

Программируемое СДУ и виртуальный симулятор

Александр Одинец

Программируемое светодинамическое устройство (СДУ) позволяет управлять независимо каждым из набора 16 световых элементов гирлянды по трём соединительным линиям последовательного интерфейса. Такое построение СДУ позволяет наращивать число элементов с минимальными аппаратными затратами без увеличения числа проводников, входящих в жгут, и располагать гирлянду световых элементов на большом удалении от основной платы контроллера. Специально разработанная программа виртуального симулятора («Light Effects Reader») позволяет эмулировать работу устройства на экране компьютера, что гарантирует от возможных ошибок, которые могут быть допущены пользователем при разработке управляющего программного кода.

Общие сведения

Программируемое 16-канальное светодинамическое устройство, рассмотренное в данной статье, является усовершенствованным вариантом устройства, опубликованного в [1, 2], и позволяет управлять удалённым набором световых элементов по 3 линиям последовательного интерфейса (не считая «общего» провода), длина которых может достигать 100 м. В модернизированном варианте учтены все особенности работы контроллера на несогласованных линиях большой длины, а применение КМОП-микросхем серии КР1564 позволяет значительно упростить схемотехнические решения на передающей и приёмной сторонах несогласованной длинной линии. Разнообразие светодинамических эффектов не ограничено и зависит от воображения пользователя.

В подавляющем большинстве известных конструкций светодинамических устройств реализовано управление каждым световым элементом непосредственным его подключением с помощью отдельного сигнального проводника к основной плате контроллера. Но, как правило, такие устройства позволяют управлять лишь небольшим числом элементов [3], обычно не превышающим восьми. Наращивание их числа требует использования дополнительных микросхем памяти и соответствующего увеличения числа проводов, входящих в жгут. Это приводит к значительному усложнению как схемотехнической части, так и программного кода, необходимого для «прошивки»

нескольких микросхем памяти. Кроме того, в таком варианте невозможно управлять набором световых элементов, удалённых от основной платы контроллера на значительное расстояние.

Решением задачи увеличения числа элементов и управления набором световых элементов, расположенным на большом расстоянии от основной платы контроллера, является применение последовательного интерфейса между основной платой контроллера и гирляндой, состоящей из регистров, непосредственно к выходам которых и подключаются световые элементы. В таком устройстве передача данных в выходные регистры производится в течение очень короткого промежутка времени с тактовой частотой около 25 кГц. Пакеты данных следуют друг за другом с частотой около 10 Гц, что приводит к смене светодинамических комбинаций. Поскольку время обновления данных в регистрах очень мало: $0,04 \text{ мс} \times 16 = 0,64 \text{ мс}$, смена комбинаций происходит визуально незаметно, что и создаёт эффект их непрерывного воспроизведения. Линия выполняется жгутом из 4 многожильных проводников, включая «общий» провод, при длине линии до 10 метров, и жгутом из 7 многожильных проводников при длине от 10 до 100 метров. Во втором случае каждый сигнальный проводник («Данные», «Синхронизация», «Разрешение индикации») выполняется «витой парой», второй проводник которой заземляется с обеих сторон линии, и после этого все проводники объединяются в один жгут.

Опыт повторения светодинамических устройств, например [3], показывает, что публикуемые «прошивки», к сожалению, далеки от совершенства и содержат грубые ошибки. А ведь читатель ожидает получить именно эстетический визуальный эффект от работы устройства. Поэтому такой подход к разработке программного кода напрочь отбивает желание повторять программируемые светодинамические устройства, несмотря на простоту и доступность их схемотехнических решений.

С целью гарантировать от записи в РПЗУ неправильного управляющего кода в среде Delphi 7.0 разработана специальная программа Виртуального симулятора («Light Effects Reader»), позволяющая воспроизвести последовательность светодинамических эффектов на экране компьютера и тем самым проверить целостность формируемого по приведённой в [1, 2] методике программного кода.

Как известно, многократные отражения сигнала, возникающие в длинных несогласованных линиях, а также интерференционное взаимодействие двух сигнальных линий, входящих в один жгут, при определённых условиях могут привести к ошибкам в передаче данных, что в случае светодинамической системы означает нарушение эстетического эффекта. Это накладывает ограничения на длину соединительной линии и предъявляет жёсткие требования к помехоустойчивости системы, использующей последовательный интерфейс. Помехоустойчивость такой системы зависит от многих факторов: частоты и формы импульсов транслируемого сигнала, времени между изменениями уровней (скважности) импульсов, удельной ёмкости проводников линии, входящих в жгут, эквивалентного сопротивления линии, а также входного сопротивления приёмников сигнала и выходного сопротивления драйверов.

Известно, что главным критерием помехоустойчивости является значение порогового напряжения переключения логических элементов [4]. Пороговому напряжению инвертирующего логического элемента соответ-

ствует такое входное напряжение, при котором на выходе элемента устанавливается напряжение, равное входному. Для микросхем ТТЛ-структуры (серии К155) это значение составляет примерно 1,1 В при типовом значении напряжения питания 5 В. Применение таких микросхем в устройствах передачи и приёма данных по длинным несогласованным линиям не позволяет получить приемлемой помехоустойчивости даже при работе на линии относительно небольшой длины (более 5 м). Дело в том, что многократные отражения сигнала, амплитуда которых даже незначительно превышает значение порогового напряжения переключения логических элементов (1,1 В), приводят к многократному переключению выходных регистров, а значит, к ошибкам передачи данных [4]. Чтобы частично скомпенсировать отражённый сигнал, в случае применения ТТЛ (К155) и ТТЛШ (К555, КР1533) микросхем часто используют обычные RC-фильтры (так называемые интегрирующие цепочки), но они же сами и вносят искажение в передаваемый сигнал, искусственно увеличивая времена нарастания и спада фронтов сигнала. Поэтому такой способ малоэффективен и, в конечном счёте, приводит только к увеличению суммарной паразитной ёмкости линии, что создаёт дополнительную нагрузку на микросхемы трансляторов сигналов на передающей стороне линии. Есть и ещё одна проблема, связанная с применением RC-фильтров. С увеличением времён нарастания и спада фронтов сигнала увеличивается и время «пребывания» управляющего сигнала вблизи «опасного» порогового уровня напряжения переключения логического элемента, что, в свою очередь, приводит к возрастанию вероятности ложного переключения выходного регистра под действием сигнала помехи и нарушению эстетического эффекта.

Современная элементная база – быстродействующие КМОП-микросхемы, обладающие высокой нагрузочной способностью и максимальной помехоустойчивостью (их пороговое напряжение переключения практически равно половине напряжения питания), позволяют построить СДУ с последовательным интерфейсом, длина соединительных линий которого, учитывая участки, соединяющие регистры выносной гирлянды, может достигать 100 м

даже при использовании обычной витой пары (никаких экранированных проводников!).

