

Датчики видимого света компании Microsemi

Константин ВЕРХУЛЕВСКИЙ
Юрий ШАРОПИН
yuri@icquest.ru

В статье рассмотрены датчики видимого света компании Microsemi. Показана важность спектральной характеристики для задач автоматического управления освещением и подсветкой ЖК-дисплеев. Рассмотрены основные характеристики и области применения датчиков, а также описаны типичные схемы включения.

В настоящее время различные ЖК-дисплеи широко применяются в портативных приборах (мобильных телефонах, КПК, цифровых видеокамерах), бытовых устройствах (аудиоцентрах, ЖК-телевизорах), а также в автомобильной технике (приборных панелях, зеркалах заднего вида и т. д.). ЖК-дисплеи представляют собой неизлучающие устройства и требуют наличия задней подсветки. Наиболее распространены методы подсветки с использованием люминесцентных ламп с холодным катодом (CCFL) и массивами светодиодов. Главная проблема использования подсветки — значительное потребление энергии, что является важным фактором для портативных устройств, так как ток потребления подсветки составляет не менее 100–400 мА, вследствие чего уменьшается срок непрерывной работы аккумуляторных батарей. Так, например, согласно [1], доля подсветки в общем потреблении энергии ноутбуками составляет 33%. Одним из решений для увеличения длительности непрерывной работы является автоматическая регулировка уровня подсветки при изменении световых условий окружающей среды.

Также необходимо отметить, что если яркость и контрастность дисплея не отрегулированы, ЖК-дисплей может вызывать блики, приводящие к искажению визуальной информации.

Ключевой компонент в автоматическом управлении подсветкой ЖК-дисплеев, их яркостью или контрастностью — датчики освещенности. Причем для получения максимальной точности управления они должны иметь спектральную характеристику, по возможности наиболее приближенную к спектральной чувствительности человеческого глаза, максимум которой приходится на 550 нм.

Традиционным светочувствительным элементом является фотодиод либо фототранзистор. Диапазон чувствительности традиционных датчиков освещенности значительно отличается от характеристик человеческого глаза. Более того, выходной сигнал традиционных датчиков освещенности изменяется в зависимости от источника света, например солнечного или искусственного света. Так, стандартные фотоэлектрические датчики характеризуются максимальной чувствительностью в инфракрасном (ИК) диапазоне

не, поэтому в управлении подсветкой дисплеев результаты будут иметь значительную погрешность — в основном из-за различий в ИК части спектров разных источников света. Различия в спектральных характеристиках фотодетекторов главным образом влияют на измерение яркости и корректировку настроек дисплеев. Источники света с заметной ИК составляющей спектра будут восприниматься обычным фотодетектором как яркие (хотя человеческий глаз их не видит) и вырабатывать ошибочное управляющее воздействие подсветки дисплеев. Поэтому наиболее точные результаты могут быть достигнуты только при максимальном приближении спектральной чувствительности датчика к спектральной чувствительности человеческого глаза.

Необходимость выполнения данного требования хорошо иллюстрирует рис. 1, на котором показан отклик системы управления подсветкой дисплея на изменение освещенности при разных источниках света с датчиком, восприимчивым только к видимой части спектра (рис. 1а), и традиционным фотодатчиком (рис. 1б).

