

# Датчики окружающего света от компании ROHM Semiconductor — готовое решение для ОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье представлен анализ линейки интегральных датчиков окружающего света компании ROHM Semiconductor, приведены аргументы, лежащие в основе обоснования выбора компонентов согласно применению, даны общие рекомендации по применению датчиков.

С датчиками окружающего света ROHM Semiconductor возможны как прецизионный автоматический контроль стандартных функций в зависимости от окружающей освещенности в широком динамическом диапазоне, так и обнаружение движения без касания, что достигается за счет комбинирования датчика видимого излучения с ИК-датчиком.

Светлана СЫСОЕВА  
info@syssoeva.com

## Введение

Датчик окружающего света представляет собой детектор, функционирующий во многом аналогично человеческому глазу (рис. 1). Предназначенный для восприятия видимого человеком электромагнитного спектра, именуемого светом, датчик должен обладать сходными сенсорными свойствами.

Одним из основных применений датчиков окружающего света является автоматический контроль работы систем, что предполагает включение, выключение, настройку и регулировку освещения, приборов, функций, яркости изображений для их оптимального восприятия человеком.

Применения датчиков окружающего света обширны и включают потребительские портативные дисплейные и телевизионные устройства (смартфоны, КПК, ноутбуки, TFT-LCD, плазменные, электронно-лучевые (CRT) телевизионные дисплеи), медицинские, промышленные, автомобильные и другие системы.

В настоящее время ключевым применением датчиков окружающего света является регулировка яркости дисплеев, что актуализировано, прежде всего, рыночным сегментом портативной и потребительской электроники, на которую существует массовый спрос.

В портативных устройствах не только яркость, но и потребление дисплейной мощно-

сти зависит от системных настроек. В системах без датчика окружающего света, например, пользователи регулируют дисплейную яркость вручную, и повышению яркости соответствует более высокое потребление мощности. Если же условия освещения изменяются, например при входе владельца сотового телефона в здание, большинство пользователей обычно не уменьшают яркость, а это негативно отражается на работе системы и сроке службы батареи.

Если же в портативную систему включен датчик окружающего света, то система может автоматически детектировать изменяющиеся условия и регулировать настройки оптимальным образом — для того чтобы удерживать

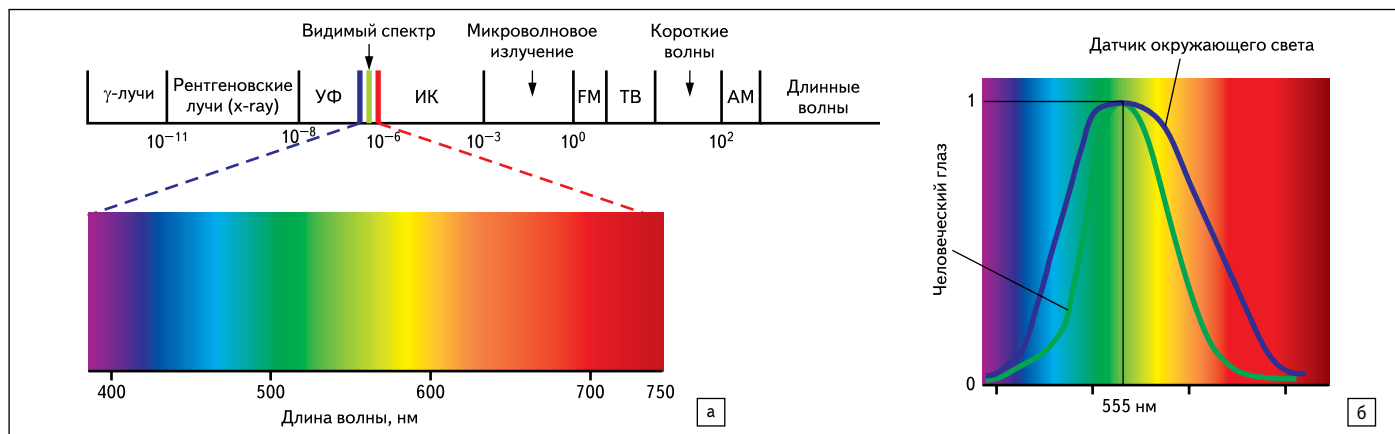


Рис. 1. Назначение датчика окружающего света:

а) шкала электромагнитного излучения, включающего видимый спектр, детектируемый датчиком окружающего света; б) кривая спектральной чувствительности человеческого глаза

