

УДК 621.313.13-133.32

АНАЛИЗ СХЕМ ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ*И. Ю. Кузнецов, В. А. Детистов*

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Разрабатывается система управления шаговых двигателей, которая состоит из блоков анализа полученных данных от контроллера, блока генерации прямоугольных импульсов и блока распределителя импульсов для блока силовых ключей. Блок распределителя импульсов имеет разные вариации сборки на логических элементах. Представлен сравнительный анализ этих вариаций по параметрам: потребление тока, габариты схемы, а также быстродействие схемы. Анализ проведён опытным путём в рамках одной серии и корпуса. Предложен стенд для исследования характеристик четырехтактного распределителя импульсов. В результате анализа выявлены оптимальные решения. Полученные данные будут использованы для создания системы управления несколькими шаговыми двигателями, применимой для манипуляторов с избыточной кинематикой, мобильных роботов с инсектоморфными движителями и станков с ЧПУ.

Ключевые слова: распределитель импульсов, шаговый двигатель, логические элементы, триггеры.

UDC 621.313.13-133.32

ANALYSIS OF FOUR-CYCLE PULSE DISTRIBUTOR FOR STEPPER MOTOR CONTROL*I. Yu. Kuznetsov, V. A. Detistov*

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

A control system is being developed for several stepper motors, which consists of: blocks for analyzing the received data from the controller, a block for generating rectangular pulses, a block for distributing pulses for the block of power switches. The pulse distributor block has different assembly variations on logical elements. The article presents a comparative analysis of these variations in terms of parameters: current consumption, circuit dimensions, and circuit speed. The analysis was carried out empirically. A stand is proposed for studying the characteristics of a four-stroke pulse distributor. The analysis revealed the optimal solutions. The data obtained will be used to create control systems that can be used for manipulators with excessive kinematics, mobile robots with insect-morphic moving CNC machines.

Keywords: pulse distributor, stepper motor, logic elements, triggers.

Введение. Шаговые двигатели находят широкое применение в станках с ЧПУ, робототехнических комплексах, в том числе в манипуляторах с избыточной кинематикой, мобильных роботах с инсектоморфными движителями. Разрабатывается система управления для нескольких шаговых двигателей (ШД), которая может включать в себя в том числе блок анализа полученных данных от контроллера, блок генератора прямоугольных импульсов, блок распределения импульсов для силовых ключей. Поэтому представляет определенный интерес сравнительный анализ вариантов построения системы управления несколькими ШД по следующим параметрам: потребление тока, габариты схемы, а также быстродействие системы [1–3].

Целью данной работы является поиск оптимальных схемных решений по вышеназванным параметрам, которые будут использоваться для создания топологии интегральных микросхем.

Материалы и методы. В функциональной группе, отвечающей за формирование выходных сигналов устройства управления шаговыми двигателями, зависимость выходных линий от входных представлена на временной диаграмме на рис. 1, где С — импульсы от тактового генератора, а Data — информация о направлении вращения. На приведённой диаграмме видно, что функциональная группа формирования выходных сигналов представляет собой объединение двухразрядного двоичного счётчика с реверсом и дешифратора 2 в 4 или четырёхразрядный регистр сдвига с возможностью реверс-счёта.