Первое преимущество КМОП-микросхем серии КР1564 заключается в высокой помехоустойчивости, значительно превышающей соответствующее типовое значение для элементов ТТЛШ-микросхем серии КР1533. В случае применения микросхем структуры КМОП серии КР1564 симметричные передаточные характеристики обеспечивают помехоустойчивость на уровне 45% от напряжения источника питания, что близко к идеальному значению 50%, причём помехоустойчивость системы возрастает с увеличением напряжения источника питания, поскольку возрастает амплитуда транслируемого сигнала.

Второе преимущество микросхем структуры КМОП, благодаря их высокой нагрузочной способности (серии КР1554, КР1564), заключается в возможности непосредственно управлять нагрузкой, имеющей ёмкостный характер. Сбалансированные (симметричные) вольтамперные передаточные характеристики элементов микросхем указанных серий позволяют получить практически одинаковые времена фронтов нарастания и спада сигнала. Кроме того, для трансляции сигналов в линию и приёма можно использовать мощные буферные элементы на основе триггеров Шмитта, обладающие гистерезисом (при напряжении питания 5 В для ИС КР1554ТЛ2 это значение составляет примерно 400 мВ), что создаёт дополнительный запас помехоустойчивости.

Третье преимущество использования КМОП микросхем серии КР1564 по сравнению с ТТЛ (К155) и ТТЛШ (К555, КР1533) заключается в наличии на входах и выходах всех элементов защитных диодов, предотвращающих пробой подзатворного окисла (диэлектрика) полевых транзисторов элементов микросхем, в случае воздействия экстремальных входных токов и напряжений (например, разряда статического электричества или так называемых «просечек» сигнала, превышающих допустимый уровень). Защитные диоды приводят к ограничению «просечек» сигнала выше уровня питания (overshoot) и ниже уровня «земли» (undershoot). Эти диоды ограничивают пиковые значения сигнала на уровне +0,7 В выше уровня питания и -0,7 В ниже уровня «земли». Эта осо-

бенность полностью исключает необходимость применения интегрирующих RC-цепочек для компенсации хорошо известных отражений сигнала и, в случае применения КМОП-микросхем указанных серий, позволяет значительно упростить схемотехнические решения на передающей и приёмной сторонах линии передачи.

Схема электрическая принципиальная

На схеме электрической (рис. 1) в явном виде показано подключение одного выходного регистра, состоящего из 4 микросхем (DD10...DD13), с помощью трёх сигнальных проводников соединительной линии. Таких выходных регистров, которые при параллельном включении будут работать синхронно, может быть несколько. Общий проводник (на схеме не показан), соединяющий выходной регистр и общий провод основной платы контроллера, также входит в состав соединительной линии и должен выполняться многожильным проводом сечением не менее 1 мм².

Управление выходным регистром, следовательно, и загрузка в него данных, осуществляется по трём сигнальным линиям последовательного интерфейса: «Данные», «Синхронизация» и «Разрешение индикации». Третья линия – вспомогательная, этот сигнал кратковременно отключает выходы ИМС всех регистров на время загрузки текущей комбинации, что исключает эффект мерцания малоинерционных светодиодов. Таким образом, гирлянда выносных элементов подключается к основной плате устройства (не считая экранирующих, необходимых только при длине линии более 10 м, составляющих пару каждому сигнальному проводнику) всего четырьмя проводами: «Данные», «Синхронизация», «Разрешение индикации» и «Общий».

Устройство содержит: НЧ-генератор смены светодинамических комбинаций (DD1.1, DD1.2, R1, R2, C1), ВЧ-генератор (DD1.3, DD1.4, R6, R7, C4), стробирующий схему формирования импульсов синхронизации (DD4.1, DD2.3, DD2.4), адресный счётчик (DD3) выборки РПЗУ (DD5), адресный счётчик (DD4.2) выборки мультиплекса (DD6), а также контрольный (DD8, DD9) и выходной (DD10...DD13) регистры. Причём триггеры Шмитта, входящие в состав микросхем DD10, DD12, служат как для приёма и восстанов-

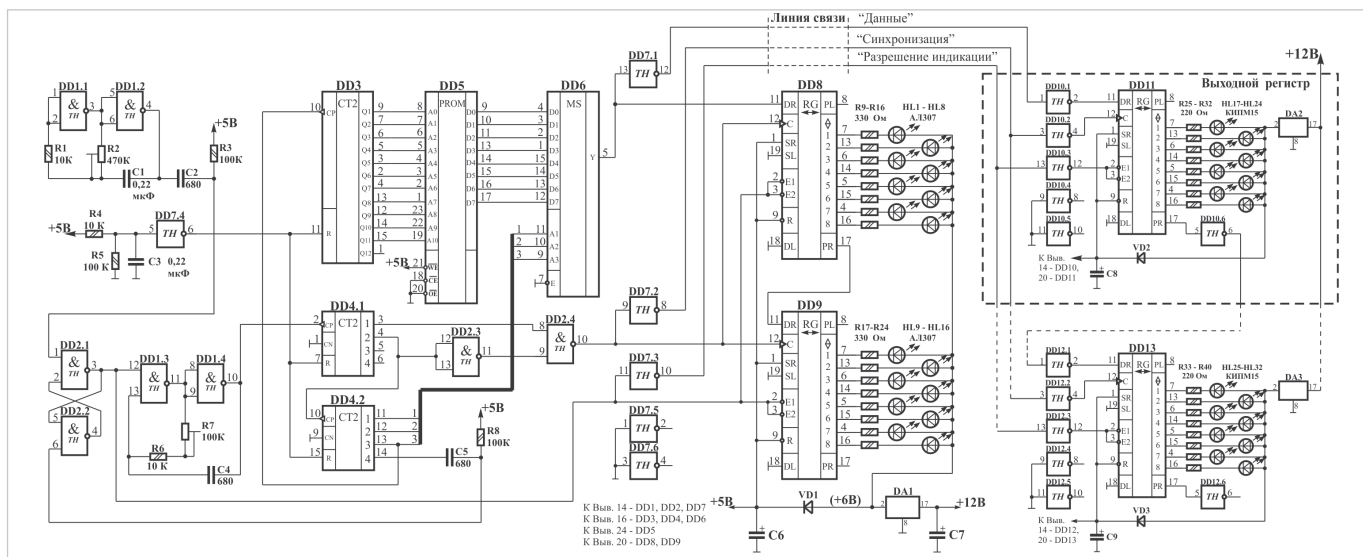


Рис. 1. Программируемое 16-канальное светодиодное устройство с последовательным интерфейсом. Схема электрическая принципиальная

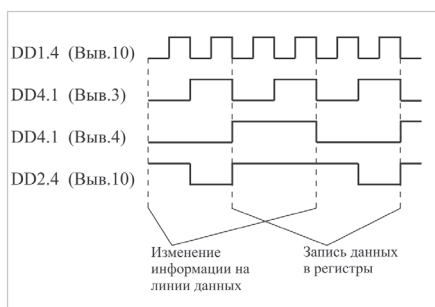


Рис. 2. Временная диаграмма формирования импульсов синхронизации

ления строго прямоугольной формы сигнала, так и усиления ретранслируемого сигнала для управления следующими, по цепочке, микросхемами выходных регистров. Такое схемотехническое решение позволяет располагать платы выходных регистров [DD10, DD11] и [DD12, DD13] на значительном расстоянии как от основной платы контроллера, так и друг от друга. Для трансляции сигналов по длинной несогласованной линии, представляющей собой ёмкостную нагрузку, на основной плате контроллера используются мощные буферные элементы на основе триггеров Шмитта типа КР1554ТЛ2.