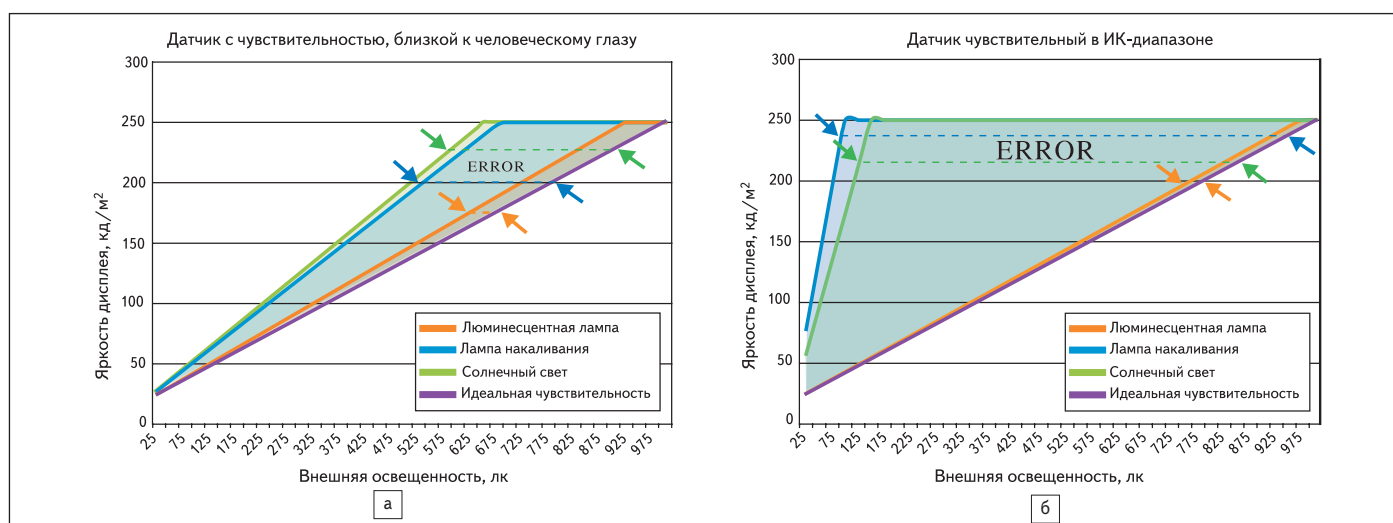


Рис. 1. Отклик системы управления подсветкой с разными датчиками освещенности

Как видно из рис. 1, ошибки в управлении дисплеем, появляющиеся из-за чувствительности датчика в ИК и ультрафиолетовом диапазонах, могут достигать 1000%, в зависимости от источника окружающего света.

Основное назначение датчиков освещенности или видимого света с узкой спектральной характеристикой, выпускаемых компанией Microsemi, — это автоматическое управление искусственным освещением и яркостью подсветки в ЖК-дисплеях с целью обеспечения уровня яркости, необходимого для комфортного восприятия человеческим глазом.

Описание датчиков освещенности компании Microsemi

Все датчики освещенности разрабатывались, чтобы обеспечить:

- яркость дисплея от 25 до 250 кд/м² (нит);
- минимальную яркость дисплея при 25 лк окружающей освещенности;
- максимальную яркость дисплея при 1000 лк окружающей освещенности;
- линейность регулировочной характеристики во всем диапазоне освещенности окружающей среды;
- максимальную идентичность спектральной чувствительности датчика к характеристике глаза человека.

Семейство датчиков LX197xx также отличается малым изменением чувствительности в зависимости от разных источников света. Для наиболее ответственных применений компанией была разработана и запатентована технология Best Eye™, позволяющая получить спектральную характеристику, максимально приближенную к характеристике человеческого глаза, и обойтись без использования оптических фильтров.

По структуре датчики представляют собой матрицу фоточувствительных рpn-диодов со встроенным формирователем выходного токового сигнала — прецизионным усилителем тока. Усилители, в зависимости от типа датчика, могут быть разными и являются определяющими для вида передаточной функции. Благодаря наличию встроенного усилителя фототока сложность и стоимость конечной разработки значительно снижены.

Фототок датчика может быть легко преобразован в напряжение путем добавления резистора на один или оба вывода. Величина сопротивления определяется исходя из требуемого напряжения и выходного тока датчика по закону Ома.

Выпускаются датчики как с линейной выходной характеристикой, так и с характеристикой «квадратный корень» и «корень 4-й степени». Компоненты изготавливаются в корпусах для поверхностного монтажа и способны надежно функционировать в температурном диапазоне от -40 до +85 °С.

В семейство LX197xx входит семь различных датчиков освещенности. Каждый из них обладает своими особенностями и имеет свое

