

Источники питания

для светодиодной подсветки дисплеев LCD

Подсветка на основе светоизлучающих диодов (LED) для жидкокристаллических (LCD) индикаторов и дисплеев может работать от обычных источников питания, но при этом велика вероятность неодинаковой мощности светового потока от каждого светодиода. Для решения этой проблемы разработано несколько вариантов включения с использованием специализированных микросхем — регуляторов напряжения, которые выпускаются фирмой MAXIM.

Анатолий Шитиков

ashitikov@rainbow.msk.ru

Использование цифрового потенциометра для регулирования светодиодной подсветки

Выпускаемый 5-разрядный программируемый потенциометр DS1050 используется в качестве основного элемента широтно-импульсного модулятора (ШИМ) с изменением ширины импульса от 0 до 100 % с шагом в 3,125 %. Управление потенциометром осуществляется по двухпроводному последовательному интерфейсу, совместимому с I²C, с адресацией до восьми DS1050 на двухпроводной шине. Схемное решение управления яркостью светодиодной подсветки жидкокристаллического индикатора представлено на рис. 1.

Эта схема не предназначена для управления напряжением контраста жидкокристаллического индикатора. Используемый в этом примере символьный дисплей 20×4 типа DMC-20481 фирмы Optrex имеет желто-зеленую светодиодную подсветку. Прямое падение напряжения на светодиодах составляет 4,1 В, а максимальный прямой ток — 260 мА.

Изменяя скважность широтно-импульсного модулятора, можно изменять подводимую к светодиодам мощность. Когда импульс составляет 100 % времени цикла режима, мощность питания макси-

мальна и, соответственно, максимальна яркость свечения. И наоборот, когда импульс цикла составляет 0 %, яркость свечения также нулевая.

Управление ШИМ-модулятором довольно простое. Единственное, что обязательно нужно устранить, — мигание светодиодов. Человеческий глаз не различает мигание при частоте выше 30 Гц. Самый «медленный» DS1050 работает на частоте 1 кГц. Этого вполне достаточно для визуального наблюдения и минимизации электромагнитного излучения. Необходимо выбрать МОП-транзистор Q1 так, чтобы он мог непосредственно управляться от 5-вольтового широтно-импульсного модулятора, напряжение которого меняется от «земли» до V_{CC}. По умолчанию при включении питания скважность ШИМ равна 2. Транзистор Q1, управляемый ШИ-сигналом, может коммутировать ток величиной 260 мА, который необходим для светодиодной подсветки. Напряжение порога затвора транзистора Q1 составляет 2–4 В. Диод D1 типа 1N4001 используется для снижения V_{CC} до 4,3 В, что меньше максимального прямого падения напряжения на светодиодах. Резистор вместо указанного диода не используется из-за большой мощности рассеяния. Для надежного закрытия МОП-транзистора ставят резистор R3, что исключает «плавающий» режим затвора Q1.

Конденсатор C1 используется в качестве фильтра питания, он должен хорошо работать на высокой частоте и устанавливается максимально близко к выводам U1 при минимальном расстоянии до источника питания.

Цифровой потенциометр DS 1050-001 устанавливается аппаратно с адресом A = 000. Программу для микроконтроллера типа 8051 можно взять в приложении к «App. note 163» на сайте фирмы MAXIM.

Для управления контрастом жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) вместо традиционных механических потенциометров предлагается использовать цифровой потенциометр типа DS1668/1669 Dallastats или DS1803. Приборы DS1668/1669 обеспечивают как кнопочное, так и микроконтроллерное управление токосъемного контакта. Важно также, что эти приборы имеют внутреннюю энергонезависимую память, которая позволяет сохранять поло-