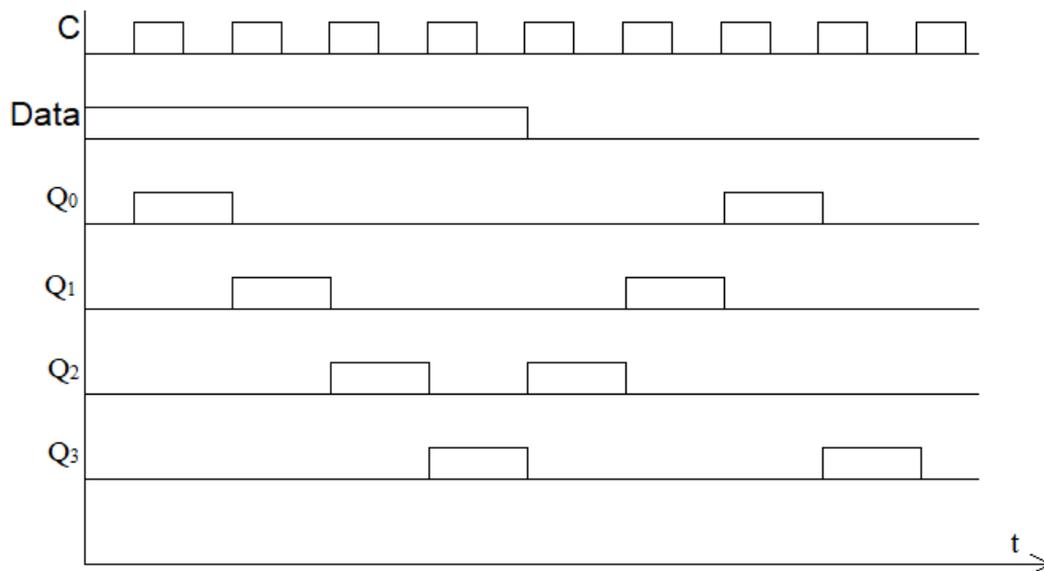


Рис. 1. Временная диаграмма исследуемой функциональной группы

Функциональная группа формирования получает входные данные от генератора прямоугольных импульсов и информацию о направлении вращения. Задачи, выполняющиеся внутри группы формирования: проверка на наличие выходного сигнала, результат такой проверки необходим для решения следующей задачи — запуск отсчёта; в задачу запуска входит задача выбора направления; задача удержания импульса на выходной линии; в некоторых решениях блока присутствует задача связи и выбора направления сдвига между триггерами. Вариативность реализации группы формирования выходных сигналов вызвана вариативностью решения вышеперечисленных задач. Варианты решения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Варианты решения схематичных задач

Проверка наличия выходного сигнала	Запуск отсчёта	Выбранные триггеры	Количество триггеров	Выбор триггера для выходной линии
На диодах «И-НЕ»	2«И»	RS[1]	4 триггера	На диодах
		D[2]		
«ИЛИ-НЕ»	«И» и «НЕ»	T[3]	8 триггеров	На «ИЛИ»
		CID		
	«И» и «НЕ»	Микросхемы СТ+DC		

Так как некоторые решения задач невозможно использовать одновременно, то конечное число требуемых экспериментов не 120, как можно получить из таблицы 1, а 42.

К пояснению данных таблицы: в пункте выбора триггера графа «СТ+DC» представляет собой двухразрядный двоичный счетчик, стоящий впереди дешифратора 2 в 4.

Триггер CIR — синхронный триггер с предысторией, построенный на базе RS триггера и элемента «ЗИ», который реализует возможность добавления синхроимпульса, изображён на рис. 2.

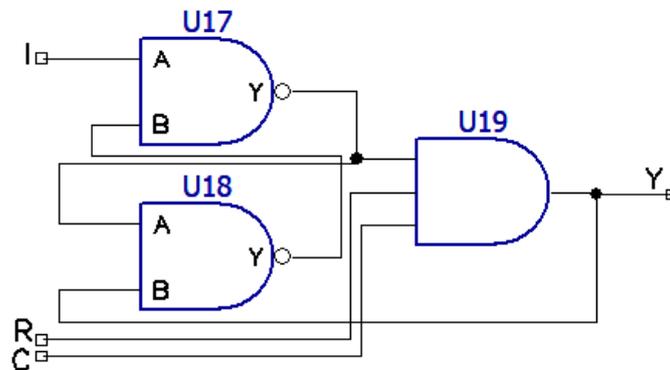


Рис. 2. Синхронный триггер с предысторией (CID)

Таблица истинности CIR триггера в таблице 2.

Таблица 2

Таблица истинности синхронного триггера с предысторией

I(t)	D	C	Y	I(t+1)
x	x	0	0	I(t)
1	0	0→1	0	I(t)
1	1	0→1	1	0
0	1	0→1	0	I(t)

Параметры, по которым проводится анализ: потребление тока, габариты схемы, быстродействие схемы, падение напряжения относительно синхроимпульса и данных о выборе направления, а также ошибки.

Габариты решения рассчитываются как сумма площадей всех использованных элементов, данные о которых взяты из технической документации, а также площадь соединительных проводов на макетной плате [4]. Для создания разводки соединительных проводов макетной платы используется программа DipTrace. Быстродействие схемы: время, прошедшее от поступления синхроимпульса до появления выходного сигнала. Ошибка — отношение интеграла, полученного при наложении импульсов со всех четырёх выходов за один цикл, к интегралу аналитически рассчитанной полученной фигуры. Падение напряжения необходимо для рассмотрения возможности подключения к группе формирования управляющих импульсов к функциональной группе, непосредственно управляющей возбуждением в обмотках шагового двигателя.

Сравнительный анализ проходит в рамках серии K555, реализованной в DIP корпусах, но актуален для всех других семейств. Выбрана серия K555 ввиду наличия всех необходимых типов номиналов в комплекте серии [5]. Выбор одного корпуса обусловлен наличием такого параметра в сравнительном анализе, как площадь, а проведение анализа в рамках одной серии вызвано отличием технологий изготовления и материалами в разных сериях, что приведёт к искажённым данным при анализе схем функциональной группы по признакам: ошибка, задержки и потребление тока.

Анализ проводится опытным путём, стенд для проведения такого анализа представлен на рис. 3.

