

一种改进的获得 J—K 触发器激励函数的方法

严单贵¹, 张承畅²

(1 重庆邮电大学 数理学院, 重庆 400086; 2 重庆大学 通信与测控中心, 重庆 400044)

摘 要: 针对由状态转移关系求取 J—K 触发器激励函数的传统方法存在的问题, 通过分析状态转移表和 J—K 触发器的特性方程的内在联系, 给出一种由状态转移表直接获取 J—K 触发器激励函数的方法. 该方法能有效简化激励函数求取的过程, 不需要太多的函数变换技巧, 同时通过该方法得到的激励函数具有最简形式.

关键词: J—K 触发器; 状态转移表; 激励函数

中图分类号: TP331

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)07-0078-04

A Modified Method to Obtain Excitation Functions of J—K Flip—flops

YAN Dan-gui¹, ZHANG Cheng-chang²

(1 College of Mathematics and Physics, Chongqing University of Post and Telecom, Chongqing 400086, China ;

2 Center of Communication and Tracking Telemeteing&Command, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Aiming at the problems to obtain excitation functions of J—K flip—flops by its state transition relation, and based on the analysis for intrinsic relation between state transition table with characteristic equation of J—K flip—flops, the paper gives a modified method to obtain excitation functions which can efficiently simplify the process. Using this method, even if without too much skill for logic function transformation, one can directly obtain the excitation functions from the state transition table, and the excitation functions have simplest formal.

Key words: J—K flip—flops; state transition table; excitation functions

1 引言

同步时序逻辑电路的设计, 就是要求设计者根据具体的逻辑问题要求, 设计出实现这一逻辑功能的电路. 其过程主要包括以下几个步骤:

- (1) 根据设计要求, 建立原始状态图和状态表;
- (2) 状态简化;
- (3) 状态分配;

(4) 根据状态分配后得到的状态转移表或状态转移图, 选择触发器的类型, 确定存储电路的激励输入;

- (5) 求输出函数;
- (6) 画逻辑电路图.

其中, 第(4)步是将前面步骤得到的状态转移关系(简化的状态转移表或状态转移图), 结合所选择的触发器, 求出触发器的激励函数, 它是连接逻辑问题描述和电路实现的中间步骤, 因此, 在同步时序逻辑电路的设计中极为关键.

本文针对在选定 J—K 触发器的情况下, 如何由状态转移表获得激励函数这一问题, 在传统方法^[1-4]的基础上, 寻求一种改进的方法.

2 传统的方法

以文献[1]例 6—5 为例, 要求设计用来检测二进制输入序列的检测电路, 当输入序列中连续输入 4 位数码均为 1 时, 电路输出 1. 在经过设计步骤 1

收稿日期: 2012-10-20; 修回日期: 2012-11-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(61263030); 重庆市科委自然科学基金(2010BB2240); 中央高校基本科研业务费(CDJZR12160019)

—3 后,得到如表 1 所示的状态转移表.选 J—K 触发器作为存储器件^[2],接下来,由状态转移表求 J—K 触发器的驱动方程.

表 1 状态转移表

序号	S(t)		N(t)			
	Q_2^t	Q_1^t	X=0		X=1	
			Q_2^{t+1}	Q_1^{t+1}	Q_2^{t+1}	Q_1^{t+1}
0	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	1
2	1	1	0	0	1	0
3	1	0	0	0	1	0

传统的方法分两步:第一步,由状态转移表求状态转移方程,建议通过卡诺图^[5]求取,如图 1 和图 2 所示,求得状态转移方程,如方程组(1);第二步,由状态转移方程,结合触发器的特性方程 $Q^{n+1}=J\overline{Q}^n+\overline{K}Q^n$,联立求解,这里将方程组(1)按照触发器的特性方程形式转化成方程组(2).