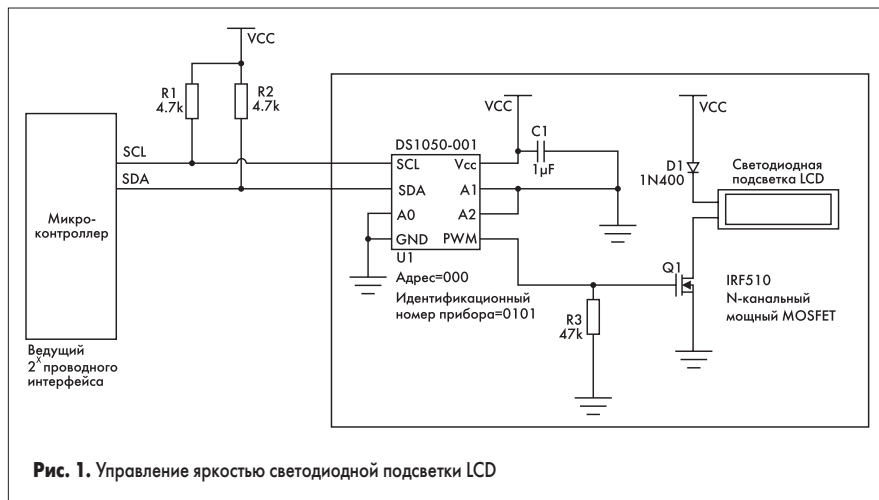


Рис. 1. Управление яркостью светодиодной подсветки LCD

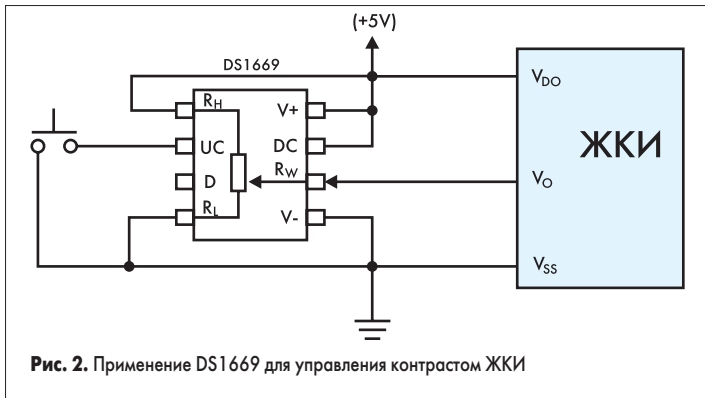


Рис. 2. Применение DS1669 для управления контрастом ЖКИ

жение токосъемника без подачи электропитания. На рис. 2 представлена схема для управления контрастом для ЖКИ с использованием цифрового потенциометра DS1669.

Конечно, здесь может быть применен и двоиный цифровой потенциометр типа DS1803.

Жидкокристаллический модуль (LCM) запитывается напряжением 5 В. Это же напряжение поступает на DS1669, сопротивление которого 10 кОм. Терминал токосъемника соединяется непосредственно с вводом питания V_o драйвера LCM.

Применение цифрового потенциометра позволяет уменьшить размеры устройства, существенно увеличить долговечность и перевести управление на системный микроконтроллер.

Ну а теперь снова вернемся к управлению светодиодами. С увеличением популярности цветных жидкокристаллических дисплеев в мобильных телефонах, карманных компьютерах, цифровых камерах и пр. популярными источниками освещения становятся белые светодиоды.

Белый свет могут обеспечить либо флуоресцентные лампы с холодным катодом (CCFLS), либо белые светодиоды. CCFLS долгое время были единственным источником белого цвета, но из-за размеров, сложности и высокой стоимости они сдают свои позиции белым светодиодам. Последним не требуется высокое напряжение (200–500 В переменного тока) и большой трансформатор для получения такого напряжения. И хотя прямое падение напряжения на белом светодиоде (от 3 до 4 В) выше, чем на красном (1,8 В) или зеленом (2,2–2,4 В), все равно для них требуются достаточно простые источники питания. Яркость белого светодиода управляется изменением проходящего через него тока. Полная яркость происходит при токе 20 мА. С уменьшением проходящего через светодиод тока яркость уменьшается. Для цифровых камер и мобильных телефонов обычно требуются от 2 до 3 светодиодов. Может быть 2 способа группового включения светодиодов: параллельный и последовательный. При последовательном включении светодиодов величина тока через каждый будет гарантированно одинаковой. Но такое включение требует более высокого напряжения, чем при параллельном включении. При параллельном включении напряжение примерно равно прямому падению напряжения на одном светодиоде вместо падения напряжения на всем ряду светодиодов. Однако яркость диодов может

быть различной из-за разброса прямого падения напряжения на светодиодах, следовательно, разных токов, если они не регулируются. Напряжения батареи в большинстве случаев недостаточно для свечения белого светодиода, поэтому необходимо применять конвертор DC/DC. При этом желательно параллельное включение светодиодов, так как преобразователи DC/DC наиболее эффективны при малом отношении повышенного выходного напряжения к входному.