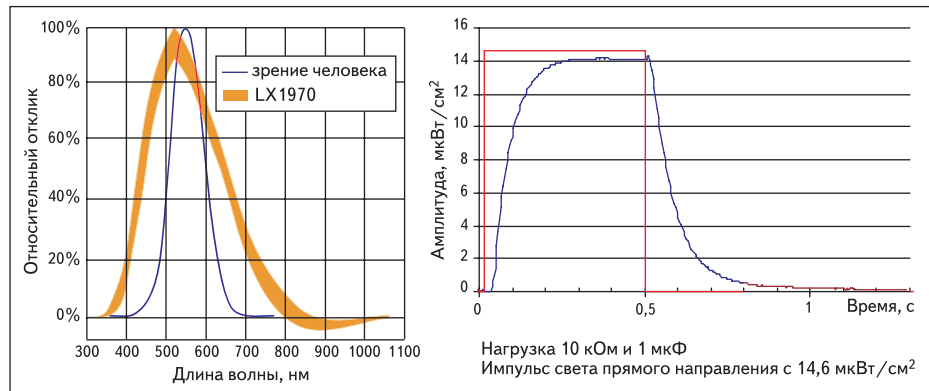


Рис. 2. Спектральная и переходная характеристики датчиков LX1970 и LX1971

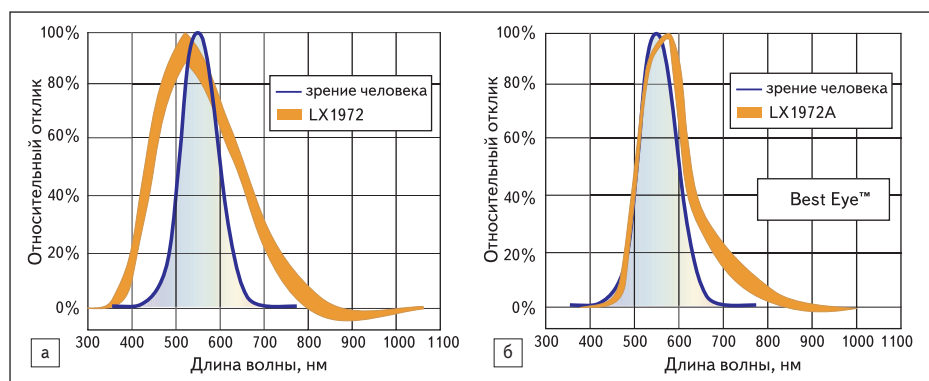


Рис. 3. Спектральные характеристики LX1972 и LX1972A

основное назначение. Далее подробнее рассмотрим все датчики освещенности [2].

Фотодатчик LX1970 обладает точной линейной и хорошо повторяемой передаточной характеристикой. Фототок рpn-диодов (порядка наноампер) умножается встроенным усилителем с большим коэффициентом усиления и протекает через датчик по двум выводам — SNK и SRC. Фототок может быть легко преобразован в напряжение путем добавления резистора на один или оба вывода. Максимум спектральной характеристики данного датчика приходится на длину волны 520 нм.

Датчик LX1971 совместим по основным параметрам с предыдущим, но имеет некоторые отличия. Его передаточная функция нелинейная и описывается функцией квадратного корня. Датчик может быть с успехом применен при контроле уличного или искусственного освещения, а также в автомобильной технике. Для ознакомления с датчиком LX1971 компанией-производителем выпускается оценочная плата. Спектральная и переходная характеристики датчиков LX1970 и LX1971 представлены на рис. 2.

Датчик LX1972 является недорогим полупроводниковым прибором, обладающим спектральной характеристикой, идентичной характеристике предыдущих приборов (рис. 3а), и точной, линейной и хорошо повторяемой передаточной характеристикой. Токовое зеркало датчика усиливает фототок рpn-диодов,

который может быть преобразован в напряжение внешним резистором.

Динамический диапазон выходного напряжения определяется этим резистором, величина которого 10–100 кОм, и мощностью источника питания. Напряжения 1,8 В достаточно для работы датчика при освещенности в 1000 лк.

Внутренняя схема температурной компенсации позволяет удерживать темновой ток ниже 200 нА во всем температурном диапазоне (от -40 до +85 °С), обеспечивая высокую точность при низком уровне освещенности. Диапазон освещенности, в котором можно применять датчик, составляет от 1 до 5000 лк.

Фотодатчик LX1972А аналогичен предыдущему, но выполнен по технологии Best Eye™. Спектральная характеристика датчика приведена на рис. 3б.

Типичная величина сопротивления резистора для получения напряжения составляет 5–100 кОм. Напряжения 2,7 В достаточно для работы датчика при освещенности в 1000 лк.