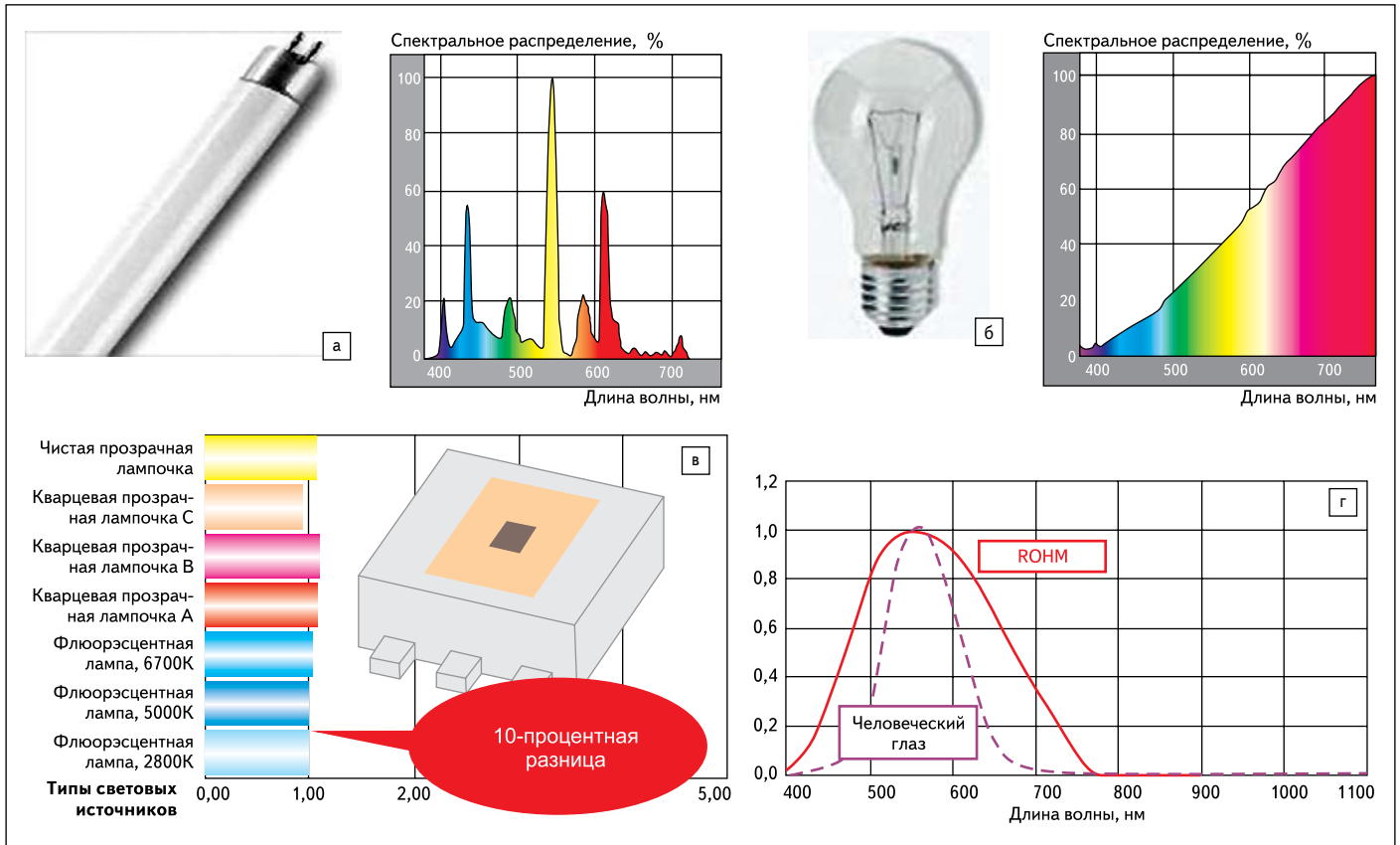


Рис. 2. Примеры спектральных характеристик источников света и датчиков окружающего света ROHM: а) спектральная характеристика флуоресцентных источников; б) спектральная характеристика ламп накаливания; в) сравнение чувствительности датчиков ROHM к различным источникам света; г) сравнение спектральной чувствительности датчиков ROHM и человеческого глаза

оптимальную яркость и потребление мощности. Поэтому датчики окружающего света — одни из ключевых элементов в современных дисплейных электронных устройствах.

### Обзор микросхем датчиков окружающего света ROHM Semiconductor и анализ спецификаций

Серия микросхем датчиков окружающего света компании ROHM Semiconductor включает как аналоговые (настраиваемый аналоговый выход), так и цифровые устройства, они характерны высокой стабильностью в широком диапазоне источников света, точностью световых измерений, присущей им функциональностью усиления и выключения (энергосберегающие функции), широким измерительным диапазоном освещенности. Сравнительная характеристика микросхем датчиков окружающего света ROHM представлена в таблице 1 [1].

Сконструированные преимущественно для работы с подсветкой LCD, ИС BH16xx с аналоговым выходом и BH17xx с цифровым выходом (табл. 1) отличаются возможностью работы в широком диапазоне освещенности.

Ключевые признаки включают стабильный выход и характеристику, приближенную к человеческому восприятию, что до-

стигается посредством собственной технологии производства (процесс тримминга) и использования фотодиодов с различными глубинами переходов. Это означает, что микросхемы датчиков окружающего света компании ROHM обеспечивают стабильный выход с малыми вариациями между различными световыми источниками (от ламп накаливания, флуоресцентных ламп, солнечного света). Вариации чувствительности составляют  $\pm 15\%$ , а точность детектирования варьируется в пределах  $\pm 10\%$  в зависимости от светового источника (рис. 2в).

Диапазон детектирования освещенности достигает порядка 100 000 лк.

Микросхемы датчиков окружающего света компании ROHM оптимизированы для достижения спектральной чувствительности, сходной с человеческим глазом, что необходимо в связи с тем, что длины волн типа UV или IR могут допускать неточные измерения (рис. 2г).

Датчики окружающего света — это сравнительно простые устройства, если сравнивать их, например, с МЭМС: как с точки зрения сложности схемы обработки сигнала, так и технологии их производства. Но можно