Принцип работы

При включении питания запускается НЧ-генератор, собранный на элементах DD1.1, DD1.2, с частотой около 10 Гц и далее всё время работает непрерывно. Отрицательный перепад каждого выходного импульса этого генератора через дифференцирующую цепочку C2R3 воздействует на вход RS-триггера (вывод 1), собранного на элемен-

тах DD2.1, DD2.2, устанавливая его в условное единичное состояние. Высокий уровень с выхода (вывод 3 элемента DD2.1 – условно назовём его «прямым») этого триггера разрешает работу ВЧ-генератора, собранного на элементах DD1.3, DD1.4, который формирует пачку из 64 импульсов, соответствующую передаче 16 бит информации по линии данных последовательного интерфейса. Это приводит к опросу адресных входов мультиплексора DD6 и прохождению с выходов D0-D7 РПЗУ DD5 на его выход информации, записанной по адресам, устанавливаемым последовательно на выходах счётчика DD3.

При подаче питающего напряжения счётчики DD3, DD4.1, DD4.2 устанавливаются в нулевое состояние благодаря короткому положительному импульсу, формирующемуся на выходе буферного элемента DD7.4. RS-триггер может установиться с равной вероятностью как в единичное, так и в нулевое состояние. Поскольку частота ВЧ-генератора многократно превосходит частоту НЧ-генератора, то в случае возможной установки RS-триггера в единичное состояние произойдёт «несанкционированный» запуск первого генератора и выдача 64 импульсов до момента формирования первого отрицательного перепада на выходе НЧ-генератора (считая с момента включения питания). Но последовательность считывания слов данных в этом случае не нарушится, поскольку благодаря счётчикам DD4.1 и DD4.2 в регистры будет передано именно 16 бит данных, соответствующих первому и второму словам РПЗУ,

записанным по «нулевому» (0000h) и «первому» (0001h) адресам соответственно. Затем, уже по отрицательному перепаду правильного выходного импульса НЧ-генератора, санкционирующего запуск ВЧ-генератора, будут считаны и переданы в регистры третье (0002h) и четвёртое (0003h), потом пятое (0004h) и шестое (0005h) слова данных и так далее. В случае установки RS-триггера (при включении питания) в нулевое состояние (на прямом выходе (вывод 3) уровень нуля) работа ВЧ-генератора будет запрещена, и на его выходе (вывод 10 элемента DD1.4) установится уровень нуля. Первым отрицательным перепадом с выхода НЧ-генератора RS-триггер будет установлен в единичное состояние, и работа ВЧ-генератора будет разрешена.

Поскольку на входах А1-А3 мультиплексора DD6 в начальный момент времени установлены уровни «нулей», то на его выход пройдёт бит данных с входа D0 (вывод 4). По завершении отрицательного импульса на выходе DD2.4 (вывод 10) этот бит будет записан в первую ячейку регистров DD8, DD11 положительным перепадом на их входах синхронизации «С» (выводы 12). Так как регистры DD8, DD9, DD11, DD13 работают в режиме параллельного сдвига информации, то синхронно с записью бита данных в первый разряд DD8, DD11 произойдёт сдвиг содержимого всех разрядов регистров DD8, DD9, DD11, DD13 в направлении возрастания номеров их выходов.

Одновременно уровень логической единицы, установленный на условно прямом выходе RS-триггера DD2.1-

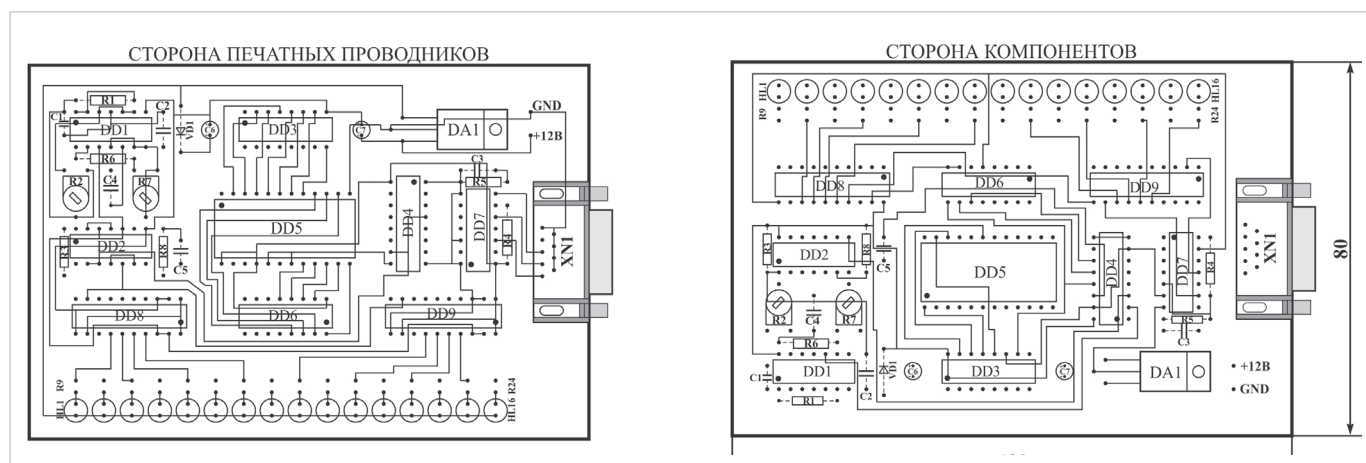


Рис. 3. Программируемое 16-канальное светодиодное устройство с последовательным интерфейсом. Топология печатной платы контроллера

DD2.2 (вывод 3 DD2.1), приведёт к выключению выходов регистров DD8, DD9, а после инвертирования элементами DD7.3, DD10.3, DD12.3 – и выходов регистров DD11, DD13 на время загрузки текущей светодиодной комбинации. Это необходимо для предотвращения эффекта мерцания при использовании в качестве светоизлучающих элементов малоинерционных светодиодов.