Параллельное включение светодиодов

Есть три основных способа параллельного подключения светодиодов, показанных на рис. 3:

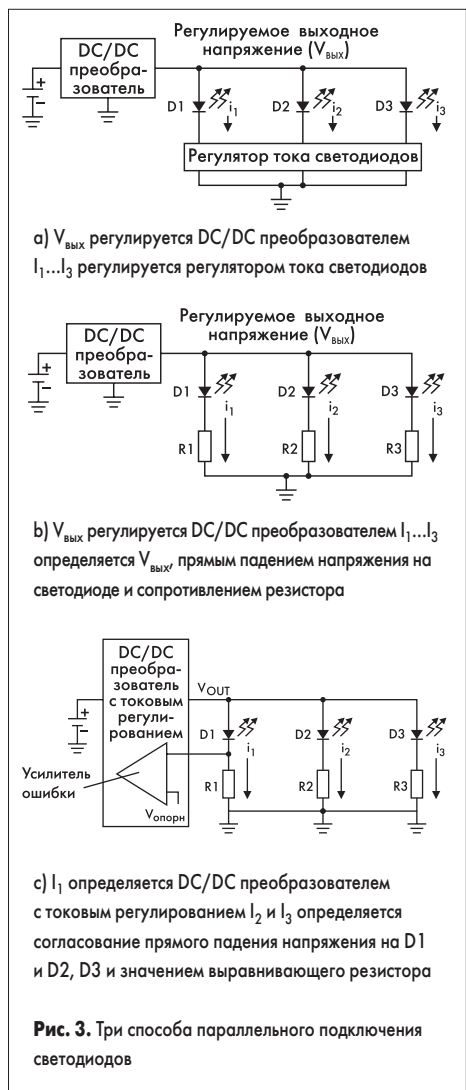


Рис. 3. Три способа параллельного подключения светодиодов

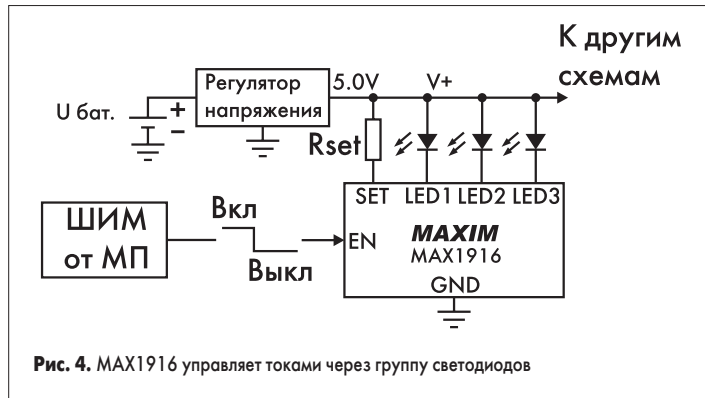


Рис. 4. MAX1916 управляет токами через группу светодиодов

1. Независимое регулирование тока через каждый диод.
2. Токи регулируются балластными резисторами от источника с регулируемым напряжением, соответствующим прямому падению напряжения на светодиоде.
3. От источника с регулируемым током получают напряжение, равное падению напряжения на регулируемом светодиоде и резисторе, и с помощью балластных резисторов регулируют ток через остальные светодиоды.

Рассмотрим поподробнее эти варианты включения.

1. Простой способ управления током, протекающим через светодиоды, состоит в использовании микросхемы, специально разработанной для этих целей. Схема включения представлена на рис. 4. Здесь показана дешевая микросхема MAX1916, которая позволяет регулировать ток через 3 белых светодиода. Абсолютная точность тока составляет 10 %, а токи, протекающие через светодиоды, отличаются не более чем на 0,3 %. Это наиболее важная характеристика, так как световые потоки от каждого светодиода должны быть одинаковыми. При полной яркости свечения ток через светодиод равен 20 мА. В этом случае достаточно 225 мВ, превышающих падение напряжения на светодиодах, чтобы микросхема поддерживала установленное значение тока. Установка тока через светодиоды производится с помощью резистора R_{set}. Уравнение для расчета тока имеет следующий вид:

$$I_{led} = 230 \frac{U_{out} - U_{set}}{R_{set}}, \text{ где:}$$

- I_{led} — ток, протекаемый через светодиод (мА);
- 230 — коэффициент преобразования микросхемы;
- U_{out} — выходное напряжение регулятора;
- U_{set} = 1,215 В;
- R_{set} — резистор, устанавливаемый между выходом регулятора и входом SET MAX1916 (кОм).