Датчики LX1972 и LX1972А оптимизированы для систем управления подсветкой в недорогих потребительских продуктах, таких как ЖК-телевизоры, портативные компьютеры и цифровые камеры.

Датчики LX1973 и LX1973А оптимизированы для работы в условиях малой освещенности, так как обладают широким динамическим диапазоном и очень низким темновым током. Датчики разрабатывались для автоматизированных систем управления яркостью

Таблица. Датчики освещенности LX197xx компании Microsemi

Наименование	L, лк	λ_{PR} , нм	Передаточная функция	Выходная схема	Vcc, В	Iout @ 100 лк	Корпус	Оценочная плата	Характеристики/Применение
LX1970	<1–1,2K	520	Линейная	Приемник тока и источник тока	2–5,5	~38 мкА	MSOP-8	×	Системы управления освещением и подсветкой дисплеев
LX1971	<1–15K	520	Квадратный корень	Приемник тока и источник тока	3–5,5	~10 мкА	MSOP-8	×	Широкий динамический диапазон с высокой чувствительностью при низкой внешней освещенности
LX1972	<1–5K	520	Линейная	Двух выводной источник тока	2–5,5	~10 мкА	ЧИП-1206	×	Недорогой, миниатюрный, высокоэффективный датчик общего назначения
LX1972A	<1–5K	580	Линейная	Двух выводной источник тока	2–5,5	~10 мкА	ЧИП-1206	×	Датчик, выполненный по запатентованной технологии Best Eye™, обеспечивающий почти идеальную невосприимчивость вне спектральной видимости
LX1973	0,01–500	550	Корень 4-й степени	Источник тока	4,5–5,5	380 мкА	MSOP-8	–	Прецизионный датчик в условиях очень низкой освещенности. Встроенная компенсация темного тока
LX1973A	0,01–500	580	Корень 4-й степени	Источник тока	4,5–5,5	360 мкА	MSOP-8	×	Прецизионный датчик в условиях очень низкой освещенности. Выполнен по технологии Best Eye™
LX1973B	0,005–400	580	Корень 4-й степени	Источник тока	4,5–5,5	400 мкА	MSOP-8 (с линзой)	×	Прецизионный датчик в условиях очень низкой освещенности. Выполнен по технологии Best Eye™. Внутренняя компенсация темного тока лучше, чем в LX1973A

Расшифровка обозначений к таблице: Vcc — напряжение питания, В; Iout — выходной ток, А; L — рабочий диапазон освещенности, лк; λ_{PR} — длина волны максимума спектральной характеристики