Q_2^{n+1} $Q_2^n Q_1^n$

X	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	1	1	1

图 1 求 Q_2^{n+1} 的卡诺图

Q_1^{n+1} $Q_2^n Q_1^n$

X	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	1	0	0

图 2 求 Q_1^{n+1} 的卡诺图

$$\begin{cases} Q_2^{n+1}=XQ_1^n+XQ_2^n \\ Q_1^{n+1}=X\overline{Q_2^n} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} Q_2^{n+1}=XQ_1^n+XQ_2^n \\ \quad =XQ_1^n(\overline{Q_2^n}+Q_2^n)+XQ_2^n \\ \quad =XQ_1^n\overline{Q_2^n}+XQ_2^n \\ \quad =J_2\overline{Q_2^n}+K_2Q_2^n \\ Q_1^{n+1}=X\overline{Q_2^n}=X\overline{Q_2^n}(Q_1^n+Q_1^n) \\ \quad =X\overline{Q_2^n}Q_1^n+X\overline{Q_2^n}\overline{Q_1^n} \\ \quad =J_1\overline{Q_2^n}+K_1\overline{Q_1^n} \end{cases} \quad (2)$$

比较系数,得到 J、K 的表达式,即触发器的激

励函数,如式(3).

$$\begin{cases} J_2=XQ_1^n, & K_2=\overline{X} \\ J_1=X\overline{Q_2^n}, & K_1=\overline{X}+Q_2^n \end{cases} \quad (3)$$

按照以上方法,主要存在以下几个问题:

(1)由状态转移表得到激励函数要分两个步骤完成,增加了问题的复杂度;

(2)在按照特性方程形式变换状态转移方程时,需要掌握逻辑函数变换和化简的一些技巧,容易出错;

(3)所得到的函数表达式可能不是最简式^[6-7].

针对这些问题,下面给出一种改进的方法,以求达到简化激励函数求取的步骤,避免使用过多的逻辑函数变换技巧,同时使得到的激励函数为最简形式的目的.

3 改进的方法

3.1 触发器特性方程分析

设计中,第 i 个 J—K 触发器的特性方程为:

$$Q_i^{n+1}=J_i\overline{Q_i^n}+\overline{K_i}Q_i^n \quad (4)$$

其真值表如表 2 所示.式(4)中,当 $Q_i^n=0$,方程的右边= J_i ,特性方程可写为: $Q_i^{n+1}=J_i$,再看表 2,应在 $J_i=1$ 的那些位置寻找 J_i 的表达式,这样,满足 $Q_i^n=0, Q_i^{n+1}=J_i=1$ 的那些位置即可求得 J_i 的表达式.对应到相应的状态转移表,当满足 $Q_i^n=0、Q_i^{n+1}=1$ 的不同位置的与项之和即为 J_i 的表达式,条件 $Q_i^n=0$ 对与项的贡献为除去 Q_i^n 的现态表达式,条件 $Q_i^{n+1}=1$ 对与项的贡献为此时对应的输入表达式;当 $Q_i^n=1$,方程的右边= $\overline{K_i}$,特性方程可写为 $\overline{Q_i^{n+1}}=K_i$.

表 2 J—K 触发器的真值表(映射 J_i)

J_i	K_i	Q_i^n	Q_i^{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
J_i	1	0	$\frac{1}{2}$
	1	0	1
	1	1	$\frac{1}{2}$
	1	1	0

再看表 3,应在 $K_i=1$ 的那些位置寻找 K_i 的表达式,这样,满足 $Q_i^n=1, K_i=1, Q_i^{n+1}=0$ 的那些位置即可求得 K_i 的表达式,对应到相应的状态转移表,当满足 $Q_i^n=1、Q_i^{n+1}=0$ 的不同位置的与项之和

即为 K_i 的表达式, 条件 $Q_i^n = 1$ 对与项的贡献为除去 Q_i^n 后的现态表达式, 条件 $Q_i^{n+1} = 0$ 对与项的贡献为此时对应的输入表达式。

