

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Г. А. ДАНИЕЛЯН

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
 КОММУТАТОРОВ НА ТРИГГЕРАХ К
 ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЯМ

Для шаговых двигателей, получивших широкое применение в автоматике, синхронно-следящих системах и вычислительной технике, существуют различные схемы коммутации фаз. Наиболее часто встречающиеся схемы кольцевых коммутаторов [1] характеризуются большим числом обратных связей между ключами и при проектировании таких устройств можно получить только один режим коммутации фаз двигателя. В известных схемных вариантах коммутаторов на триггерах [2, 3] обратные связи включаются между триггерами, а изменение работы двигателя достигается путем ввода большого числа логических элементов. Часто в таких устройствах получается избыточность состояний триггеров, что мешает работе коммутатора, требуя несколько тактов на самовосстановление при включении питания. Схемы коммутаторов, работающих с триггерами в счетном режиме с дешифратором [4], не минимальны по своей логической структуре. Очевидно, что при проектировании электронных коммутаторов наиболее экономичной, надежной и универсальной окажется система, которая не содержит этих недостатков. Синтез таких схем возможен при использовании теории минимизации логических схем.

Основным принципом этого синтеза является взаимно однозначное соответствие числа состояний триггерного счетчика и числа тактов выбранного режима работы коммутатора. При этом отсутствие избыточности состояний приводит к увеличению надежности работы схемы и к уменьшению вероятности появления ошибочной коммутации фаз. Так как все n -состояний соответствуют определенным тактам, то число триггеров $N = \lceil \log_2 n \rceil$, где $\lceil \rceil$ означает округление N до ближайшего большего целого числа.

Без ограничения общности рассмотрим синтез коммутатора к четырехфазному двигателю. Режим его работы с максимальным числом тактов определяется замкнутым множеством коммутаций фаз, каждая точка которого две или три включенные фазы и описывается формулой: $\dots - 12 - 123 - 23 - 234 - 34 - 341 - 41 - 412 - 12 - \dots$. Каждый такт ставится во взаимно однозначное соответствие с состояниями счетчика на трех триггерах (рис. 1 и табл. 1). Каждая верши-

на куба является конъюнкцией 3-го ранга, каждое ребро — конъюнкцией 2-го ранга, а каждая грань — конъюнкцией 1-го ранга, поэтому состояние первой фазы, отмеченное на рис. 1, б определенными точками, можно

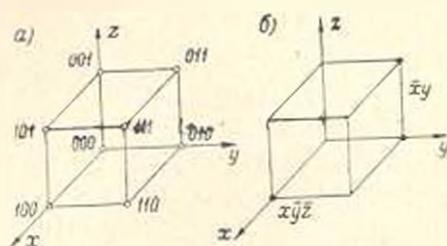


Рис. 1.

Таблица 1

Такты	Состояния триггеров			I фаза		II фаза		III фаза		IV фаза	
	x	y	z	f_1	\bar{f}_1	f_2	\bar{f}_2	f_3	\bar{f}_3	f_4	\bar{f}_4
12	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
123	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
23	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1
231	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
31	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
311	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
41	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0
412	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0

выразить через дизъюнкции этих конъюнкций. Минимальная форма записи f состоит из наиболее низких рангов конъюнкций. Так, например, для f_1 можно записать:

$$f_1 = \bar{x}\bar{y}\bar{z} \vee \bar{x}\bar{y}z \vee \bar{x}y\bar{z} \vee \bar{x}yz \vee xy\bar{z} \vee xyz; \quad (1)$$

$$f_{1\min} = xy \vee \bar{y}z \vee \bar{x}y. \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) видно, что минимальная форма у (2); так как фигурирующие в (1) вершины куба (конъюнкции 3-го ранга) отсутствуют. Однако минимизация может быть продолжена, если учесть $f = \bar{f}$. Если проделать минимизацию не только с функциями, но и их отрицаниями, то можно выбрать более экономичный вариант из двух. В данном примере общее число членов меньше у отрицательных функций. Операцию же вторичного отрицания легко осуществить в выходных цепях дешифратора. Аналогично (2) найдем:

$$\bar{f}_{1\min} = \bar{x}y \vee x\bar{y}\bar{z}; \quad (3)$$

$$f_{3\min} = \bar{x}z \vee \bar{x}y; \quad (4)$$

$$f_{3\min} = \bar{x}y\bar{z} \vee xy; \quad (5)$$

$$f_{4\min} = \bar{x}y \vee \bar{x}z. \quad (6)$$

Если требуется вращение двигателя только в одну сторону, то счетчик может работать в простом счетном режиме. Однако большей частью задается и наличие реверса, тогда при подаче импульсов на один вход чередование фаз должно быть прямое, а на другой вход — обратное. Это легко осуществляется построением на входе реверсивного счетчика (рис. 2). Поступающие на их 1 импульсы суммируются на нем, вызывая прямое чередование тактов ... — 12 — 123 — 23 — 234 — 34 — 341 — 41 — 412 — 12 — ... Предположим на триггерах набралась комбинация 011, которая соответствует состоянию включения второй, третьей и четвертой фаз. Если в этот момент начинают поступать импульсы на второй вход с целью реверсного движения двигателя, то, очевидно, что после 011 появится комбинация 010, потом 001 и т. д. и возникают соответственно такты 23 и 123.

Возможности коммутатора, основанного на данном принципе, позволяют с помощью небольшого увеличения элементов изменять режимы работы двигателя, делая его универсальным. Логика коммутаций, состоящих всегда из комбинаций четырех фаз, такова, что они всегда являются подмножествами основного множества, содержащего максимальный по числу тактов режим. Например, шеститактный режим ... — 1 — 12 — 2 — 23 — 3 — 31 — 1 ... для трехфазного двигателя можно представить как сумму двух подмножеств: ... — 1 — 2 — 3 — ... и ... — 12 — 23 — 31 — ..., каждое из которых является самостоятельным режимом коммутации фаз. Следовательно, создав логику пересчета счетчика на шесть состояний через одно, можно получить два дополнительных вида коммутации фаз. При этом взаимно однозначная связь не нарушается, а нужное подмножество легко различается по отличительным признакам. Для четырехфазного двигателя из восьмитактного режима ... — 12 — 123 — 23 — 234 — 34 — 341 — 41 — 412 — ... можно получить все возможные режимы работы. Переключения ... — 12 — 23 — 34 — 41 — ... и ... — 123 — 234 — 341 — 412 — ... будут, если блокировать триггер z в состоянии 0 или 1, а пересчет импульсов вести на триггерах x и y . Два других вида ... — 1 — 12 — 2 — 23 — 3 — 34 — 4 — 41 — ... и ... — 1 — 2 — 3 — 4 — ... можно получить инверсией состояний на выходе. В обычном режиме упр. 5 отсутствует и работает левый ряд элементов „и-не“. При подаче упр. 5 на правый ряд элементов „и-не“ идет разрешение, а на левый — запрет, и над функциями фаз выполняется операция отрицания. Выбор признака подмножества, а следовательно, и режима коммутации, осуществляется управляющими воздействиями. Так, из рис. 2 видно, что при подаче импульсов на шину 1 или 2 будет восьмитактный режим. При включении дополни-

тельно упр. 3 будет коммутация $12-23-34-41$, упр. 4 — коммутация $123-234-341-412$..., упр. 5 — ... $34-4-41-1-12-2-23-3$. При комбинации управляющих воздействий упр. 5 и упр. 4 возникает режим $4-1-2-3$...

Простота логики и минимальность логической схемы коммутатора приводят к надежности устройства, а универсальность расширяет возможности применения шагового привода.