Таблица 1. Сравнительная характеристика ИС-датчиков окружающего света ROHM

Семейство	Напряжение питания, В	Тип выхода	Вариации чувствительности, %	Измерительный диапазон освещенности, лк	Выходное усиление чувствительности	Корпус
BH1600FVC	2,4–3,6	Ток (источник)	$\pm 35$	0–50 000	2 шага	WSOF6 3×1,6×0,7 мм
BH1603FVC	2,4–5,5	Ток (источник)	$\pm 15$	0–100 000	3 шага	WSOF6 3×1,6×0,7 мм
BH1620FVC	2,4–5,5	Ток (источник)	$\pm 15$	0–100 000	3 шага	WSOF5 1,6×1,6×0,55 мм
BH1621FVC	2,4–5,5	Ток (источник)	$\pm 15$	0–50 000	2 шага	WSOF5 1,6×1,6×0,55 мм
BH1710FVC	2,4–3,6	I <sup>2</sup> C I/F	$\pm 38$	0–65 000	–	WSOF6 3×1,6×0,7 мм
BH1715FVC	2,4–3,6	I <sup>2</sup> C I/F	$\pm 15$	0–65 000	–	WSOF6 3×1,6×0,7 мм
BH1721FVC	2,4–3,6	I <sup>2</sup> C I/F	$\pm 15$	0–65 000	–	WSOF5 1,6×1,6×0,55 мм
BH1750FVI	2,4–3,6	I <sup>2</sup> C I/F	$\pm 20$	0–65 000	–	WSOF6i 3×1,6×0,7 мм
BH1751FVI	2,4–3,6	I <sup>2</sup> C I/F	$\pm 20$	0–65 000	–	WSOF6i 3×1,6×0,7 мм
BH1780GLI	2,3–3	I <sup>2</sup> C I/F	$\pm 20$	0–65 000	–	WLG04IW02 2×2×0,8 мм

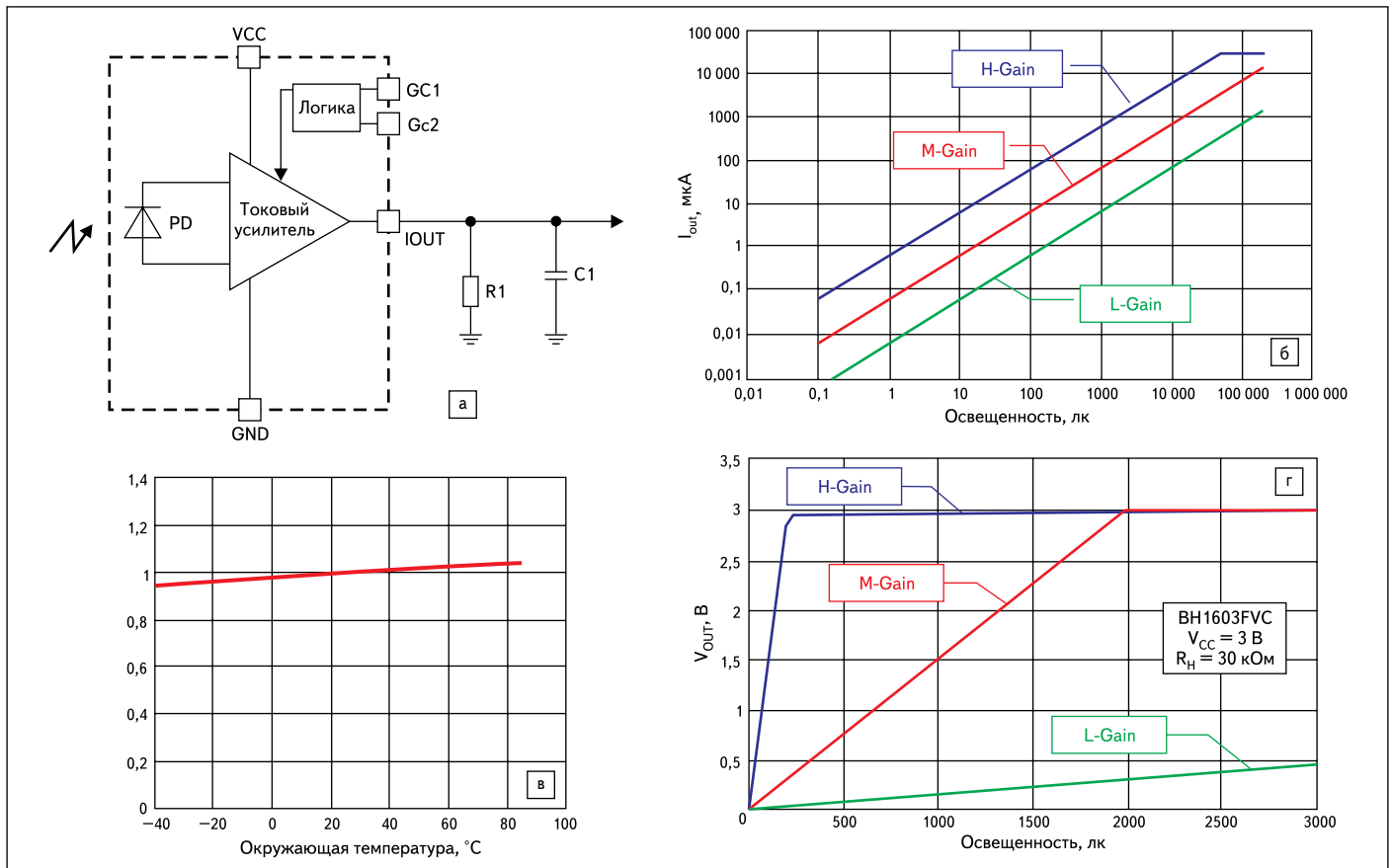


Рис. 3. Типичный аналоговый датчик окружающего света ROHM: а) функциональная схема BH1603FVC; б) зависимость выходного тока от освещенности; в) температурная зависимость выходного тока; г) зависимость выходного напряжения от освещенности

предположить, что в дальнейшем схемы обработки будут усложняться, а также возможно их монолитное или иное объединение в корпусе с другими типами датчиков и устройств.

Спецификации датчиков окружающего света также сравнительно просты для понимания и включают следующие основные электрические и фотометрические характеристики:

- степень интегральности, тип датчика/выхода (аналоговый, цифровой);
- максимальный диапазон/динамический диапазон освещенности, соответствующий применению (порядка 10 000–50 000 лк; яркий дневной свет может характеризоваться 130 000 лк);
- вариации чувствительности в зависимости от типа источника освещения;
- потребляемая мощность, наличие энергосберегающих функций;
- размеры корпуса.

