

Цифровые датчики освещенности MAX44007 и MAX44009 компании Maxim

АЛЕКСАНДР ГУБА, к.т.н., руководитель направления «Датчики», группа компаний «Симметрон»

Задачи управления освещенностью входят в число наиболее актуальных в современной светотехнике. Это связано с такими глобальными тенденциями как стремление к повышению энергоэффективности, рост производства портативных устройств на базе ЖКИ, интеллектуальных систем безопасности, неуклонная популяризация систем типа «умный дом». Грамотное использование этих систем позволяет не только обеспечить комфортные условия освещения для работы и отдыха, но и принести весьма ощутимый экономический эффект от внедрения.

Действительно, применение подобных систем на предприятиях позволяет экономить внушительные средства за счет рационального расхода электроэнергии на освещение прилегающих территорий, помещений и рабочих мест. В промышленных применениях и на транспорте регулировка яркости подсветки элементов визуальной индикации и управления помогает операторам эффективно выполнять свои основные обязанности. Интересным примером использования систем регулировки освещенности являются портативные устройства, в которых решаются задачи повышения срока службы автономных источников питания за счет меньшего энергопотребления при подсветке экранов. Не менее массовым рынком являются бытовые системы управления освещением, к которым относятся системы комнатного освещения, индивидуальные бытовые светильники и др.

Независимо от того, будет применяться подобная система для регулировки уровня освещенности на улице или для управления яркостью подсветки экрана ультрапортативного мультимедийного проигрывателя, разработчик вынужден решить ряд непростых практических задач.

Для того чтобы разобраться в данной проблеме, рассмотрим упрощенную структурную схему системы управления уровнем освещенности с использованием операционных усилителей (ОУ) (см. рис. 1).

На этом рисунке датчик представляет собой фоточувствительный элемент — первичный преобразователь (например, фотодиод, фоторезистор, фототранзистор и др.), сигнал на выходе которого зависит от уровня освещенности. Операционный усилитель используется для нормирования входных сигналов с датчика, способ включения которого зависит от типа используемого фотодатчика. Например, для фотодиодов различают фотогальванический режим работы (с генерацией фотоэдс) или фотодиодный режим (с приложенным внешним напряжением смещения) и др. Сигнал с датчика преобразовывается с помощью АЦП и обрабатывается микроконтроллером или микропроцессором системы. Цифровые управляющие воздействия (иногда и аналоговые) с микроконтроллера, как правило, подаются на драйвер, генерирующий ШИМ-сигнал для управления источником света.

На рисунке 2 представлена схема включения фотодиода для работы в фотогальваническом режиме [1]. На ней первый каскад на ОУ предназначен для преобразования величины тока в напряжение, а второй используется для организации дополнительного каскада усиления [2]. В качестве ОУ с малой величиной входного тока и низким

уровнем шумов могут быть использованы MAX4489 [3], MAX9636 и др. [4].

Несмотря на кажущуюся простоту схемотехнического решения, оно может быть использовано для построения недорогих систем с невысокими требованиями к основным параметрам и имеет некоторые недостатки.

Известно, что особенности человеческого восприятия видимой части спектра отличаются от характеристик распространенных фотодатчиков (см. рис. 3). Данный эффект связан с тем, что спектральные характеристики большинства фоточувствительных элементов простираются как в инфракрасном (ИК), так и в ультрафиолетовом (УФ) диапазонах. Чувствительность фотодатчика к ИК- или УФ-излучению может привести к ложным срабатываниям или к ошибкам в измерениях при многоуровневой регулировке. Различие спектральных составов источников света (например, в спектре излучения обычных ламп накаливания содержится больше ИК излучения, чем в спектре флуоресцентных ламп), лишает практического смысла предварительную калибровку при изготовлении. Данное утверждение особенно справедливо для любых мобильных устройств, предназначенных для работы в условиях различной освещенности от разных источников.

Одним из путей решения проблемы является использование двух фотодиодов, один из которых работает в видимом спектре с захватом ИК-диапазона, а второй — только в ИК-диапазоне. Это позволяет учесть характеристики обоих фотодатчиков и вычислить уровень освещенности в видимом диапазоне. К сожалению, устройство потребует дополнительного места на печатной плате и высокой повторяемости характеристик используемых фотодиодов

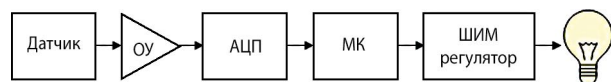


Рис. 1. Структурная схема системы управления уровнем освещенности

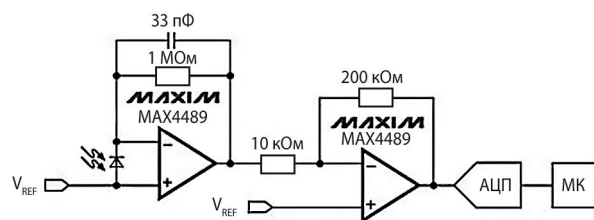


Рис. 2. Схема включения фотодиода в фотогальваническом режиме

до степени, достаточной для устранения инфракрасной составляющей спектра.