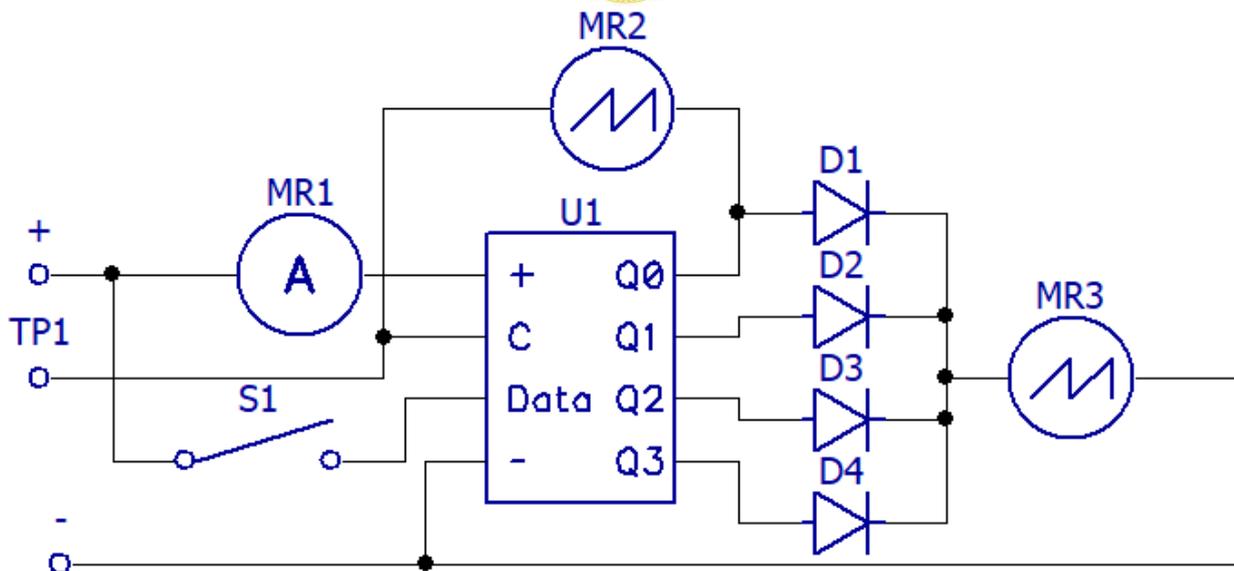


Рис. 3. Стенд для проведения сравнительного анализа

На вход TP1 подаются прямоугольные импульсы с частотой 300 Гц от ГЗ-113. Амперметр DT832 на схеме MR1 необходим для измерения потребления тока объектом исследования — U1, осциллограф GOS-620 на схеме MR2 необходим для измерения задержки между появлением синхроимпульса и появлением сигнала на выходе, а также пиковые значения, полученные этим осциллографом, послужат для расчёта падения напряжения относительно входов. Данные, полученные с MR3(GOS-620), послужат исходными данными для взятия интеграла выходных сигналов, который в последующем послужит для измерения ошибки. S1 — переключение между направлением сдвига единицы на выходных линиях Q0-Q3. Диоды D1-D3 необходимы для стабильной работы U1, так как внутренние элементы некоторых вариаций из таблицы 1 проводят проверку на высокий сигнал той или иной линии.

Результаты исследования. В ходе проведённых экспериментов найдены оптимальные схемы по рассматриваемым параметрам, а именно: с максимальной погрешностью в 2%, а также задержкой появления выходного импульса относительно синхроимпульса в 210 наносекунд оказалось решение на CID-триггерах, с проверкой наличия выходного сигнала на четырёх диодах и элементе «НЕ», а запуск отсчёта на логических элементах «2И» и «НЕ» (рис. 4).

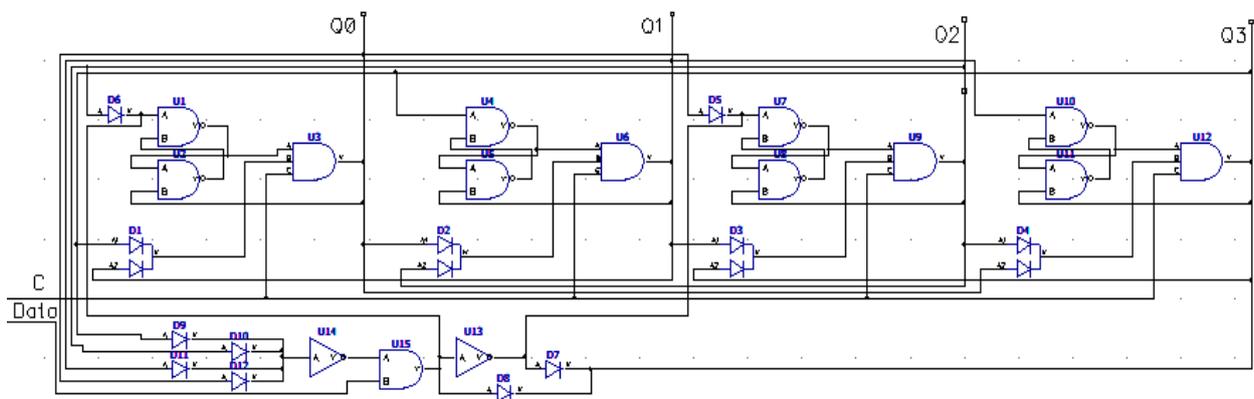


Рис. 4. Решение на CID-триггерах, проверкой на диодах и «НЕ» и запуском на «2И» и «НЕ»