Могут быть обнаружены в спецификациях и проанализированы данные о спектральном срабатывании (порядка 400–700 нм), его согласовании с кривой чувствительности человеческого глаза, минимальной ИК- и УФ-чувствительности, подавлении ИК (реже УФ) чувствительности, технологии изготовления, наличии линз, угле обзора, чувствительности к малой освещенности (порядка 5 лк), темновом токе, рабочей температуре. В за-

висимости от типа интерфейса должны быть приняты в расчет электрические параметры питания, выхода, фильтрации.

Сравнивая схемы обработки сигналов и электрические характеристики, как и в случае с любыми другими типами датчиков, в первую очередь важно обратить внимание на степень интегрирования компонентов, доступность готового типа выхода с минимальным числом дискретных компонентов, системную совместимость.

Цифровой I<sup>2</sup>C выход во многих случаях более предпочтителен, так как дает низкий шум, малое и постоянное потребление тока, допускает возможность прямого подключения к микроконтроллеру, сетевой работы нескольких датчиков на одной шине, контроль сенсорных характеристик.

Системная совместимость означает, например, что должен быть выбран не цифровой, а именно аналоговый выход, предназначенный для его последующего подключения к системному АЦП.

Выделяются следующие основные типы выходных интерфейсов датчиков окружающего света:

- аналоговый линейный ток;
- аналоговое линейное напряжение;
- нелинейный аналоговый ток;
- нелинейное аналоговое напряжение;
- цифровой интерфейс (I<sup>2</sup>C).

Каждый из этих типов выходов обладает рядом преимуществ и недостатков, причем недостатки не являются непреодолимыми, поэтому их можно отнести к особенностям применения.

Большинство датчиков окружающего света характеризуются выходом, представляющим собой аналоговый линейный ток. Для преобразования токового выхода, характеризующегося высоким импедансом, в аналоговое напряжение достаточно одного нагрузочного резистора во внешней схеме. Потребление тока и мощности в этом случае прямо пропорционально действующему свету. Для многих применений этот тип выхода вполне обоснован. Данный тип выхода допускает и высокий динамический диапазон (порядка 100 000 лк), и прецизионную настройку датчика, хотя в других случаях лучшие результаты могут быть достигнуты, например, с I<sup>2</sup>C, который обеспечивает пользовательский доступ к данным.

Аналоговое напряжение представляет собой выход с низким импедансом, не требующий нагрузочного резистора во внешней схеме.

Линейный аналоговый выход (ток или напряжение) является более быстродействующим, чем цифровой.

Существуют и такие альтернативные интерфейсы, как нелинейный ток или напряжение.

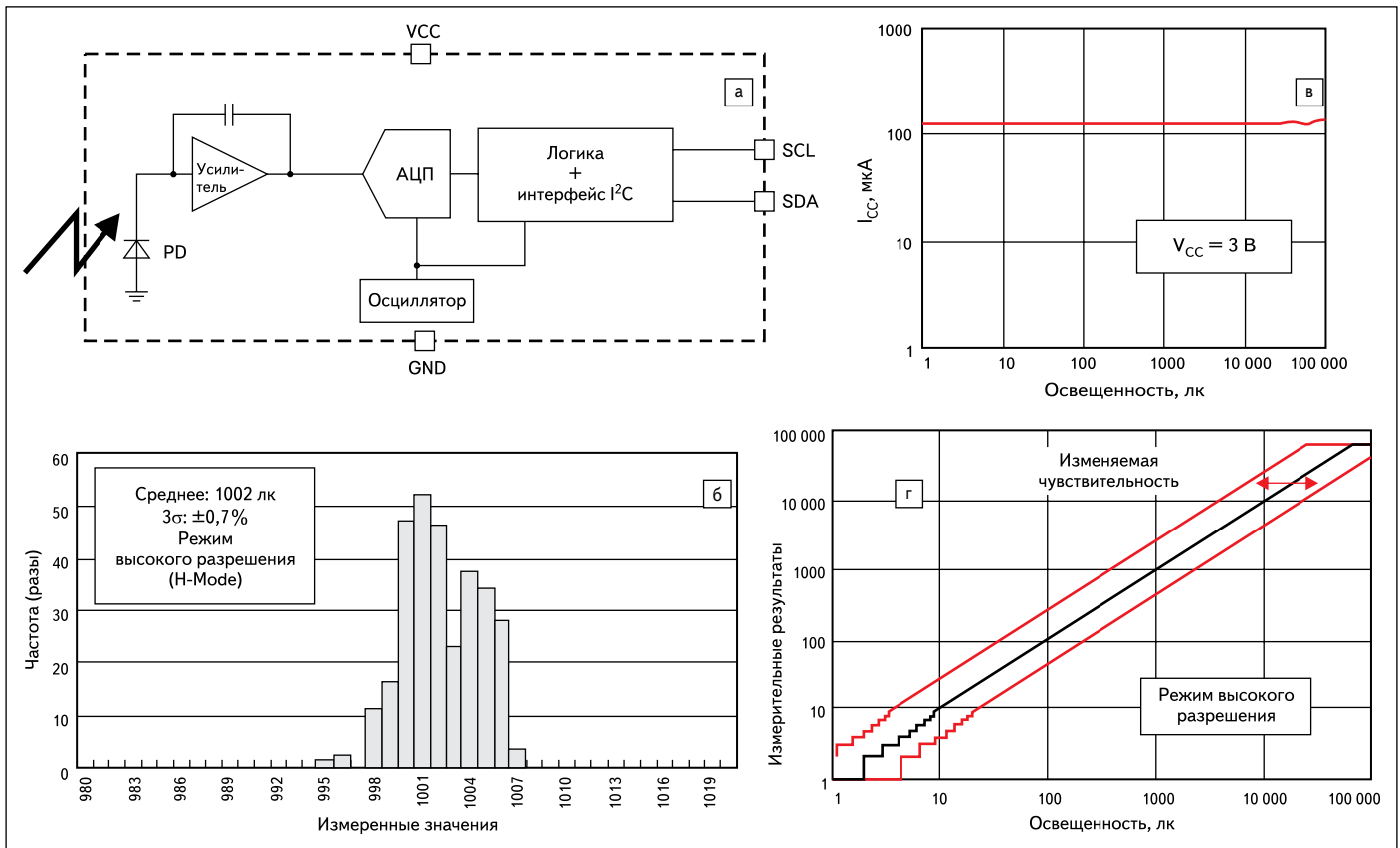


Рис. 4. Типичный цифровой датчик окружающего света ROHM:

а) функциональная схема типичного цифрового датчика окружающего света; б) гистограмма измерений света флюоресцентного источника; в) постоянство тока  $I_{CC}$  в зависимости от входной световой мощности; г) последовательные выходные данные в зависимости от входной световой мощности

Нелинейный аналоговый ток или напряжение могут быть рекомендованы в тех случаях, когда необходимо максимально приблизить спектральную характеристику датчика к характеристике человеческого глаза. Этот тип выхода допускает чувствительность к низкому свету и высокий динамический диапазон (порядка 100 000 лк и выше), но, естественно, для достижения высокой точности он будет требовать и внешнего малошумящего АЦП, и более сложных алгоритмов обработки сигнала (табличной или микроконтроллерной).

Цифровой выход обладает преимуществами прямого подключения к микроконтроллеру без АЦП, большей в сравнении с аналоговым выходом помехоустойчивости, допускает расширенную функциональность и более высокую интеллектуальность датчика, включая пользовательский доступ к данным для их настройки. Цифровой выход также допускает объединение нескольких датчиков в сенсорные сети (несколько датчиков на одной и той же шине I<sup>2</sup>C с выводами адресной селекции), характеризуется постоянным потреблением мощности, но ограничен во времени интегрирования, следовательно, менее быстродействующий. Динамический диапазон ниже, чем у аналоговых устройств (порядка 65 000 лк), но этого достаточно для большинства применений.

### Сравнение характеристик семейств аналоговых и цифровых датчиков ROHM Semiconductor VN16xx и VN17xx

Пример аналогового датчика окружающего света показан на рис. 3а.

Аналоговые устройства имеют следующие преимущественные признаки (рис. 3б–г, табл. 1):

- Широкий выходной диапазон (трех- или двухшаговые настройки чувствительности управляющего выхода дают возможность измерять от 0 до >100 000 лк).
- Малое энергопотребление (встроенная функция выключения допускает низкое энергопотребление).
- Линейность (выходной ток пропорционален интенсивности светового воздействия).
- Однородная чувствительность независимо от светового источника.
- Спектральная чувствительность, приближенная к человеческому глазу.
- Диапазон напряжения питания 2,4–5,5 В (3,6 В), что соответствует логическому входному интерфейсу на 1,8 В.
- Малые размеры корпусов WSOF6, WSOF5 (3×1,6×0,7 мм, 1,6×1,6×0,55 мм).

Для аналоговых датчиков ROHM поддерживаются 4 рабочих режима. Выбор режима про-

изводится посредством использования выводов GC1 и GC2. Три выходных усилительных режима позволяют регулировать выходной ток (потребление мощности) (рис. 3б).

Дополнительный режим Shutdown mode позволяет отключать выходной ток.

Низкая температурная зависимость тока допускает не более чем 5%-ную вариацию в рабочем температурном диапазоне –40...+85 °С (рис. 3в).

Аналоговые ИС с токовым выходом позволяют конфигурировать чувствительность/усиление посредством величины внешней нагрузки. Динамический диапазон в зависимости от чувствительности может регулироваться посредством нагрузочного резистора на выходе, отведенного к «земле» ( $R_1$  на рис. 3а). Выбор меньшего номинала сопротивления дает более широкий динамический диапазон, но при этом ухудшается чувствительность к низкому свету. С другой стороны, выбор более высокого сопротивления резистора дает увеличенную чувствительность к низкому свету, но при этом изменяется динамический диапазон.

В итоге выходное напряжение зависит и от рабочего режима, и от величины сопротивления нагрузки (рис. 3г).

Признаки цифровых датчиков ROHM (рис. 4):

- I<sup>2</sup>C интерфейс соответствует широкому диапазону интенсивности (быстрый режим