表 3 J-K 触发器的真值表(映射 K_i)

J_i	K_i	Q_i^n	Q_i^{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

下面以表 1 为例, 分别求 J_i 、 K_i 的表达式。

3.2 激励函数的求取

3.2.1 求 J_i 的表达式

方法是: 在表 1 中, 寻找 $Q_i^n = 0, Q_i^{n+1} = 1$ 的那些位置, 如表 4 所示。每个位置对应为一个与项, 该与项由除 Q_i^n 外的现态表达式和对应的输入表达式相与得到, 不同的与项相或即可得到 J_i 的表达式。表 1 中, 满足 $Q_2^n = 0, Q_2^{n+1} = 1$ 为序号为 1 的位置, J_2 表达式为此时除去 Q_2^n 的现态表达式 Q_1^n 和 $Q_2^{n+1} = 1$ 时对应的输入表达式 $X(X=1, \text{故取为 } X)$ 相与, 即:

$$J_2 = Q_1^n X \quad (5)$$

满足 $Q_1^n = 0, Q_1^{n+1} = 1$ 为序号为 0 的位置, J_1 表达式为此时除去 Q_1^n 的现态表达式 Q_2^n 和 $Q_1^{n+1} = 1$ 时对应的输入表达式 X 相与, 即:

$$J_1 = Q_2^n X \quad (6)$$

表 4 由真值表求 J_i

序号	$S(t)$		$N(t)$			
	Q_2^n	Q_1^n	$X=0$		$X=1$	
			Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
$J_1 \blacktriangleright$	0	0	0	0	0	1
$J_2 \blacktriangleright$	1	0	0	0	1	1
	2	1	0	0	1	0
	3	1	0	0	1	0

3.2.2 求 K_i 的表达式

方法是: 在状态转移表中, 寻找 $Q_i^n = 1, Q_i^{n+1} = 0$ 的那些位置, 每个位置对应为一个与项, 该与项由除 Q_i^n 外的现态表达式和对应的输入表达式相与得到, 不同的与项相或即可得到 K_i 的表达式。表 5 中,

表 5 由真值表求 K_i

序号	$S(t)$		$N(t)$			
	Q_2^n	Q_1^n	$X=0$		$X=1$	
			Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
$K_1 \{$	0	0	0	0	0	1
	1	0	0	0	1	1
$K_2 \{$	2	1	0	0	1	0
	3	1	0	0	1	0

满足 $Q_2^n = 1, Q_2^{n+1} = 0$ 为序号为 2 和 3 的位置, K_2 表达式为序号为 2 对应的表达式和序号为 3 对应的表达式之和, 序号为 2 对应的表达式为除去 Q_2^n 的现态表达式 Q_1^n 和 $Q_2^{n+1} = 0$ 时对应的输入表达式 $\bar{X}(X=0, \text{故取为 } \bar{X})$ 相与, 序号为 3 对应的表达式为除去 Q_2^n 的现态表达式 Q_1^n 和 $Q_2^{n+1} = 0$ 时对应的输入表达式 $\bar{X}$ 相与, 则:

$$K_2 = Q_1^n \bar{X} + Q_1^n \bar{X} = \bar{X} \quad (7)$$

满足 $Q_1^n = 1, Q_1^{n+1} = 0$ 为序号为 1 和 2 的位置, 在 $X=0$ 时有两个与项: $Q_2^n \bar{X}$ 和 $Q_2^n \bar{X}$, 在 $X=1$ 时有一个与项: $Q_2^n X$, 因此

$$K_1 = Q_2^n \bar{X} + Q_2^n \bar{X} + Q_2^n X = \bar{X} + Q_2^n \quad (8)$$

3.3 包含无关项的 J 、 K 激励函数的求取

当状态转移表中含有不确定的状态转移关系时, 把不确定的状态转移关系作为无关项处理, 以有利于 J 、 K 表达式的简化, 以文献[1]例 6-7 为例, 状态转移表如表 6 所示。