Одной из проблем при производстве окажется влияние отклонений в конструкции, зависящих от места установки фотодатчика на плате, расстояния между фотодатчиком и защитным стеклом — светофильтром, его характеристик и других факторов. Если к перечисленному добавить разброс параметров датчиков в пределах серии, ошибка в измерениях достигнет 50%, что может вызвать ложные срабатывания и, в конечном итоге, приведет к выпуску некачественного продукта [1].

Среди источников ошибок особое место занимают защитные экраны, тонированные и темные светофильтры, которые часто встречаются в портативных устройствах. Это создает множество проблем, поскольку светофильтры искажают характеристики различных источников света, которые имеют отличные друг от друга спектральные характеристики излучения [5].

Другим распространенным требованием к системам измерения уровня освещенности является наличие широкого динамического диапазона, который необходим для обеспечения работы в условиях различного уровня освещенности — от прямого солнечного света до полной темноты с большим числом градаций яркости в границах данного диапазона.

Учитывая насущные потребности в данной области, компания Maxim Integrated Products представила в 2011 г. цифровые датчики освещенности MAX44007 [6] и MAX44009 [7], которые позволяют устранить все указанные недостатки. Разработанные с использованием собственной BiCMOS-технологии, они содержат два оптических датчика, АЦП и другие функциональные узлы в миниатюрном корпусе 2x2x0,6 мм. Интеграция этих функций обеспечивает лучшие в своей области показатели производительности и функциональные воз-

можности при существенной экономии пространства на печатной плате.

MAX4007 и MAX44009 потребляют в 100 раз меньше ближайших аналогов, значительно расширяя срок службы автономных источников питания. Наличие функции прерывания позволяет непрерывно контролировать уровень светового потока и формировать сигнал прерывания для микроконтроллера системы при превышении заданных порогов. Эта функциональная особенность улучшает показатели энергосбережения устройства за счет меньшей интенсивности передачи данных по интерфейсу I²C (см. рис. 4).

Основные преимущества:

- широкий 22-разрядный динамический диапазон 0,025–104444 лк (MAX44007) и 0,045–188000 лк (MAX44009);
- миниатюрный корпус: UTDFN-Opto;
- диапазон питающих напряжений: V_{cc} = 1,7...3,6 В;
- рабочий ток потребления: I_{cc} = 0,65 мкА;
- диапазон рабочих температур: –40...85°C;
- повышенная чувствительность для совместной работы с темными светофильтрами.

Технология BiCMOS компании Maxim обеспечивает интеграцию двух фотодиодов для подавления УФ- и ИК-составляющих. Это позволяет имитировать оптические свойства человеческого глаза и точно измерять видимый свет в различных условиях внешней среды. Расширенные алгоритмы цифровой обработки сигналов позволяют корректировать любые изменения спектра у источников света, обеспечивая предельно точную характеристику освещенности.

Время интегрирования встроенного АЦП изменяется в диапазоне 6,25—800 мс. По умолчанию время интегрирования составляет 100 мс, что обеспечивает надежное подавление помех частотой 50/60 Гц.

Применение законченного решения для измерения уровня освещенности на основе MAX44007 или MAX44009 позволяет снизить ошибки, связанные с особенностями конструкции и используемыми светофильтрами до уровня менее 15%. Цифровой интерфейс для передачи данных обеспечивает высокую помехозащищенность и позволяет дополнительно снизить погрешности измерений при передаче данных на большие расстояния.

Высокая чувствительность MAX44007 и MAX44009 и два оптических датчика, работающие в разных спектральных диапазонах, позволяют использовать их совместно с темными защитными экранами и светофильтрами, т.к. разработчик может учесть их характеристики для обеспечения высокой точности и чувствительности (до 0,025 лк).

Основные области применения:

- цифровое управление подсветкой;
- портативные устройства;
- системы безопасности;
- планшетные ПК/ноутбуки;
- телевизоры/проекторы/дисплеи.

Недорогие датчики освещенности MAX44007 и MAX44009 имеют встроенный блок усиления с функцией автоматической регулировки для выбора оптимального диапазона измерений. Данная возможность избавляет разработчиков от трудоемкого процесса ручного программирования устройства и высвобождает ресурсы системного микроконтроллера или процессора. Экстремально широкий диапазон измерений, который для MAX44009 составляет 0,045—188000 лк, обеспечивает динамический диапазон более 4000000:1.