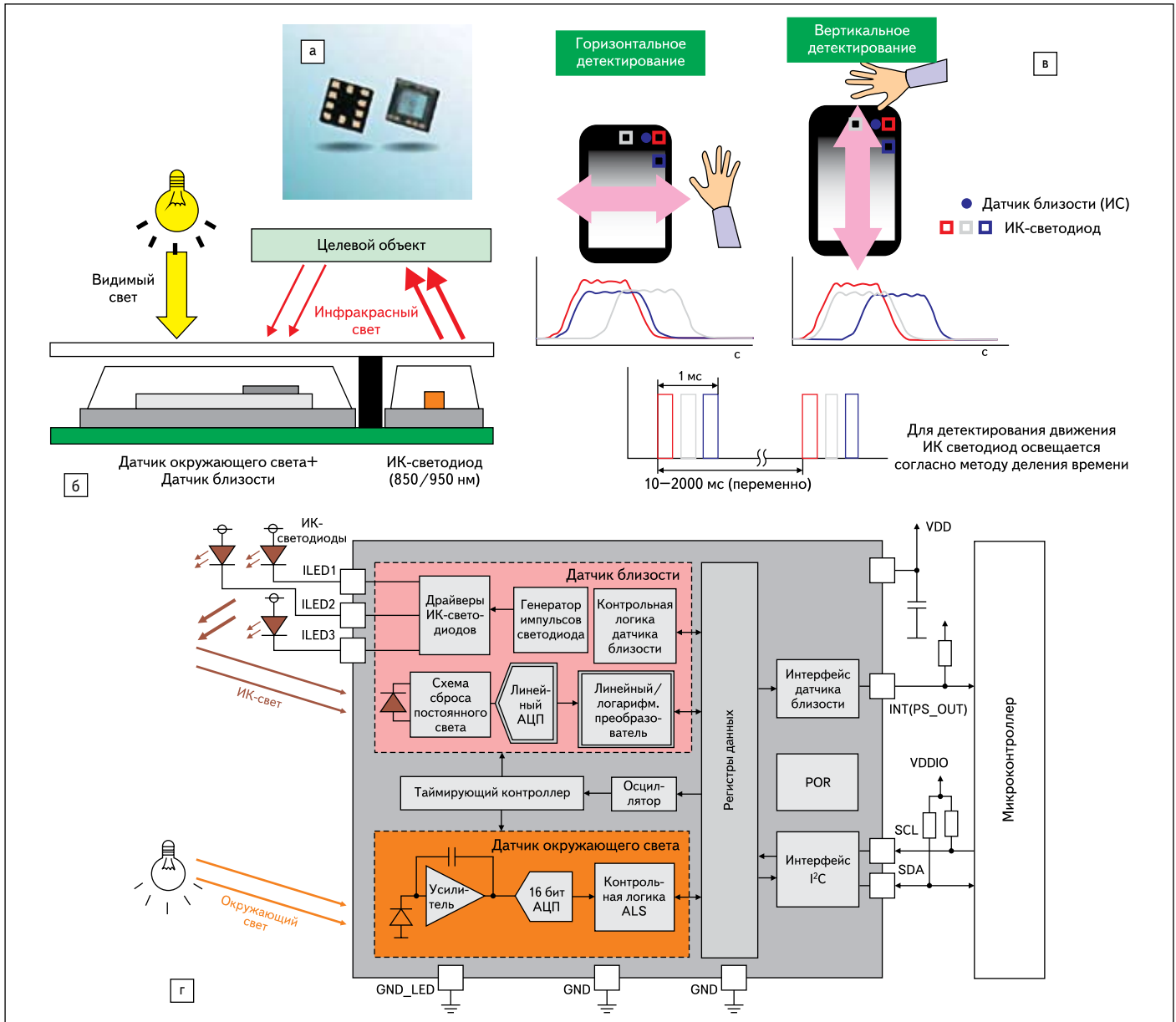


Рис. 5. BH1771GLC — первый датчик окружающего света с функциями датчика близости для обнаружения движения без касания: а) внешний вид; б) оптический механизм детектирования; в) метод обнаружения движения без касания; г) схема устройства и применения

Fast Mode соответствует максимум 400 кГц, возможно измерение освещенности в диапазоне 0–65 535 лк).

- Встроенная функция shutdown допускает малое потребление тока.
- Выходное значение пропорционально интенсивности (16-битный АЦП и прямой выход).
- Спектральная чувствительность приближена к человеческому глазу.
- Совместимый с I<sup>2</sup>C I/F-интерфейс с выходными напряжениями от 1,65 В до V<sub>CC</sub> (3,6 В максимум), что соответствует логическому входному интерфейсу на 1,8 В.
- Настройки регистров допускают контроль чувствительности.
- Шумовой фильтр (сбрасывающий шумы на 50–60 Гц) допускает стабильные измерения.

Цифровые ALS ROHM с последовательным выходным форматом интегрируют на одном кристалле фотодиоды, схемы ток — напряжение и АЦП, управляющую логическую и интерфейсную схемы. Выход совместим с I<sup>2</sup>C (рис. 4а).

Встроенный высокоточный 16-битный АЦП, допускающий измерения в широком диапазоне освещенности, скомбинирован с прямым выходом I<sup>2</sup>C, который не требует дополнительной обработки.

Три рабочих режима, которые поддерживаются, допускают регулировку разрешения, времени измерения и качества (добротности) фильтрации.

Флуоресцентный свет, который обычно мерцает ( $\pm 25\%$  интенсивности), синхронизируется с питанием. Без компенсации выход датчика варьируется также до 25%. Но функ-

ция сброса на 50–60 Гц позволяет достичь стабильности выхода порядка  $\pm 1\%$ .

Стабильное потребление мощности I<sup>2</sup>C не зависит от уровня освещенности.

Регулируемая чувствительность означает, что выходные значения соответствуют широкому диапазону интенсивности (0–65 535 лк, с шагом в 1 лк).

Датчики просты в использовании — без сложных алгоритмов, необходимых для преобразования цифрового выхода в люксы.

## Рекомендации по применению

Некоторые примеры применения датчиков окружающего света для контроля яркости LCD рекомендованы производителем.