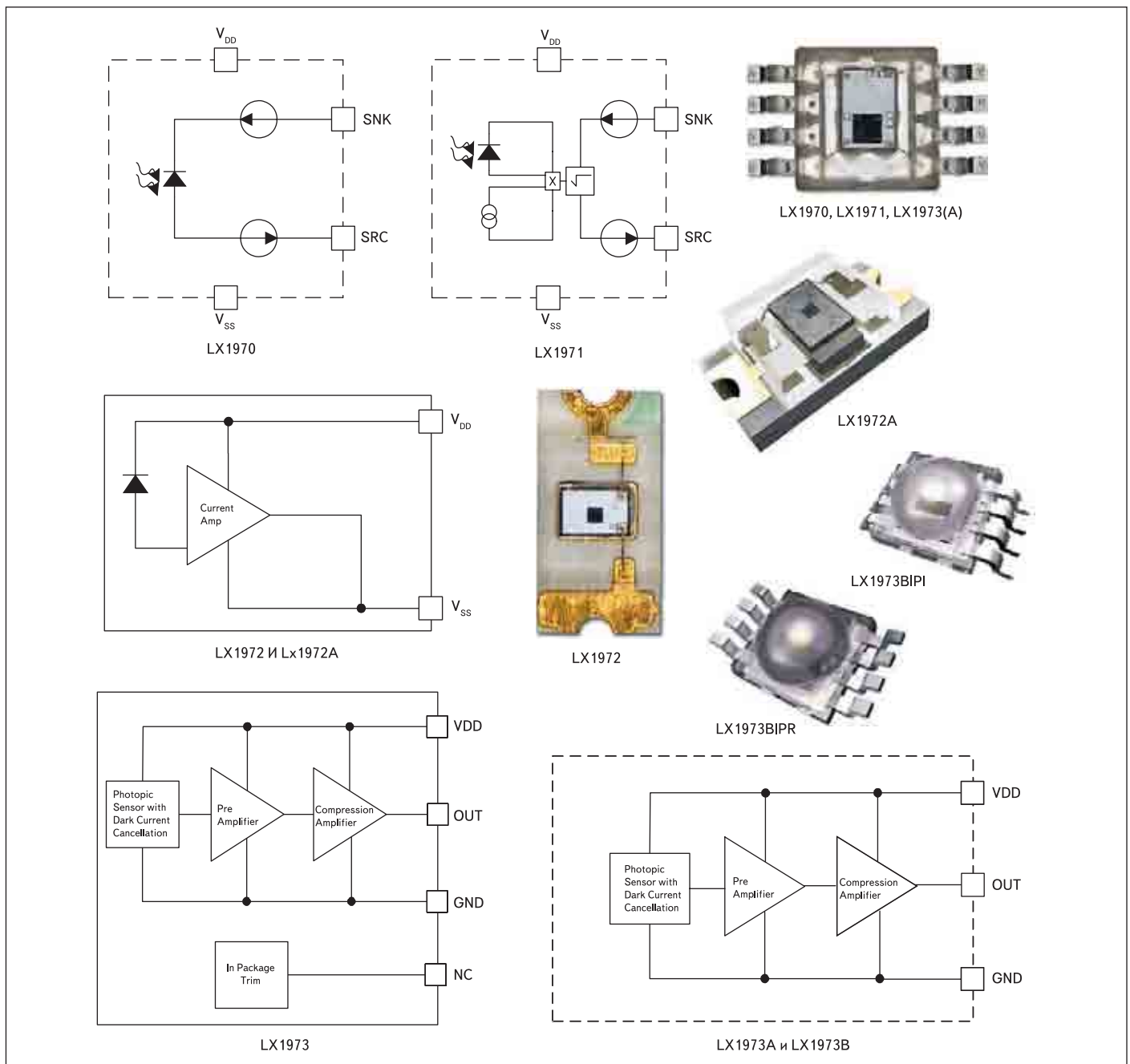


Рис. 4. Структурные схемы и фотографии корпусов датчиков света LX197xx

фар и систем управления затемнением зеркал заднего вида. Передаточная функция датчиков показательная с дробной степенью 1/4 от величины освещенности. Датчик, подключенный к 8-битному АЦП, может измерить уровень освещенности от 0,001 лк до 500 лк.

Выход pin-диодов датчика соединен с масштабирующим усилителем, сжимающим динамический диапазон и обеспечивающим разрешающую способность свыше пяти декад окружающего освещения. Встроенная схема подавления темного тока обеспечивает хорошую точность датчика при освещенности ниже 0,01 лк.

Датчики внутренне подгоняются к начальной точности 5% при комнатной температуре и освещенности в 10 лк. Точность 10% сохраняется во всем температурном диапазоне.

Фотодатчик LX1973A аналогичен предыдущему, но выполнен по технологии Best Eye™.

Прецизионный датчик LX1973B предназначен для использования в условиях очень низкой освещенности. Он выполнен по технологии Best Eye™. Внутренняя схема компенсации темного тока лучше, чем в LX1973A. К тому же LX1973B обладает уникальной чувствительностью при низком уровне освещенности, может работать при 0,001 лк и ниже. Имеет новый термостойкий корпус с линзой и два варианта исполнения: с линзой вверху и с линзой внизу (со стороны поверхности пайки).

Ни один другой из предлагаемых на рынке датчиков не сочетает 5-декадный динамический диапазон, высокую чувствительность при низкой освещенности и спектральную характеристику, максимально близкую к характеристике человеческого глаза.

Упрощенные структурные схемы датчиков и фотографии корпусов датчиков приведены на рис. 4. Общие характеристики датчиков освещенности семейства LX197xx представлены в таблице.

Схемотехника применения датчиков LX197xx в системах контроля подсветки

Компания Microsemi характеризуется комплексным подходом в области использования систем управления электропитанием для подсветки экранов автомобильных устройств, портативных компьютеров, компьютерных мониторов и жидкокристаллических телевизоров. Компания выпускает контроллеры для построения инверторов питания люминесцентных ламп, сами инверторы питания и драйверы для питания массивов светодиодов. Поэтому датчики освещенности могут использоваться совместно с LED-контроллерами подсветки серии LX199xx при светодиодной подсветке или CCFL-контроллерами LX16xx при подсветке с применением люминесцентных ламп с холодным катодом.