Спад первого положительного импульса с выхода ВЧ-генератора DD1.3, DD1.4 приведёт к увеличению состояния счётчика DD4.1 на единицу. Второй отрицательный перепад с выхода ВЧ-генератора приведёт к записи в регистры DD8, DD11 первого бита информации с одновременным сдвигом содержимого разрядов всех регистров в направлении их возрастания. По спаду четвёртого импульса произойдёт переключение входов D0–D7 мультиплексора DD6 и смена информации на линии данных благодаря увеличению состояния счётчика DD4.2 на единицу. По спаду 32-го положительного импульса ВЧ-генератора счётчик DD4.2 перейдёт в восьмое состояние, и на выходе его третьего разряда (вывод 13) будет сформирован отрицательный перепад, означающий завершение формирования очередного положительного импульса на этом выходе счётчика. Этот перепад приведёт к увеличению состояния счётчика DD3 на единицу и началу считывания второго байта (второй серии из 8 бит) информации с выходов D0–D7 ИМС РПЗУ DD5. По спаду 64-го положительного импульса ВЧ-генератора завершится загрузка текущей светодиодной комбинации в регистры DD8, DD9 и DD11, DD13. Одно-

временно спад 64-го импульса с выхода ВЧ-генератора приведёт к появлению отрицательного перепада на четвёртом выходе счётчика DD4.2 (вывод 14) и установке RS-триггера в нулевое состояние. На его прямом выходе (вывод 3) будет установлен уровень нуля, который запретит работу ВЧ-генератора. Низкий уровень с прямого выхода RS-триггера (вывод 4) приведёт к переключению выходов регистров в активное состояние, и текущая светодиодная комбинация будет отображаться до момента очередного отрицательного перепада на выходе ВЧ-генератора DD1.1, DD1.2. В результате многократного повторения описанной выше процедуры происходит последовательная передача 16-битных пакетов по линии данных последовательного интерфейса и воспроизведение светодиодных комбинаций, записанных в ИМС РПЗУ по двум последовательным адресам. Поскольку время загрузки светодиодных комбинаций в регистры очень мало (0,64 мс при частоте ВЧ-генератора 100 кГц, что выше частоты синхроимпульсов в 4 раза, поскольку на каждый из них приходится 4 импульса ВЧ-генератора), то смена комбинаций происходит визуально незаметно, а кратковременное переключение выходов регистров в третье состояние, как отмечалось ранее, полностью исключает эффект мерцания даже малоинерционных светодиодов.

Для формирования импульсов синхронизации регистра использован дешифратор на элементах DD2.3, DD2.4. Это позволило «привязать» длительность импульсов к частоте ВЧ-генератора и легко изменять её резистором R7. Необходимость в этой регулировке возникает при работе кон-

троллера на очень длинные линии связи в условиях повышенного уровня шумов. (С увеличением длины соединительной линии возрастает амплитуда помехи, наводимой смежными проводниками.) При длине линии до 10 м частота импульсов ВЧ-генератора соответствует максимальному значению (100 кГц), и движок резистора R7 устанавливается в положение минимального сопротивления. Следует особо подчеркнуть, что момент синхронизации регистров равноудалён от моментов смены информации на линии данных (см. временную диаграмму на рис. 2). Это необходимо для полного завершения переходных процессов в линии связи к моменту записи данных и исключения ложного срабатывания регистров. Применение более мощных (по сравнению с K561ТЛ1, см. [1, 2]) буферных элементов на основной плате контроллера KP1554ТЛ2 (74АС14) позволило увеличить крутизну фронтов импульсов, передаваемых по линии связи, за счёт более быстрого перезаряда паразитных ёмкостей линии и повысить помехоустойчивость устройства в целом.

Конструкция и детали

Контроллер собран на печатной плате из двухстороннего стеклотекстолита размерами 80×120 мм и толщиной 1,5 мм (рис. 3), а выносные регистры рис.5 – 25×80 мм (рис. 4). В устройстве применены постоянные резисторы типа МЛТ-0,125, подстроечные – СПЗ-386, конденсаторы неполярные (С1–С5) типа К10-17, электролитические (С6–С9) – К50-35. На основной плате контроллера установлены светодиоды типа АЛ307, а в выносной гир-

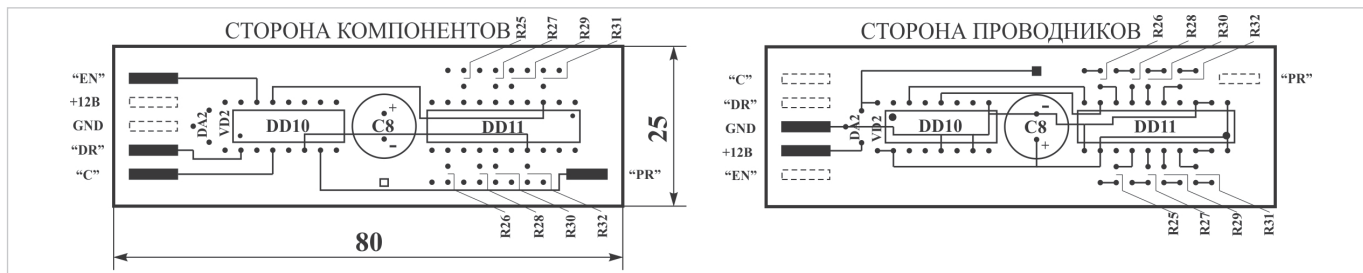


Рис. 4. Программируемое 16-канальное светодиодное устройство с последовательным интерфейсом. Топология печатной платы выходного регистра

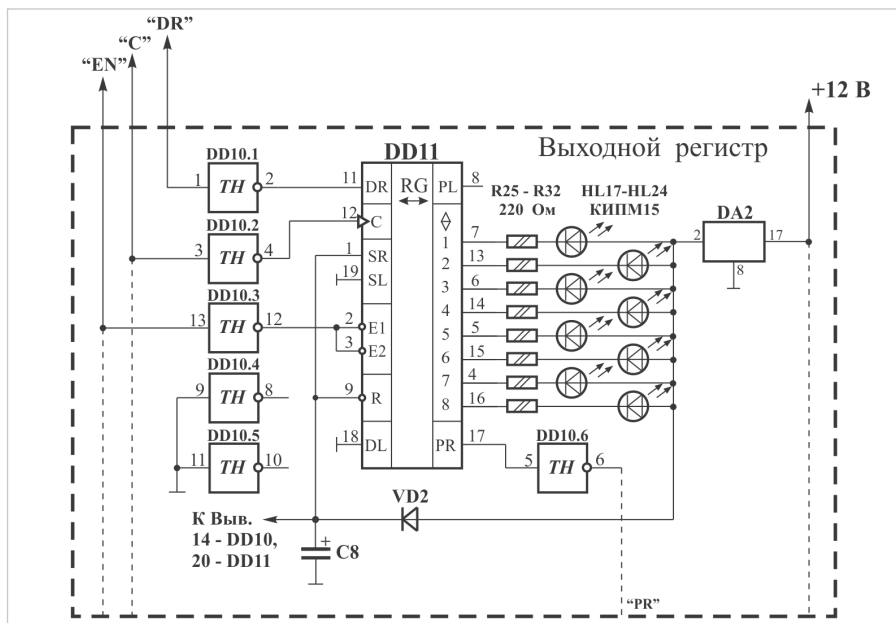


Рис. 5. Программируемое 16-канальное светодиодное устройство с последовательным интерфейсом. Схема электрическая принципиальная выходного регистра