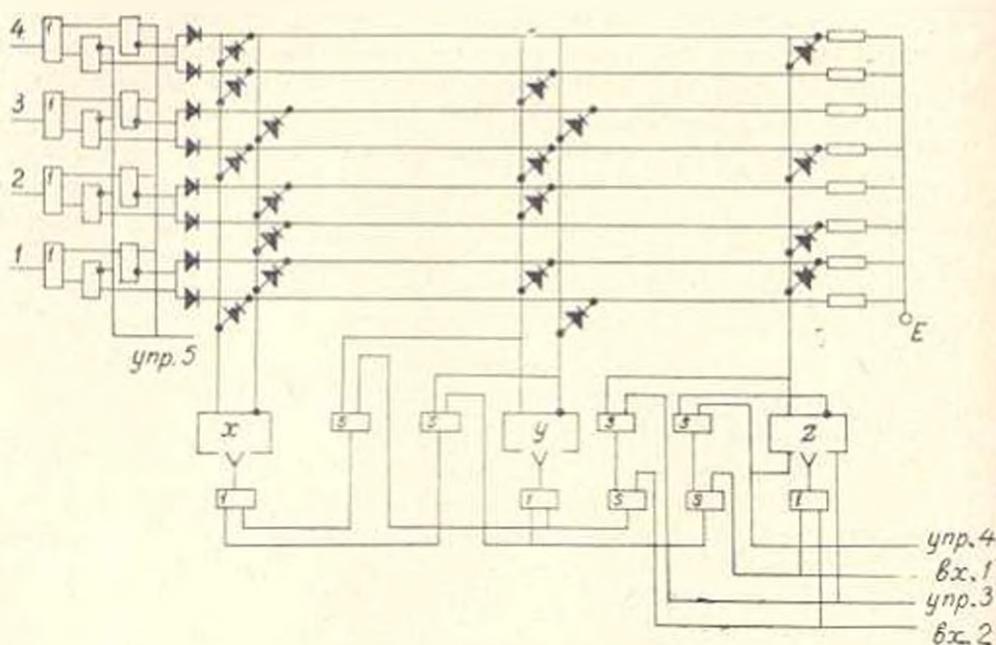


Рис. 2

На примере четырехфазного двигателя можно убедиться, что смена восьмитактного режима на четырехтактный меняет скорость вращения, а в синхронно-следящих системах, очевидно, — и скорость слежения в два раза (без изменения частоты импульсов основного канала). При смене режима $1-12-2-23-3-34-4-41$... на $12-123-23-234-34-341-41-412$... мощность двигателя резко повышается, что необходимо для системы с переменной нагрузкой. Испытания показали, что данные виды универсальных коммутаторов работают с хорошими параметрами, несмотря на то, что собирались без развязывающих линий задержки. Длительность запускающих импульсов на вх. 1 и вх. 2: $t_n \geq 0,4 \mu s$, а допускаемая нестабильность их по амплитуде $\pm 10\%$.

В ы в о д ы

1. Применение теории алгебры логики к структуре коммутатора дает возможность минимизировать логическую схему.

2. Наличие нескольких режимов работы приводит к универсальности, которая позволяет менять вид работы двигателя подачей сигнала на дополнительные входы.

3. Дополнительные режимы работы получены не за счет создания нового множества состояний и отличительного признака к нему, а за счет создания нового отличительного признака между подмножествами, что требует меньшего числа логических элементов.

Филиал Бюраканской Астрофизической Обсерватории
АН Арм. ССР,

Филиал Государственного Института
Прикладной Оптики—СКБ

Поступило 26.V.1970.

Պ. Լ. ԳԱՆՈՒՅԱՆ

ՔԱՅԼԱՅԻՆ ՇԱՐԺԻՉՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ ՏՐԻԳԵՐՆԵՐՈՎ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ԿՈՄՈՒՏԱՏՈՐՆԵՐ ԵՎ ԵԼԵԿՏՐՈՆԱԿԱՆ ՀԱՐՑԻ ԱՌԹԻՎ

Ու մ փ ո փ ու մ

Հողվածում քննարկվում են քայլային շարժիչների համար տրիգերներով էլեկտրոնային կոմուտատորների նախադժեկու նարքերը:

Հետևություններ են արված, որ.

ա. Կոմուտատորի նախադժեման ժամանակ նրա կառուցվածքի նկատմամբ տրամաբանական հանրահաշի տեսության կիրառումը հնարավորություն է տալիս մինիմիզացիայի տրամաբանական սխեման:

բ. Աշխատանքի մի բանի ռեժիմների առկայությունը բերում է ունիվերսալության, որը թույլ է տալիս փոխել շարժիչի աշխատանքի բնույթը՝ լրացուցիչ մուտքերին ադդանշան տալով: Մինխրոն հետևող համակարգերում այս հատկության կիրառումը թույլ է տալիս բացառել նետադարձ կապի և ճշաման ազդանշան-դոմարիչի կիրառումը:

գ. Աշխատանքի լրացուցիչ ռեժիմները ստացվում են ոչ թե ի հաշիվ նոր վիճակների բացման և նրանց տարրերիչ հատկությունների ստեղծման, այլ ի հաշիվ ենթարկմանությունների միջև նոր տարրերիչ հատկանիշների ստեղծման, որը պահանջում է փոքր թվով տրամաբանական էլեմենտներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сиротин А. А. Унифицированные транзисторные распределители импульсов для управления штиговыми двигателями. «Электричество», №2, 1965.
2. Информационно-справочный листок №06448, 1965.
3. Информационно-справочный листок №016742, 1968.
4. Информационно-справочный листок №010183, 1965.