В примере применения аналоговых датчиков на рис. 5а выходной ток пропорцио-

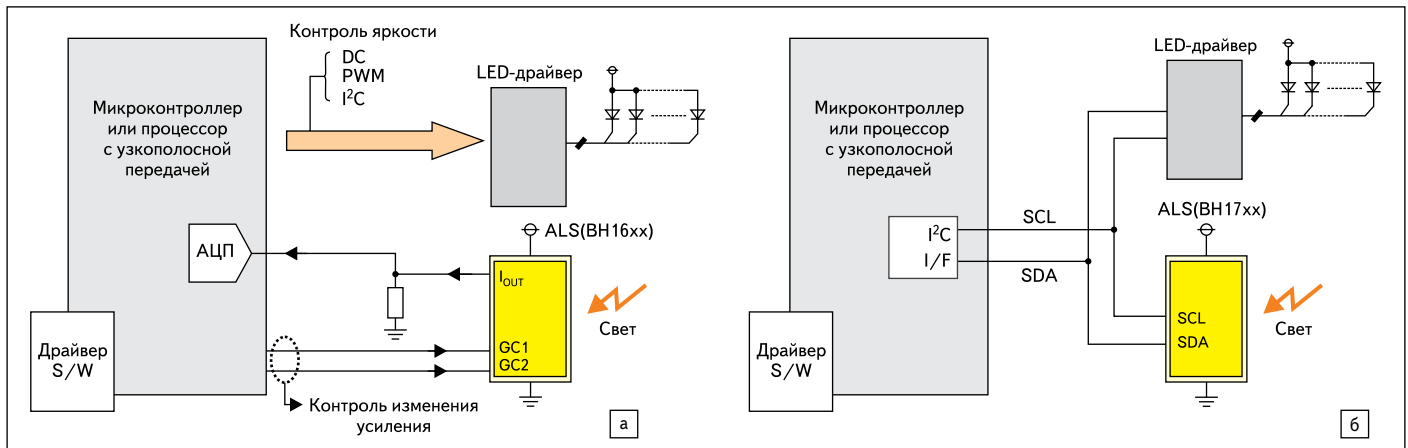


Рис. 6. Рекомендации по применению датчиков окружающего света ROHM: а) схема применения аналоговых датчиков; б) схема применения цифровых датчиков

нален яркости, который преобразуется в напряжение посредством внешнего сопротивления и подсоединяется с АЦП. В примере применения цифровых датчиков (рис. 4б) выходное цифровое значение (16 бит) пропорционально яркости. Выход подсоединен к шине I<sup>2</sup>C, причем очевидно, что дополнительные внешние компоненты не требуются.

## Новинки

Новый датчик окружающего света ROHM BH1780GLI (табл. 1, рис. 4а) характеризуется широким измерительным диапазоном, спектральной чувствительностью, близкой к кривой видности человеческого глаза, и совместимым с I<sup>2</sup>C-шиной высокоскоростным режимом HS (High speed) mode, что допускает более высокоскоростную коммуникацию с микропроцессором.

Кроме того, новый корпус WLGA04IW02 снабжается функцией предотвращения сбоев вследствие инфракрасного света; технологии тримминга использованы для ограничения вариаций чувствительности до  $\pm 20\%$ .

Ключевые признаки датчика BH1780GLI:

- Поддержка высокоскоростного (HS) режима шины I<sup>2</sup>C (максимум 3,4 Мбит/с).
- Спектральная характеристика чувствительности приближена к человеческому глазу.
- Уровень яркости выводится в цифровом формате (0–65 535 лк).
- Функция исключения оптических шумов на 50–60 Гц гарантирует стабильное изменение яркости.
- Вариации чувствительности  $\pm 20\%$ .
- Покрытый смолой корпус блокирует отрицательные эффекты воздействия УФ-излучения.

В 2009 году компания ROHM анонсировала разработку первого промышленного монолитного оптического датчика близости/освещенности, который поддерживает обнаружение движения без касания (touchless). Комбинированный датчик предназначается для устройств, включающих touch-панели (смартфоны, цифровые камеры). Оптический

Таблица 2. Основные технические характеристики датчика ROHM BH1771GLC

Датчик	Напряжение питания, В	Интерфейс	Измерительный диапазон датчика близости, мкВт/см <sup>2</sup>	Измерительный диапазон освещенности, лк	Рабочий температурный диапазон, °C	Корпус
BH1771GLC	2,3–3,1	I <sup>2</sup> C bus Fast/HS mode	1–100 000 Последовательно 8 бит	0–65 535 Последовательно 16 бит	–40...+85	WLGA010V28 2,8×2,8×0,9 мм

датчик близости интегрирован для включения и выключения ON/OFF touch-датчика и LCD при движении телефона к уху или от него, а датчик освещенности (окружающего света) служит для регулировки яркости экрана в зависимости от окружающих условий, оптимизации энергопотребления и продления срока службы батареи.

BH1771GLC (табл. 2, рис. 6) интегрирует на одном кристалле фотодиод для детектирования видимого света с фотодиодом для детектирования инфракрасного освещения. Детектирование близости производится в диапазоне от 1 до 10 см, детектирование яркости — в диапазоне от 0 до 65 000 лк.

Посредством использования двух или трех ИК-светодиодов и BH1771GLC может быть достаточно просто осуществлено детектирование движения руки без касания с диапазоном детектирования в 1–10 см выше дисплея.

Функция обнаружения движения без касания предполагает последовательное управление множественными светодиодами LED (3 максимум) и детектирование фазовой разницы отраженного от каждого LED света для определения направления движения отражающего объекта (например, человеческой руки). Это делает возможной работу дисплейной панели без прямого касания, то есть при движении объекта выше приблизительно на 5 см, допуская работу дисплейных устройств, не оборудованных touch-панелью.

Ключевые признаки устройства:

- Первый в промышленности однокристалльный интегральный оптический датчик, представляющий собой комбинацию датчиков близости и освещенности с функцией обнаружения движения без касания.

- Малые вариации чувствительности (менее чем  $\pm 15\%$ ).
- Встроенная функция выключения (shut-down), длительность измерения, пороговая чувствительность датчика близости (PS) может быть установлена посредством I<sup>2</sup>C-интерфейса.
- Интегрированные схемы токовых драйверов ИК-светодиодов (5–200 мА).
- PS: High/Low-выходы компаратора (PS\_OUT) и I<sup>2</sup>C-выходы.
- PS: интегрированные схемы отмены солнечного света.
- ALS: функция прерывания (либо прерывание ALS, либо PS\_OUT).