лянде – суперъяркие четырёх цветов КИПМ15 диаметром 10 мм, размещённые в чередующейся последовательности. Учитывая различие в падении напряжения на прямо смещённых светодиодах (для красного и жёлтого это значение составляет 2,1 В, а для синего и зелёного – 3,0 В), необходимо включать соответствующие ограничительные резисторы: 220 и 150 Ом. Для управления мощной нагрузкой выходные регистры нужно дополнить транзисторными или симисторными ключами. РПЗУ КР573РФ5 заменяма КР573РФ2. Возможно применение непосредственно на месте РПЗУ микросхемы памяти с электрическим стиранием (ЭСППЗУ) типа АТ28С16-15Р1 без изменения рисунка печатной платы. Счётчик DD3 КР1561 ИЕ20 (CD4040ВN) можно заменить двумя К561 ИЕ10 (CD4520АN), если включить их аналогично DD4 (с коррекцией рисунка печатной платы). Мультиплексор DD6 КР1564КП7 (74НС151) заменим КР1564КП15

Таблица 1. Управляющий код светодиодных эффектов

BIN	HEX	BIN	HEX
0000 0000	00	0000 0000	00
0000 0001	01	0001 0000	10
0000 0010	02	0010 0000	20
0000 0011	03	0011 0000	30
0000 0100	04	0100 0000	40
0000 0101	05	0101 0000	50
0000 0110	06	0110 0000	60
0000 0111	07	0111 0000	70
0000 1000	08	1000 0000	80
0000 1001	09	1001 0000	90
0000 1010	0A	1010 0000	A0
0000 1011	0B	1011 0000	B0
0000 1100	0C	1100 0000	C0
0000 1101	0D	1101 0000	D0
0000 1110	0E	1110 0000	E0
0000 1111	0F	1111 0000	F0

Таблица 2. Фрагмент кода, соответствующий эффекту «Бегающий огонь»

Адрес ячейки РПЗУ: А10–А0	BIN-код на D7–D0	HEX-код
000000 00000	1111 1111	FF
000000 00001	0111 1111	7F
000000 00010	1111 1111	FF
000000 00011	1011 1111	BF
000000 00100	1111 1111	FF
000000 00101	1101 1111	DF
000000 00110	1111 1111	FF
000000 00111	1110 1111	EF
000000 01000	1111 1111	FF
000000 01001	1111 0111	F7
000000 01010	1111 1111	FF
000000 01011	1111 1011	FB
000000 01100	1111 1111	FF
000000 01101	1111 1101	FD
000000 01110	1111 1111	FF
000000 01111	1111 1110	FE
000000 10000	0111 1111	7F
000000 10001	1111 1111	FF
000000 10010	1011 1111	BF
000000 10011	1111 1111	FF
000000 10100	1111 1111	FF
000000 10101	1111 1111	FF
000000 10110	1110 1111	EF
000000 10111	1111 1111	FF
000000 11000	1111 0111	F7
000000 11001	1111 1111	FF
000000 11010	1111 1011	FB
000000 11011	1111 1111	FF
000000 11100	1111 1101	FD
000000 11101	1111 1111	FF
000000 11110	1111 1110	FE
000000 11111	1111 1111	FF

