- [4] 周廷显、刘文贵、王木坤、王显宽,农田喷灌无线电遥控系统,哈尔滨工业大学学报,总46期(1982年3月), p. 63—69.
- [5] 程吉宽、张鸣瑞、郭建邦,遥控遥测系统,国防工业出版社(1981年),p. 1—5.

THE PRELIMINARY STUDY OF COMMAND TELECONTROL SYSTEM OF m -SEQUENCES

ZHOU TINGXIAN XU BINGXING
(Harbin Insititute of Technology)

ABSTRACT

The purpose of this paper is introducing a telecontrol system, which uses a shift and equal in value sequences of m -sequences as a command. Utilizing the character of double-value the autocorrelation function can cause the command to have an ability of error-correction, and does not increse the complicacy of equipment.