Абсолютный ток тоже должен управляться, но яркость будет изменяться в целом для всего устройства (например, дисплей телефона). Изменение яркости можно получить подачей на вход разрешения (EN) микросхемы сигнала с широтно-импульсной модуляцией. Максимальная яркость будет при 100-процентной ширине импульса, а при 0 % светодиод не излучает.

2. Используется источника питания с регулируемым выходным напряжением. Этот спо-

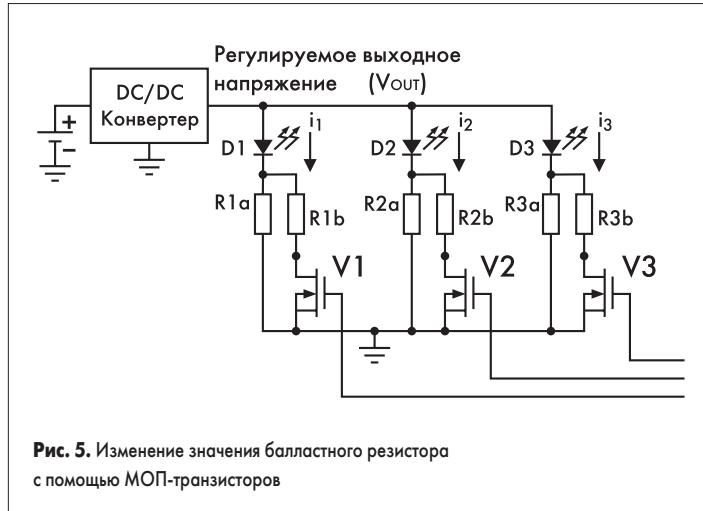


Рис. 5. Изменение значения балластного резистора с помощью МОП-транзисторов

соб включения менее точен, так как не регулируются индивидуальные токи через каждый светодиод. Как можно увеличить абсолютную точность протекаемых токов и соответствия их через каждый диод?

Ток через светодиод рассчитывается по формуле:

$$I_{led} = (V_{out} - V_d) / R$$

Из за производственных разбросов даже при одинаковых токах прямое падение напряжения на светодиодах (V_d) может быть различным. Можно записать отношение двух токов через 2 диода:

$$I1/I2 = R2/R1 [(V_{out} - V_{d1}) / (V_{out} - V_{d2})]$$

Принимая во внимание, что резисторы имеют высокую точность (это допустимо), имеем:

$$I1/I2 = (V_{out} - V_{d1}) / (V_{out} - V_{d2})$$

Отсюда следует, что отношение (разница) токов через диоды тем меньше, чем выше выходное напряжение источника питания. Нужно иметь в виду, что сближение значений токов через светодиоды оплачивается более высокой потребляемой мощностью. Поэтому можно рекомендовать напряжение на выходе регулятора равное 5 В.

Для получения такого напряжения можно использовать простые преобразователи типа MAX1595 ($U_{вых} = 5 В, I_{вых} = 125 мА$) или преобразователи MAX1759 с регулируемым выходом. Таким образом, изменяя выходное напряжение регулятора можно корректировать токи в светодиодах до нужного уровня (например, 20 мА). Если нет возможности корректировать ток регулируемым на выходе источника питания напряжения, то параллельно балластным резисторам $R1a...R3a$ ставят резисторы и МОП-транзисторы, как показано на рис. 5. Включая и выключая логическим уровнем МОП-транзисторы, можно подключать или отключать дополнительные резисторы $R1b...R3b$, эффективно изменяя значение балластного резистора.

3. Использует преобразователя с регулируемым выходным током. На рис. 3с показан принцип использования преобразователя

с регулируемым выходным током. В этом сценарии ток через один из диодов ($D1$) преобразован в падение напряжения на резисторе $R1$ и именно это напряжение поддерживается преобразователем. Преобразователь может быть ключевого типа, на переключаемых конденсаторах или линейным регулятором.