Листинг. Пример кода управляющей программы

```

0000 FF 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE
0010 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE FF
0020 00 80 00 40 00 20 00 10 00 08 00 04 00 02 00 01
0030 80 00 40 00 20 00 10 00 08 00 04 00 02 00 01 00
0040 FF 7F FF DF FF F7 FF FD 7F FF DF FF F7 FF FD FF
0050 FF 7F FF DF FF F7 FF FD 7F FF DF FF F7 FF FD FF
0060 FF BF FF EF FF FB FF FE BF FF EF FF FB FF FE FF
0070 FF BF FF EF FF FB FF FE BF FF EF FF FB FF FE FF
0080 FF 7F FF DF FF F7 FF FD 7F FF DF FF F7 FF FD FF
0090 FF 7F FF DF FF F7 FF FD 7F FF DF FF F7 FF FD FF
00A0 FF BF FF EF FF FB FF FE BF FF EF FF FB FF FE FF
00B0 FF BF FF EF FF FB FF FE BF FF EF FF FB FF FE FF
00C0 FF 7F FF 5F FF 57 FF 55 7F 55 5F 55 57 55 55 55
00D0 AA AA AA EA AA FA AA FE AA FF EA FF FA FF FE FF
00E0 FF 7F FF 5F FF 57 FF 55 7F 55 5F 55 57 55 55 55
00F0 AA AA AA EA AA FA AA FE AA FF EA FF FA FF FE FF
0100 FF 7F FF 3F FF 1F FF 0F FF 07 FF 03 FF 01 FF 00
0110 7F 00 3F 00 1F 00 0F 00 07 00 03 00 01 00 00 00
0120 00 00 00 80 00 C0 00 E0 00 F0 00 F8 00 FC 00 FE
0130 00 FF 80 FF C0 FF E0 FF F0 FF F8 FF FC FF FE FF
0140 FF 7F FF 3F FF 1F FF 0F FF 07 FF 03 FF 01 FF 00
0150 7F 00 3F 00 1F 00 0F 00 07 00 03 00 01 00 00 00
0160 00 00 00 80 00 C0 00 E0 00 F0 00 F8 00 FC 00 FE
0170 00 FF 80 FF C0 FF E0 FF F0 FF F8 FF FC FF FE FF
0180 FF 7F FF 5F FF 57 FF 55 7F 55 5F 55 57 55 55 55
0190 55 15 55 05 55 01 55 00 15 00 05 00 01 00 00 00
01A0 00 00 00 80 00 A0 00 A8 00 AA 80 AA A0 AA A8 AA
01B0 AA AA AA EA AA FA AA FE AA FF EA FF FA FF FE FF
01C0 FF 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE
01D0 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE FF
01E0 FE 7F FE BF FE DF FE EF FE F7 FE FB FE FD FE FE
01F0 7E FF BE FF DE FF EE FF F6 FF FA FF FC FF FC 7F
0200 FC BF FC DF FC EF FC F7 FC FB FC FD FC FE 7C FF
0210 BC FF DC FF EC FF F4 FF F8 FF F8 FF BF F8 DF
0220 F8 EF F8 F7 F8 FB F8 FD F8 FE 78 FF B8 FF D8 FF
0230 E8 FF F0 FF F0 7F F0 BF F0 DF F0 EF F0 F7 F0 FB
0240 F0 FD F0 FE 70 FF B0 FF D0 FF E0 FF E0 7F E0 BF
0250 E0 DF E0 EF E0 F7 E0 FB E0 FD E0 FE 60 FF A0 FF
0260 C0 FF C0 7F C0 BF C0 DF C0 EF C0 F7 C0 FB C0 FD
0270 C0 FE 40 FF 80 FF 80 7F 80 BF 80 DF 80 EF 80 F7
0280 80 FB 80 FD 80 FE 00 FF 00 7F 00 BF 00 DF 00 EF
0290 00 F7 00 FB 00 FD 00 FE 00 7E 00 BE 00 DE 00 EE
02A0 00 F6 00 FA 00 FC 00 7C 00 BC 00 DC 00 EC 00 F4
02B0 00 F8 00 78 00 B8 00 D8 00 E8 00 F0 00 70 00 B0
02C0 00 D0 00 E0 00 60 00 A0 00 C0 00 40 00 80 00 00
02D0 00 00 00 80 00 C0 00 A0 00 90 00 88 00 84 00 82
02E0 00 81 80 80 40 80 20 80 10 80 08 80 04 80 02 80
02F0 01 80 00 C0 00 E0 00 D0 00 C8 00 C4 00 C2 00 C1
0300 80 C0 40 C0 20 C0 10 C0 08 C0 04 C0 02 C0 01 C0
0310 00 E0 00 F0 00 E8 00 E4 00 E2 00 E1 80 E0 40 E0
0320 20 E0 10 E0 08 E0 04 E0 02 E0 01 E0 00 F0 00 F8
0330 00 F4 00 F2 00 F1 80 F0 40 F0 20 F0 10 F0 08 F0
0340 04 F0 02 F0 01 F0 00 F8 00 FC 00 FA 00 F9 80 F8
0350 40 F8 20 F8 10 F8 08 F8 04 F8 02 F8 01 F8 00 FC
0360 00 FE 00 FD 80 FC 40 FC 20 FC 10 FC 08 FC 04 FC
0370 02 FC 01 FC 00 FE 00 FF 80 FE 40 FE 20 FE 10 FE
0380 08 FE 04 FE 02 FE 01 FE 00 FF 80 FF 40 FF 20 FF
0390 10 FF 08 FF 04 FF 02 FF 01 FF 80 FF 40 FF 20 FF
03A0 10 FF 08 FF 04 FF 02 FF 01 FF 80 FF C0 FF A0 FF
03B0 90 FF 88 FF 84 FF 82 FF 81 FF C0 FF E0 FF D0 FF
03C0 C8 FF C4 FF C2 FF C1 FF E0 FF F0 FF E8 FF E4 FF
03D0 E2 FF E1 FF F0 FF F8 FF F4 FF F2 FF F1 FF F8 FF
03E0 F2 FF F1 FF F8 FF FC FF FA FF F9 FF FC FF FE FF
03F0 FD FF FE FF FF FF 55 55 AA AA 55 55 AA AA 55 55
0400 AA AA 55 55 AA AA 55 55 AA AA 55 55 FF FF 55 55
0410 FF FF 55 55 FF FF 55 55 FF FF 55 55 FF FF AA AA
0420 FF FF AA AA FF FF AA AA FF FF AA AA FF FF AA AA
0430 FF 7F FF 5F FF 57 FF 55 7F 55 5F 55 57 55 55 55
0440 55 55 55 15 55 05 55 01 55 00 15 00 05 00 01 00
0450 00 00 01 80 03 C0 07 E0 0F F0 1F F8 3F FC 7F FE
0460 7F FE 3F FC 1F F8 0F F0 07 E0 03 C0 01 80 00 00
0470 00 00 01 80 03 C0 07 E0 0F F0 1F F8 3F FC 7F FE
0480 7F FE 3F FC 1F F8 0F F0 07 E0 03 C0 01 80 00 00
0490 80 01 C0 03 E0 07 F0 0F F8 1F FC 3F FE 7F FF FF
04A0 7F FE 3F FC 1F F8 0F F0 07 E0 03 C0 01 80 00 00
04B0 80 01 C0 03 E0 07 F0 0F F8 1F FC 3F FE 7F FF FF
04C0 FE FF FD FF FB FF F7 FF EF FF DF FF BF FF 7F FF
04D0 FF FE FF FD FF FB FF F7 FF EF FF DF FF BF FF 7F
04E0 FE FF FC FF F8 FF F0 FF E0 FF C0 FF 80 FF 00 FF
04F0 00 FE 00 FC 00 F8 00 F0 00 E0 00 C0 00 80 00 00
0500 00 00 01 00 03 00 07 00 0F 00 1F 00 3F 00 7F 00
0510 FF 00 FF 01 FF 03 FF 07 FF 0F FF 1F FF 3F FF 7F
0520 FF 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE
0530 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE FF
0540 FE 7F FE BF FE DF FE EF FE F7 FE FB FE FD FE FE
0550 7E FF BE FF DE FF EE FF F6 FF FA FF FC FF FC 7F
0560 FC BF FC DF FC EF FC F7 FC FB FC FD FC FE 7C FF
0570 BC FF DC FF EC FF F4 FF F8 FF F8 7F F8 BF F8 DF
0580 F8 EF F8 F7 F8 FB F8 FD F8 FE 78 FF B8 FF D8 FF
0590 E8 FF F0 FF F0 7F F0 BF F0 DF F0 EF F0 F7 F0 FB
05A0 F0 FD F0 FE 70 FF B0 FF D0 FF E0 FF E0 7F E0 BF
05B0 E0 DF E0 EF E0 F7 E0 FB E0 FD E0 FE 60 FF A0 FF
05C0 C0 FF C0 7F C0 BF C0 DF C0 EF C0 F7 C0 FB C0 FD
05D0 C0 FE 40 FF 80 FF 80 7F 80 BF 80 DF 80 EF 80 F7
05E0 80 FB 80 FD 80 FE 00 FF 00 7F 00 BF 00 DF 00 EF
05F0 00 F7 00 FB 00 FD 00 FE 00 7E 00 BE 00 DE 00 EE
0600 00 F6 00 FA 00 FC 00 7C 00 BC 00 DC 00 EC 00 F4
0610 00 F8 00 78 00 B8 00 D8 00 E8 00 F0 00 70 00 B0
0620 00 D0 00 E0 00 60 00 A0 00 C0 00 40 00 80 00 00
0630 00 00 00 80 00 C0 00 A0 00 90 00 88 00 84 00 82
0640 00 81 80 80 40 80 20 80 10 80 08 80 04 80 02 80
0650 01 80 00 C0 00 E0 00 D0 00 C8 00 C4 00 C2 00 C1
0660 80 C0 40 C0 20 C0 10 C0 08 C0 04 C0 02 C0 01 C0
0670 00 E0 00 F0 00 E8 00 E4 00 E2 00 E1 80 E0 40 E0
0680 20 E0 10 E0 08 E0 04 E0 02 E0 01 E0 00 F0 00 F8
0690 00 F4 00 F2 00 F1 80 F0 40 F0 20 F0 10 F0 08 F0
06A0 04 F0 02 F0 01 F0 00 F8 00 FC 00 FA 00 F9 80 F8
06B0 40 F8 20 F8 10 F8 08 F8 04 F8 02 F8 01 F8 00 FC
06C0 00 FE 00 FD 80 FC 40 FC 20 FC 10 FC 08 FC 04 FC
06D0 02 FC 01 FC 00 FE 00 FF 80 FE 40 FE 20 FE 10 FE
06E0 08 FE 04 FE 02 FE 01 FE 00 FF 80 FF 40 FF 20 FF
06F0 10 FF 08 FF 04 FF 02 FF 01 FF 80 FF 40 FF 20 FF
0700 10 FF 08 FF 04 FF 02 FF 01 FF 80 FF C0 FF A0 FF
0710 90 FF 88 FF 84 FF 82 FF 81 FF C0 FF E0 FF D0 FF
0720 C8 FF C4 FF C2 FF C1 FF E0 FF F0 FF E8 FF E4 FF
0730 E2 FF E1 FF F0 FF F8 FF F4 FF F2 FF F1 FF F8 FF
0740 F2 FF F1 FF F8 FF FC FF FA FF F9 FF FC FF FE FF
0750 FD FF FE FF FF FF 55 55 AA AA 55 55 AA AA 55 55
0760 AA AA 55 55 AA AA 55 55 AA AA 55 55 FF FF 55 55
0770 FF FF 55 55 FF FF 55 55 FF FF 55 55 FF FF AA AA
0780 FF FF AA AA FF FF AA AA FF FF AA AA FF FF AA AA
0790 FF 7F FF 5F FF 57 FF 55 7F 55 5F 55 57 55 55 55
07A0 55 55 55 15 55 05 55 01 55 00 15 00 05 00 01 00
07B0 00 00 01 80 03 C0 07 E0 0F F0 1F F8 3F FC 7F FE
07C0 FF 7F FF 3F FF 1F FF 0F FF 07 FF 03 FF 01 FF 00
07D0 7F 00 3F 00 1F 00 0F 00 07 00 03 00 01 00 00 00
07E0 00 00 00 80 00 C0 00 E0 00 F0 00 F8 00 FC 00 FE
07F0 00 FF 80 FF C0 FF E0 FF F0 FF F8 FF FC FF FE FF