Применение датчика показано на рис. 6б–г. Размеры датчика — 2,8×2,8×0,9 мм.

ROHM также предлагает высокоэффективные инфракрасные светодиоды, оптимизированные для использования вместе с BH1771GLC. Например, SIM-030, который имеет высоту 0,9 мм и обладает выходной мощностью примерно 30 мВт. Эти светодиоды рекомендованы производителем для их включения в сенсорные конфигурации без касания, в том случае, когда требуются высокие рабочие характеристики.

## Поддержка разработок

Специалисты ROHM разработали поддерживающую систему для симуляции оптического окна (рис. 7), являющегося важным аспектом при встраивании датчиков окружающего света в клиентскую систему.

## О применениях датчиков окружающего света ROHM

Благодаря развитию технологий полупроводникового производства аналоговых

и цифровых датчиков окружающего света и их корпусирования, конечные пользователи имеют сейчас широкий выбор устройств различных производителей. Высокая интеграция, легкость в использовании, малый фут-принт, малое потребление мощности являются теми ключевыми факторами, которые увеличивают использование датчиков окружающего света во многих применениях: от клиентских до автомобильных и промышленных.

ALS ROHM рекомендованы производителем для контроля интенсивности задней подсветки LCD в широком диапазоне применений, для контроля интенсивности инфракрасного освещения в системах безопасности или веб-камер. Датчики ROHM также рекомендуются производителем, например, для уличного освещения, включения и выключения уличных огней и других источников освещения экстерьера и интерьера.

Датчики окружающего света с сенсорными способностями, подобными человеческому глазу, могут служить эффективным решением для достижения высокого качества изображения дисплеев.

В автомобильных применениях также необходима, например, оптимальная подсветка при всех условиях освещения. Но при включении датчика окружающего света в автомобильную систему важно учесть, что любой датчик ALS при постоянной повышенной температуре ( $>85^{\circ}\text{C}$ ) подвержен изменению оптических свойств корпуса (непрозрачности или пожелтению). Поэтому датчики окружающего света применяются в основном в пределах кабины.

Рабочая температура датчиков окружающего света ROHM — от  $-40$  до  $85^{\circ}\text{C}$ , что в значительной степени определяет круг возможных применений этих устройств. Подробнее об автомобильных и других применениях датчиков ALS можно прочитать, например, в источниках [2–5].

Рассматривая вопрос о применении датчиков ROHM в новой системе, важно тща-

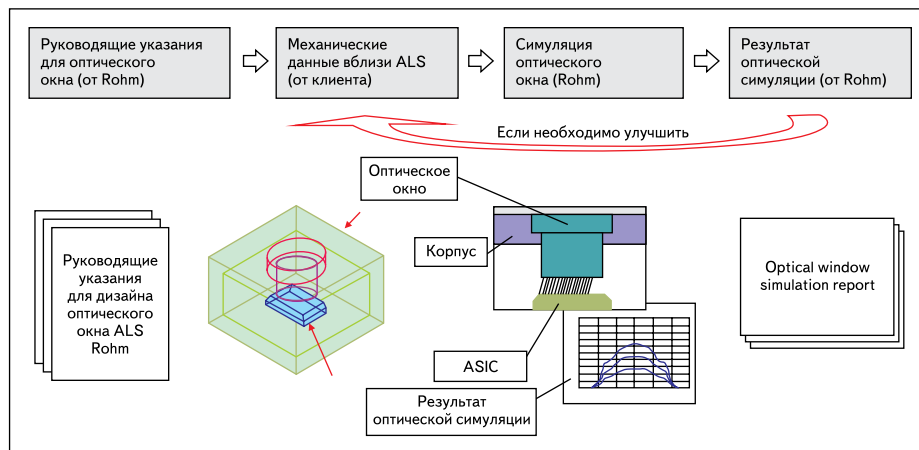


Рис. 7. Схема симуляции оптического окна в целях поддержки разработчиков

тельно проанализировать рабочие условия, требования к системе, к которым относятся динамический диапазон, точность, быстродействие, и сопоставить с ними спецификации датчиков.

Посредством включения, выключения или регулировки настроек датчиков окружающего света ROHM можно повысить качество визуальной информации, сберечь мощность в различных применениях, что осуществляется автоматически.

### Заключение

Низкая цена, эффективность и достаточно высокий уровень технологий датчиков окружающего света ROHM дают возможность разработчикам повышать эргономику, качество визуального восприятия информации посредством дисплеев, автоматизировать контроль доступных функций в зависимости от окружающих условий.

Датчики окружающего света выпускаются многими компаниями. Но большинство компаний отдали предпочтение фоточувствительной продукции ROHM Semiconductors. Это объясняется тем, что достижения в техно-

логиях производства и методах корпусирования позволяют достигать высоких системных характеристик. Датчики характеризуются низкой ценой, а их применение — простой, так как они представляют собой полностью интегральные решения.

### Литература

- [http://www.rohm.com/products/lsi/sensor/ambient\\_light\\_sensor/](http://www.rohm.com/products/lsi/sensor/ambient_light_sensor/)
- Сысоева С. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности. Часть 3. Элементная база датчиков света и цвета // Компоненты и технологии. 2006. № 10.
- Steciw O. Intersil. Lighting epiphany: Light sensors advance automotive applications. Part 1. Basics and vital characteristics. <http://www.automotivedesignline.com/howto/202601571>
- Steciw O. Intersil. Lighting epiphany: Light sensors advance automotive applications. Part 2. Choosing sensors and their applications. <http://www.automotivedesignline.com/howto/202602162>
- Optical design of ambient light sensor. Руководство по применению AN-32 — <http://www.microsemi.com/micnotes/1404.pdf>