На рисунке 5 представлена типовая схема включения MAX44007. Передача данных на микроконтроллер и конфигурирование устройства осуществляется по интерфейсу I²C. Использованы стандартные номиналы подтягивающих резисторов величиной 10 кОм. Конденсатор обвязки источника питания номиналом 1 мкФ необходимо рас-

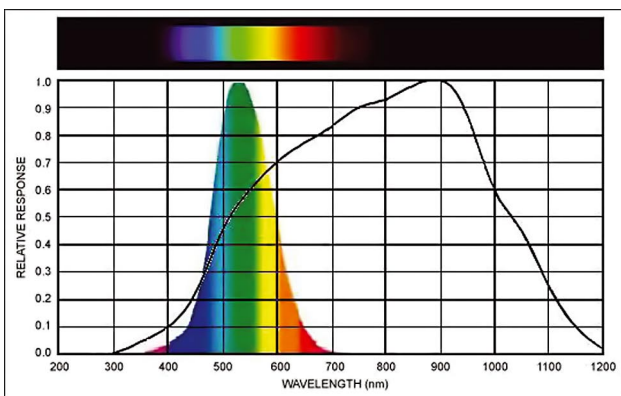


Рис. 3. Кривая чувствительности человеческого глаза и типовая характеристика фотодиода

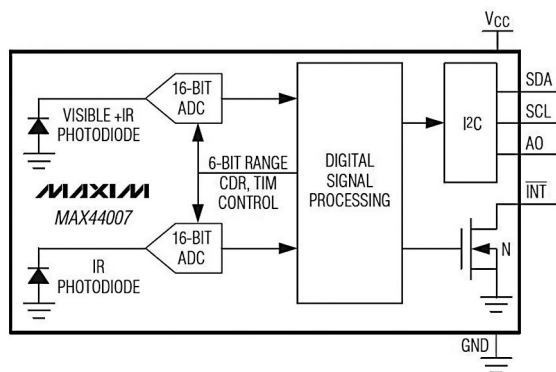


Рис. 4. Структурная схема MAX44007

полагать как можно ближе к выводу Vcc MAX44007. Схема включения и принцип конфигурирования MAX44009 не имеют существенных отличий.

Цифровые датчики MAX44007 и MAX44009 разработаны с учетом жестких требований к энергопотреблению. ИС отличаются сверхнизким рабочим током величиной 0,65 мкА, что ниже тока в режиме Power Down у многих аналогичных продуктов. Диапазон питающих напряжений составляет 1,7...3,6 В. Потребляя 1,1 мкВт, решения Maxim для измерения уровня освещенности обеспечивают более чем 100-кратное энергосбережение по сравнению с ближайшим аналогом (124 мкВт).

Преимуществом устройств является возможность использования общего низковольтного источника напряжением 1,8 В для питания как основных функциональных узлов, так и интерфейса I²C. Это свойство сокращает энергопотребление и упрощает разработку, поскольку требует использования единого источника питающего напряжения.

Микросхемы MAX44007 и MAX44009 поставляются в бесвинцовом 6-выводном корпусе UTDFN-Opto-EP размерами 2x2x0,6 мм.

Более подробную информацию на русском языке см. на www.symmetron.ru и максим-ис.рф.

ЛИТЕРАТУРА

1. I. Veygman. A Simple Implementation of LCD Brightness Control Using the MAX44009 Ambient-Light Sensor. Application Note 4913, 21.01.2011. www.maxim-ic.com.
2. Amplifiers and comparators. Product Guide. Edition 27, July 2010. www.maxim-ic.com.

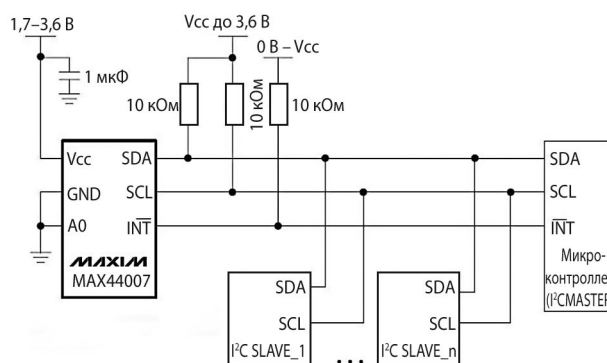


Рис. 5. Типовая схема включения MAX44007

3. MAX4489: SOT23, Low-Noise, Low-Distortion, Wide-Band, Rail-to-Rail Op Amps. Technical Datasheet. Rev.5, 07.2010. www.maxim-ic.com.
4. MAX9636: 3V/5V Low-Power, Low-Noise, CMOS, Rail-to-Rail I/O Op Amps. Technical Datasheet. Rev.2, 01.2011. www.maxim-ic.com.
5. P. Holenarsipur, A. Mehta, S. Hsu. Optimize the MAX44007 Ambient Light Sensor for Use in Applications with Black Glass. Application Note 4871, 23.12.2010. www.maxim-ic.com.
6. MAX44007: Low-Power Digital Ambient Light Sensor with Enhanced Sensitivity. Technical Datasheet. Rev.0, 01.2011. www.maxim-ic.com.
7. MAX44009: Industry's Lowest-Power Digital Ambient Light Sensor. Technical Datasheet. Rev.0, 01.2011. www.maxim-ic.com.