表 6 含不确定转移关系的真值表

序号	$S(t)$			$N(t)$					
	Q_3^n	Q_2^n	Q_1^n	$M=0$			$M=1$		
				Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}	Q_3^{n+1}	Q_2^{n+1}	Q_1^{n+1}
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
2	0	1	1	1	1	0	1	1	0
3	1	1	0	1	0	1	1	0	0
4	1	0	1	0	1	0	×	×	×
5	0	1	0	1	0	0	×	×	×
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	×	×	×	×	×	×

观察该表, 可得激励函数 J_3 、 K_3 :

$$J_3 = (Q_2^n Q_1^n M + Q_2^n Q_1^n M + Q_2^n Q_1^n M)_{\text{必要项}} + (Q_2^n Q_1^n M)_{\text{无关项}}$$

$$K_3 = (Q_2^n Q_1^n M + Q_2^n Q_1^n M + Q_2^n Q_1^n M)_{\text{必要项}} + (Q_2^n Q_1^n M + Q_2^n Q_1^n M + Q_2^n Q_1^n M)_{\text{无关项}}$$

为保证激励函数为最简形式, 采用卡诺图化简

函数,如图 3 和图 4 所示.

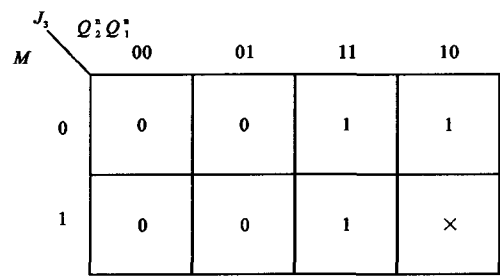


图 3 求 J_3 的卡诺图

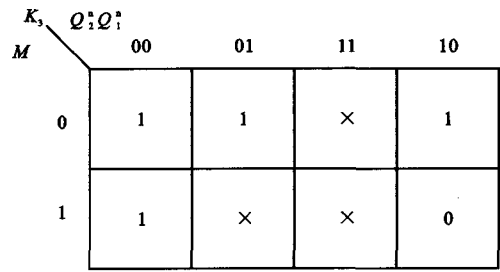


图 4 求 K_3 的卡诺图

得到:

$$J_3=Q_2, \quad K_3=\overline{Q_2} \tag{9}$$

同样的方法可求得其它两组激励函数,这里不再列出.

4 结束语

本文针对同步时序逻辑电路设计中,由状态转移关系,求取 J-K 触发器激励函数的传统方法存

在的问题,给出了一种改进的方法,该方法能有效简化激励函数求取的步骤,不需要太多的函数变换技巧,同时该方法得到的是最简的激励函数形式.

参考文献:

[1] 王毓银. 数字电路逻辑设计[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社, 2005:238.

[2] Frank B Manning, Rober R Fenichel. Synchronous counters constructed entirely of J-K flip-flops [J]. IEEE Trans on computers, 1976, C(25): 300-306.

[3] Thomas L Floyd. Digital fundamentals[M]. 9th ed. USA: P. R. Donnelley & Sons Company, 2004.

[4] Donald L Dietmeyer. Logic design of digital systems [M]. Allyn and Bacon press, 1988.

[5] Michel E Holder. A modified karnaugh map technique [J]. IEEE Trans on education, 2005, 48(1): 206-207.

[6] 吴训威, 陈豪. 基于触发行为的 J、K 激励函数的最小化技术[J]. 浙江大学学报:理学版, 2004, 31(2):163-166.

[7] 严单贵, 张承畅. 分析由触发器构成的同步计数器的一种新方法[J]. 浙江大学学报:理学版, 2011, 38(4): 415-418.

作者简介:

严单贵 女,(1975-),讲师. 研究方向为应用数学与计算机.