Рассмотрим несколько примеров использования датчиков освещенности в автомати-

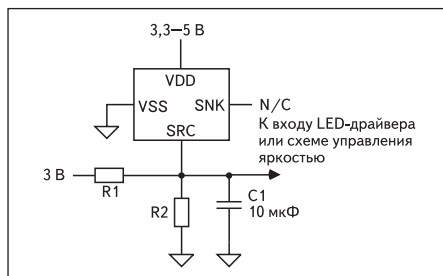


Рис. 5. Схема автоматического управления яркостью

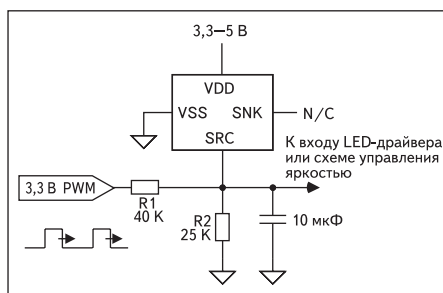


Рис. 6. Схема полуавтоматического управления яркостью

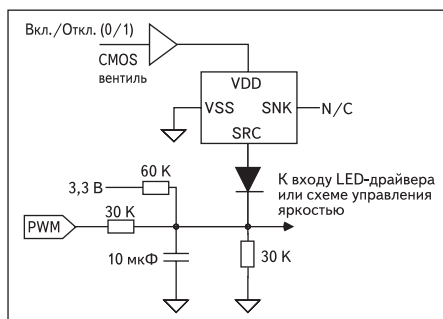


Рис. 7. Схема ручной регулировки яркости

ческих, полуавтоматических и ручных системах управления яркостью подсветки.

На рис. 5 представлена схема полностью автоматической системы регулировки яркости без вмешательства пользователя. Величина управляющего напряжения определяется номиналами резисторов R1 и R2, а конденсатор C1 позволяет отфильтровать 50/60 Гц составляющую интенсивности света (при искусственном освещении).

Добавление к предыдущей схеме регулируемой цепи смещения позволяет организовать полуавтоматическую систему с регулировкой яркости в определенных пределах согласно предварительно заданным настройкам. Упрощенная схема данной системы изображена на рис. 6.

При ручной регулировке пользователь вынужден изменять яркость ЖК-дисплея каждый раз при изменении световых условий окружающей среды. Схема ручной регулировки получается добавлением к предыдущей схеме логического элемента, при помощи которого осуществляется включение и отключение датчика освещенности (рис. 7).