Решение на СТ+DC (рис. 5) оптимально по критериям габаритов и потребления тока. Занимаемая площадь двумя схемами СТ+DC 108 см², максимально потребляемый ток одной схемой, который был зафиксирован, 31 мА.

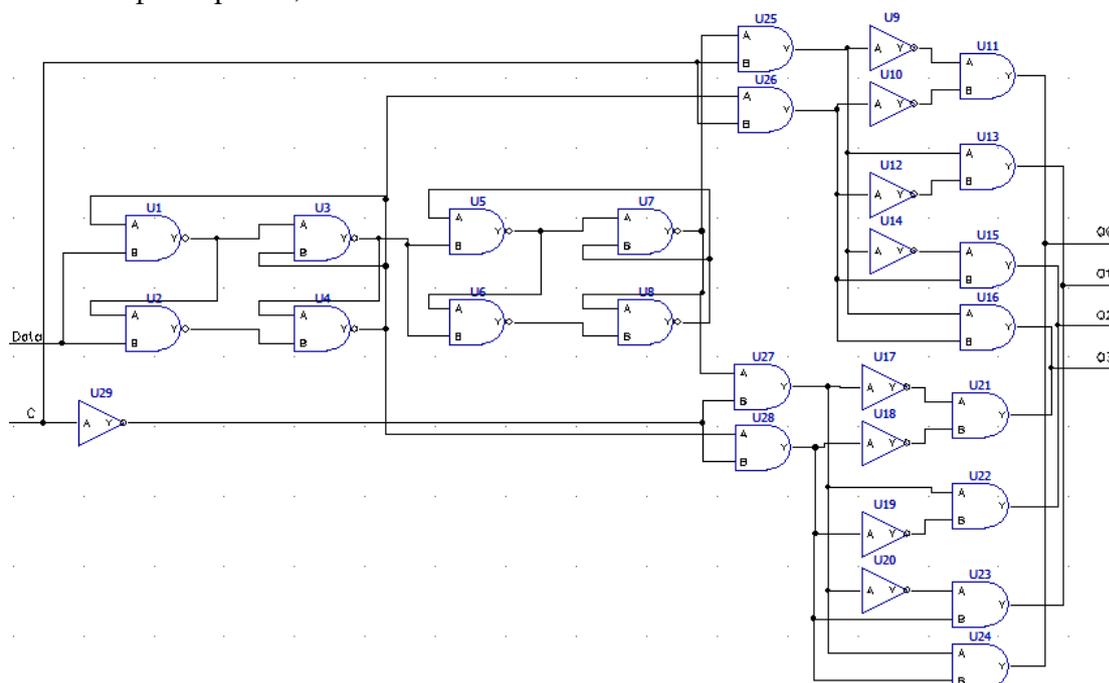


Рис. 5. Решение на СТ+DC

Заключение. Результаты, полученные в ходе данного исследования, будут использованы для создания топологии интегральной микросхемы с зависимостью выходных сигналов (рис. 1.) в корпусе, имеющем вид U1 (рис. 3).

Библиографический список

1. RS триггер [Электронный ресурс] / Лекции по курсу «Цифровые устройства». — Режим доступа : http://digteh.ru/digital/RS_trigg.php (дата обращения : 27.11.2019).
2. D триггеры, работающие по потенциалу (статические D триггеры) / Лекции по курсу «Цифровые устройства». — Режим доступа : <http://digteh.ru/digital/Latch/> (дата обращения : 27.11.2019).
3. T-триггеры / Лекции по курсу «Цифровые устройства». — Режим доступа : http://digteh.ru/digital/T_trigg.php (дата обращения : 27.11.2019).
4. ГОСТ Р 54844-2011. Микросхемы интегральные. Основные размеры. Введен 2013-09-01. — Москва : Стандартинформ, 2014. — 30 с.
5. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы : Справочник / С. В. Якубовский [и др.] : под ред. С. В. Якубовского. — Москва : Радио и связь, 1989. — 496 с.

Об авторах:

Детистов Владимир Анатольевич, доцент Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, v-detistov@mail.ru

Кузнецов Иван Юрьевич, магистрант Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ReVole1@yandex.ru