```

(74HC251) и даже KP1533KP7/KП15 (SN74ALS151/251). Последняя замена вполне допустима, но при этом на месте DD4 (K561IE10) должна работать KP1564IE23 (74HC4520) или KP1554IE23 (74AC4520), выходы которых обладают достаточно высокой нагрузочной способностью для работы на входы микросхемы ТТЛШ. Регистры DD8, DD9 типа KP1564IP24 (74HC299), используемые на основной плате контроллера, можно заменить KP1554IP24 (74AC299), а также KP1533IP24. Поскольку микросхемы ТТЛШ-структуры KP1533IP24 (SN74ALS299) потребляют достаточно большой ток даже в статическом режиме (около 40 мА), в удалённых (выходных) регистрах рекомендуется использовать микросхемы КМОП-структуры серий KP1564 (74HCxx) или KP1554 (74ACxx). Соединительная линия выполняется жгутом из 4 многожильных проводников сечением 0,35 мм² (для сигнальных линий) и 1 мм² («общий» провод) в изоляции и заканчивается 9-контактной вилкой типа DB-9. На печатной плате установлен ответный разъём XN1 (на схеме не показан).

Количество элементов гирлянды может достигать нескольких десятков (их удобно увеличивать кратно восьми) без существенного изменения протокола последовательного интерфейса. Необходимо лишь установить требуемое количество регистров и соответственно изменить число тактовых импульсов синхронизации. Естественно, нужно учитывать изменение диапазона адресов РПЗУ, соответствующего одной светодинамической комбинации. Если нужно управлять гирляндой, число элементов которой превышает сотню, придётся использовать дополнительные буферные регистры. При этом передача данных в буферные регистры будет производиться с более низкой тактовой частотой, а в выходные регистры, подключённые к их выходам, данные будут переписываться после завершения цикла передачи данных в буферные. Естественно, при этом потребуются некоторое усложнение протокола.

Подготовка устройства к работе заключается в написании управляющего кода светодинамических эффектов с использованием табл. 1 по приведённой ниже методике [1, 2] и занесении его в РПЗУ с помощью стандартного программатора.

В связи с тем, что длина светодинамической комбинации составляет 16 бит, каждой комбинации соответствуют два байта информации в шестнадцатеричном коде.

Из таблицы видно, что одновременно включению всех светодиодов соответствуют две двоичные комбинации «00000000», или две шестнадцатеричные комбинации «00», считанные по двум последовательным адресам РПЗУ. Соответственно, одновременному выключению всех светодиодов отвечают две загруженные в регистры комбинации «11111111» в двоичном коде или две комбинации «FF» в шестнадцатеричном.

Для примера в табл. 2 приведён фрагмент кода, соответствующий эффекту «Бегущий огонь».

Таким образом, последовательность, соответствующая одному эффекту «Бегущий огонь», в шестнадцатеричном коде будет выглядеть следующим образом: «FF 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE 7F FF BF FF DF FF EF FF F7 FF FB FF FD FF FE FF». Пример кода управляющей программы, написанный по данной методике, приведён в листинге. К примеру, здесь по адресам: 0000h-001Fh (первые две строки) расположен эффект «Бегущий огонь». Также эта «прошивка» в виде готового к программированию РПЗУ двоичного файла доступна по ссылке [5].

Если подобная процедура написания кода кому-то покажется слишком трудоёмкой, можно воспользоваться светодинамическими контроллерами с интегрированными (внутрисхемными) программаторами в 16-канальном [6, 7] и 32-канальном [8, 9] исполнениях. Данные устройства полностью автономны и вообще не требуют применения никаких дополнительных программаторов, как для изготовления, так и в процессе эксплуатации.