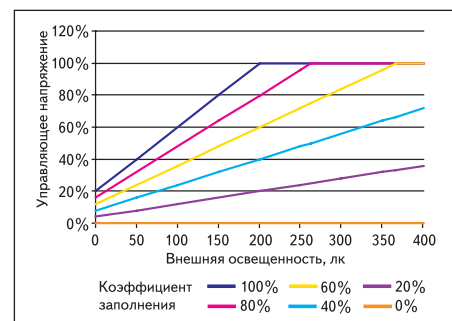


Рис. 8. Зависимость напряжения управления яркостью от внешней освещенности

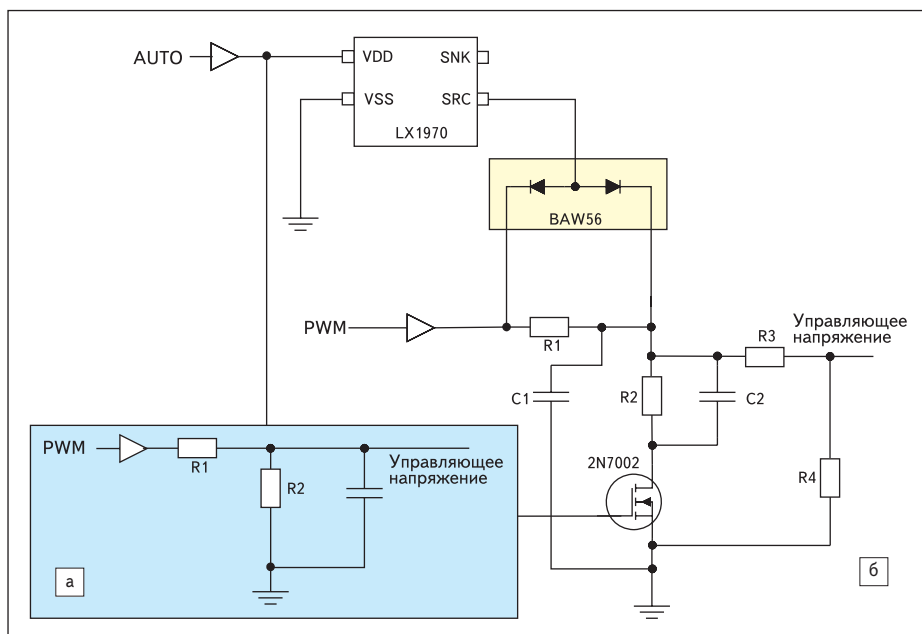


Рис. 9. а) Схема регулировки яркости без использования датчика освещенности; б) схема регулировки яркости с применением датчика LX1970