Уравнение для тока через светодиод такое же, как представлено выше.

$$I_x = (V_{out} - V_{dx}) / R_x \quad (1)$$

Но в этом случае V_{out} не регулируется, а $I1$ регулируется и его значение составляет

$$I1 = V_{oc} / R1 \quad (2)$$

где: V_{oc} — напряжение обратной связи, снимаемое с резистора $R1$.

Поскольку регулируется ток только одного диода, разное прямое падение напряжения на светодиодах может вызывать различие в протекающих через них токах. В этом случае можно использовать следующее. Разделим резистор на 2 части: $R1 = R1a + R1b$ и подставим в уравнение (1), а значение $R1$ в уравнении (2) заменим на $R1b$. Для $R2$ и $R3$ не требуется разбиения резисторов. Их значения должны быть равны $R1a + R1b$. Теперь на выходе регулятора будет поддерживаться напряжение, опреде-

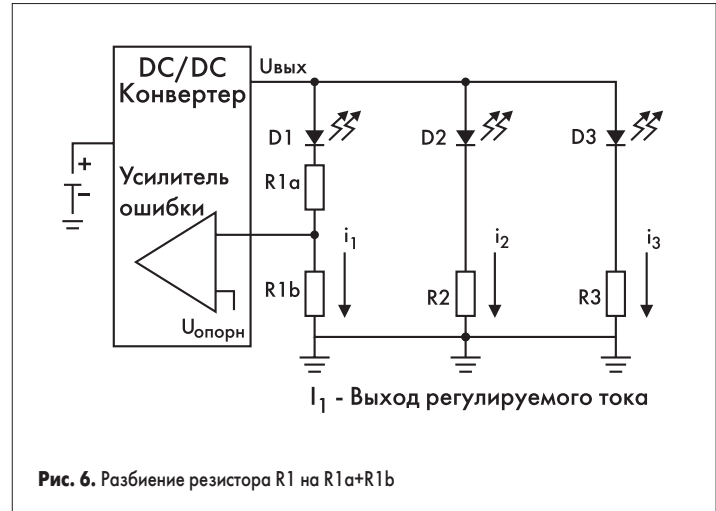


Рис. 6. Разбиение резистора R1 на R1a+R1b

ляемое падением напряжения на резисторе $R1b$, как показано на рис. 6. Если уставка от $R1b$ равна напряжению $R1$, то усилитель рассогласования останется в прежнем состоянии, выходное напряжение регулятора повысится, что обеспечит согласование токов через каждый светодиод.

Последовательное включение светодиодов

Главное преимущество при включении светодиодов в последовательную цепочку состоит в том, что через все диоды протекает одинаковый ток и яркость свечения получается одинаковой. Недосток при таком включении: требуется более высокое напряжение, так как падение напряжения на каждом светодиоде суммируется. Даже 3 белых светодиода требуют напряжения 9–12 В. Обычно для такого включения используются ключевые регуляторы как наиболее эффективные преобразователи для этих целей. На рис. 7 представлена схема включения ключевого регулятора MAX1848, предназначенного для управления тремя белыми светодиодами, включенными последовательно. Прибор может запитываться от 2,6 до 5,5 В при выходном напряжении до 13 В. Входной диапазон рассчитан на одну литий-ионную батарею или 3 батареи NiCD/NiMH. Рабочая частота регулятора