Прежде чем запрограммировать микросхему РПЗУ, текстовый файл программы необходимо конвертировать в двоичный формат с помощью соответствующего программного обеспечения. Естественно, при написании программного кода по приведённой методике не исключены ошибки, которые могут быть связаны, например, с невнимательностью разработчика. Как упоминалось выше, с целью гарантировать от записи неправиль-

ного кода в РПЗУ в среде Delphi 7.0 разработана специальная программа виртуального симулятора («Light Effects Reader»), позволяющая «просмотреть» сформированный бинарный файл перед записью в РПЗУ, т.е. эмулировать работу устройства на экране компьютера. Это позволит избежать возможных ошибок, которые могут быть допущены при разработке программного кода. Данная программа также доступна по ссылке [5].

Внимание! Данная разработка защищена «ЗАКОНОМ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ», действующем на территории Российской Федерации и стран СНГ. Поэтому несанкционированное коммерческое производство данного устройства, а также применение отдельных схемотехнических решений и/или уникального алгоритма в составе вновь разрабатываемых коммерческих электронных устройств ЗАПРЕЩЕНО. Устройство предназначено только для индивидуального применения с целью ознакомления.

По всем вопросам, касающимся реализации последовательного интерфейса в светодинамических устройствах, можно получить консультацию автора статьи, направив запрос в редакцию журнала.

Литература

1. Одинец А.Л. Светодинамическое устройство с последовательным интерфейсом // Радиомир. 2003. № 12. С. 16.
2. URL: http://art-of-light.narod.ru/RM_Article_12_2003.pdf.
3. Слинченков А., Якушенко В. Устройство световых эффектов // Радио. 2000. № 1. С. 32–35.
4. Зельдин Е.А. Цифровые интегральные микросхемы в информационно-измерительной аппаратуре. Л.: Энергоатомиздат, 1986. С. 76–77.
5. URL: www.art-of-light.narod.ru/LightEffectsReader.rar.
6. Одинец А.Л. Программируемое светодинамическое устройство с последовательным интерфейсом. Версия 1.0 // Радиолобитель. 2003. № 8. С. 6.
7. URL: http://art-of-light.narod.ru/RL_Article_08_2003.pdf.
8. Одинец А.Л. Автономное 32-канальное программируемое светодинамическое устройство с последовательным интерфейсом // Радиолобитель. 2005. № 9–10. С. 12.
9. URL: http://art-of-light.narod.ru/RL_Article_09_2005.pdf.

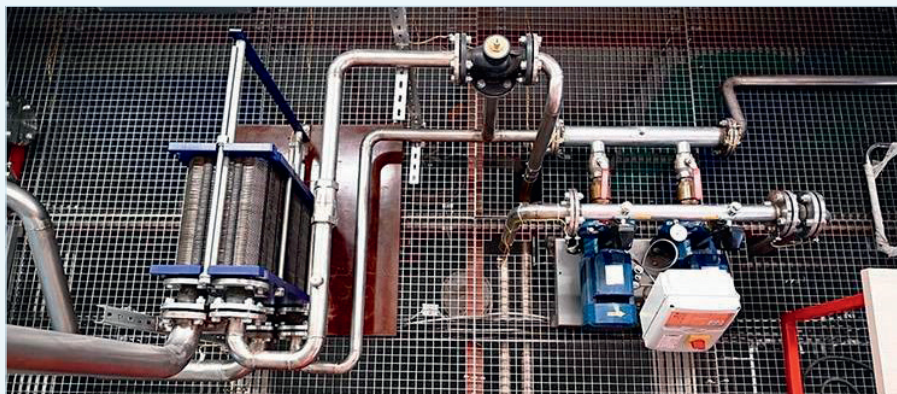


НОВОСТИ МИРА

Разработанная в Москве пластина из оксида галлия снизит стоимость полупроводников для ЭКБ в 7 раз

Массовое производство пластин из оксида галлия запустит столичная компания «Рокор». Такие кристаллы необходимы для производства большинства электронных компонентных баз (ЭКБ). Разработка займёт нишу полупроводниковых материалов самого современного, четвёртого поколения. Об этом сообщил исполняющий обязанности руководителя департамента инвестиционной и промышленной политики Москвы Владислав Овчинский.

Пластины могут быть использованы в рядках для электромобилей, солнечных батареях, чипах и микросхемах, платах, транзисторах и других товарах, для создания которых нужны полупроводники. По словам руководителя департамента, использование оксида галлия осложняется тем, что в производстве необходимы тигли из иридия – редкого и дорогостоящего металла, который многократно увеличивает стоимость конечного продукта. Российская



разработка исключает применение иридиевых тиглей, благодаря чему производственная стоимость снизится в 7 раз. Кроме того, это снимет ограничения по доступности и требуемому количеству материала на мировом рынке.

Всё это позволит ускорить темпы внедрения зелёных технологий и нарастить производство наиболее современной микроэлектронной продукции, пояснили в пресс-службе. На данный момент на рынке наблюдается дефицит полупроводников четвёртого поколения, а данная разработка способна полно-

стью его устранить, подчеркнули в департаменте.

Производство монокристаллических пластин оксида галлия находится в финальной стадии. Необходимые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) уже проведены. Для полноценного вывода товара на мировой рынок будет достаточно полутора лет. Цена одной 100-миллиметровой пластины российского производства не превысит \$3000, в то время как японские аналоги стоят примерно \$6400.

expert.ru

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ЭЛЕКОНД

оксидно-электролитические алюминиевые конденсаторы
 K50-15, K50-17, K50-27, K50-29, K50-37, K50-68, K50-77, K50-80, K50-81, K50-83, K50-84, K50-85, K50-86, K50-87, K50-88, K50-89, K50-90, K50-91, K50-92, K50-93, K50-94, K50-95(чип), K50-96, K50-97(чип), K50-98, K50-99, K50-100, K50-101(чип), K50-102, K50-103, K50-104, K50-105, K50-106

объемно-пористые танталовые конденсаторы
 K52-1, K52-1M, K52-1БМ, K52-1Б, K52-9, K52-11, K52-17, K52-18, K52-19, K52-20, K52-21, K52-24, K52-26(чип), K52-27(чип), K52-28, K52-29, K52-30

оксидно-полупроводниковые танталовые конденсаторы
 K53-1А, K53-7, K53-65(чип), K53-66, K53-68(чип), K53-69(чип), K53-71(чип), K53-72(чип), K53-74(чип), K53-77(чип), K53-78(чип), K53-79(чип), K53-80(чип), K53-82

ионисторы (суперконденсаторы)
 K58-26, K58-27, K58-28, K58-29, K58-30, K58-31

накопители электрической энергии на основе модульной сборки суперконденсаторов МИК, МИЧ, ИТИ, НЭЭ

КОНДЕНСАТОРЫ

разработка и производство

Россия, 427968, Удмуртская Республика, г. Сарапул, ул. Калинина, 3
 Тел.: (34147) 2-99-53, 2-99-89, 2-99-77, факс: (34147) 4-32-48, 4-27-53
 e-mail: elecond-market@elcudm.ru, www.elecond.ru

Реклама