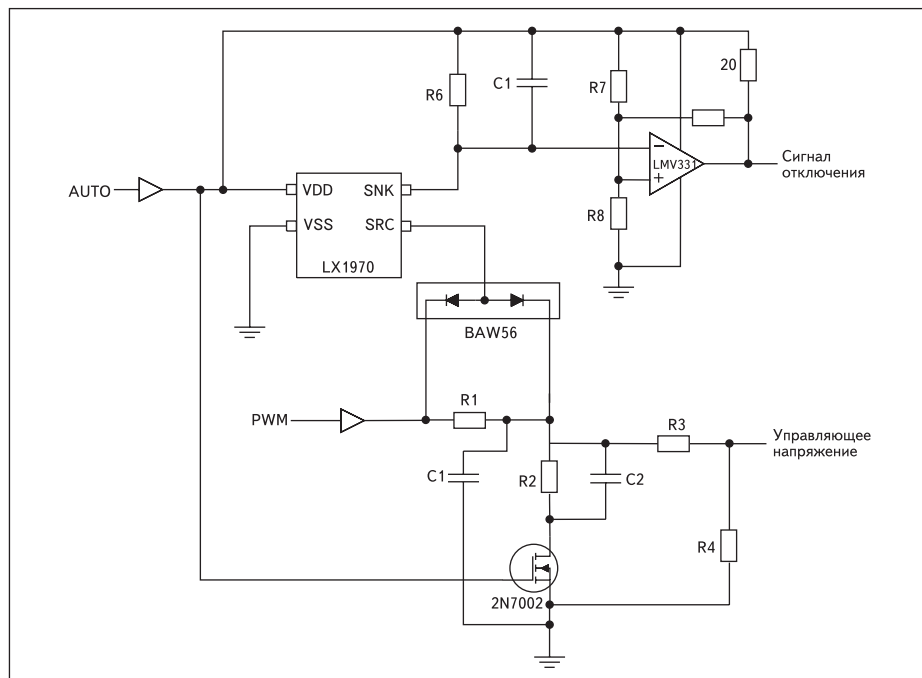


Рис. 10. Схема управления яркостью с возможностью отключения подсветки

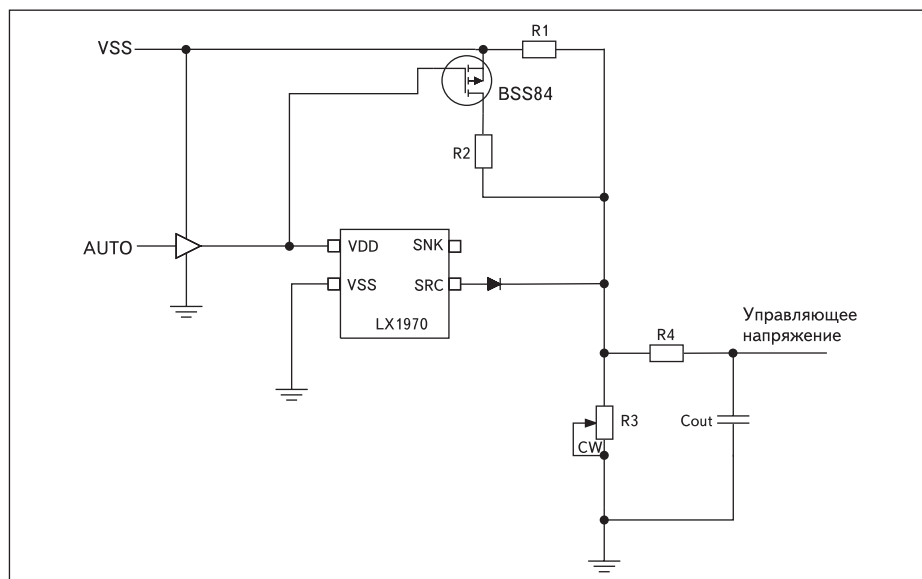


Рис. 11. Применение датчика освещенности совместно с потенциометром

Наиболее эффективным является использование датчиков освещенности в системах регулировки яркости, в которых управляющее напряжение изменяется в соответствии с коэффициентом заполнения ШИМ-сигнала от микроконтроллера [3]. На рис. 8 представлены зависимости напряжения управления яркостью от освещенности окружающей среды.

Контроль значений яркости дисплеев осуществляется для конкретно заданной характеристики, которая определяется коэффициентом заполнения ШИМ-сигнала управления. Для получения необходимой регулировочной характеристики задаются две точки на графике, изображенном на

рис. 8. Первая точка соответствует значению регулировочного напряжения при освещенности 0 лк, а вторая — освещенности, при которой достигается максимально возможное напряжение регулировки.

На рис. 9а показана схема регулировки яркости без использования датчика освещенности, а на рис. 9б — модернизированная схема с применением LX1970.

Схема на рис. 9а представляет собой фильтр низких частот, выделяющий из ШИМ-сигнала управления постоянную составляющую, которая в свою очередь управляет цепью регулировки яркости, например, подключается к выводу ADJ драйвера светодиодов LX1992. Схема, изображенная на рис. 9б, показывает

относительно простой способ использования датчика освещенности в системе регулировки яркости. Включение и отключение датчика осуществляется изменением логического уровня на выводе Auto. Наибольший интерес представляет режим, в котором на выводе Auto устанавливается уровень логической единицы. В этом случае результирующая яркость зависит от выходного напряжения датчика и от параметров ШИМ-сигнала.

При использовании датчиков освещенности в системах подсветки ЖК-индикаторов, работающих на пропускание и отражение, необходимо отключать подсветку дисплеев в случае, когда окружающего света достаточно для нормального восприятия информации. Так как датчик LX1970 имеет два токовых выхода, то не представляет трудности использовать один из них (обычно SRC) для регулировки яркости, а другой (SNK) для задания порога отключения. Схема, иллюстрирующая данный случай, представлена на рис. 10. Компаратор определяет момент, когда ток, протекающий через резистор R6, превышает порог, заданный резисторами R7 и R8. Конденсатор C1 служит для фильтрации 50 Гц составляющей интенсивности света.

Кроме того, датчики освещенности могут быть легко включены в схемы, использующие для регулировки яркости потенциометры. В этом случае сигнал с вывода SRC датчика LX1970, пропорциональный окружающей освещенности, поступает на потенциометр, а результирующая яркость зависит от этого сигнала и от предварительно заданного положения движка потенциометра (рис. 11).

Заключение

Компания Microsemi продолжает создавать продукцию, которая улучшает эффективность и параметры электронных устройств, в частности ЖК-дисплеев, подтверждая свою репутацию производителя полупроводниковых устройств мирового класса. Эффективность и низкая цена датчиков освещенности предоставляют разработчикам возможность повышать эргономику дисплеев, приборных панелей, автоматически затемняющихся автомобильных зеркал заднего вида и качество визуального восприятия информации, выполнять контроль доступных функций дисплеев в зависимости от условий окружающей среды. ■

Литература

1. Ferguson B. New Visible Light Sensor Technology Pays Power Management Dividends in Automatic Brightness Control Applications. Microsemi Corporation. 2004.
2. Сайт компании Microsemi Corporation (<http://www.microsemi.com>). Спецификации на датчики освещенности.
3. Application note. LX1970: Visible light sensor // Rev. 1.2. 2004. 13 February.