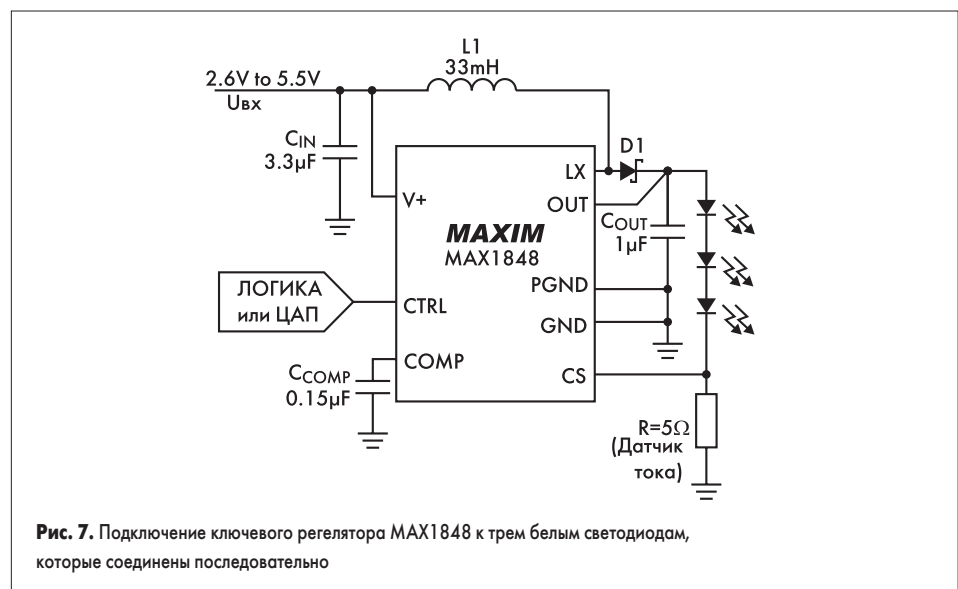


Рис. 7. Подключение ключевого регулятора MAX1848 к трем белым светодиодам, которые соединены последовательно

1,2 МГц, что позволяет использовать внешние компоненты с минимальными габаритами. На выходе — ШИМ-сигнал. Избыточное напряжение выпрямляется и подается на светодиоды. Ток через светодиоды и, соответственно, их яркость отрегулируется с помощью напряжения, снимаемого с ЦАП, или отфильтрованного ШИМ-сигнала, подаваемого на вход CTRL микросхемы MAX1848. Эффективность MAX1848 при работе со светодиодами достигает 87 %.

Для больших дисплеев, где требуется много светодиодов, можно использовать ключевой регулятор MAX1698 (см. рис. 8). Микросхема может работать от входного напряжения всего 0,8 В, а выходное напряжение ограничено рабочим напряжением внешнего n-канального МОП-транзистора. Низкое, до 300 мВ напряжение обратной связи (вывод FB) способствует максимальной эффективности схемы, которая достигает 90 %. Яркость светодиода регулируется с помощью потенциометра, у которого щетка соединяется с выводом ADJ микросхемы. Потенциометр может быть использован как аналоговый, так и цифровой.

Конечно, число микросхем, которые используются для питания и подсветки в жидкокристаллических и светодиодных дисплеях, не ограничено представленными в статье наименованиями. Если читатель захочет подобрать необходимые для его конкретного случая микросхемы и ознакомиться с характеристиками выпускаемой продукции, то он сможет это сделать на сайте www.maxim-ic.com.

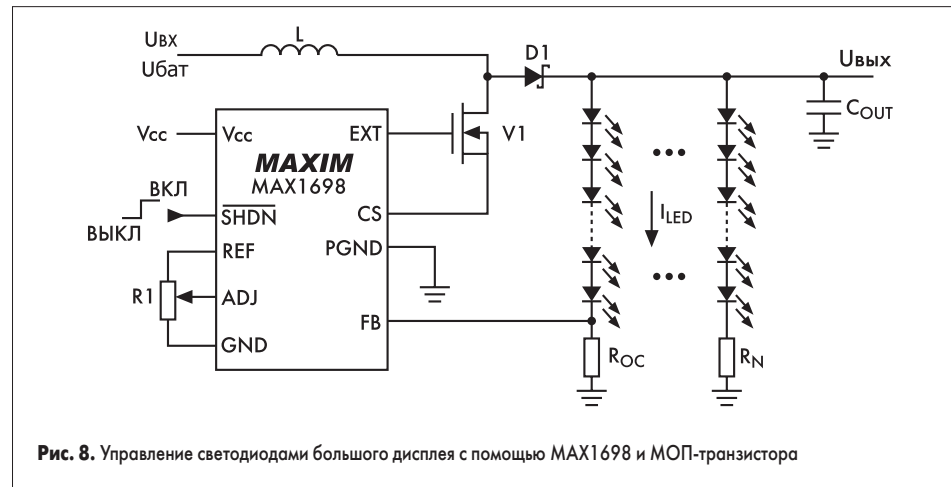


Рис. 8. Управление светодиодами большого дисплея с помощью MAX1698 и МОП-транзистора