

Вячеслав Гавриков (г. Смоленск)

ДЛЯ 3D-СИСТЕМ: ДАТЧИК СВЕТА И ПРИБЛИЖЕНИЯ VL6180



Новые измерительные модули VL6180X, производимые компанией STMicroelectronics по технологии ST FlightSense™ – это настоящий прорыв в области систем бесконтактного управления. Эти модули имеют на борту датчики освещения и приближения и позволяют строить полноценные 3D-системы управления и позиционирования.



ИК-системы обнаружения движения и бесконтактного управления широко распространены благодаря надежности и простоте реализации. Автоматические краны и двери, игровые манипуляторы, НМИ-интерфейсы – вот лишь часть их приложений.

Однако общепринятые ИК-системы используют технологию измерения интенсивности отраженного света и не дают достаточной точности при определении расстояний до объектов, особенно в ближнем диапазоне. Новая технология ST FlightSense™ разработки STMicroelectronics использует принцип измерения времени распространения света и дает гораздо более высокую точность.

Модулям VL6180X доступен целый ряд преимуществ:

- интеграция в одном модуле излучателя, датчиков приближения и освещенности;
- законченность измерительной системы, не требующей дополнительных оптических элементов;
- диапазон измеряемых расстояний – 0...100 мм (и более);
- независимость от коэффициента отражения детектируемого объекта и внешней освещенности;
- измерение освещенности – 0,08...100000 лк;
- возможность глубокой калибровки;
- гибкая система потребления.

Технологии датчиков расстояния

ИК-датчики широко распространены в системах распознавания движений и в измерителях расстояния. Общепринятой является технология, в которой используется измерение интенсивности отраженного света.

В таком датчике присутствует излучатель (обычно лазерный диод) и фотоприемник (рисунок 1а). Излучатель формирует световые импульсы, которые, отражаясь от объектов, фиксируются фотоприемником. По амплитуде выходного сигнала приемника можно судить о наличии объекта и его движении. Одна-

ко определение расстояния очень часто оказывается затруднительным.

В процессе прохождения света от излучателя к приемнику часть света неизбежно теряется из-за поглощения и рассеивания. Если перед описанным выше датчиком располагать предметы с различной отражающей способностью ($K_1 > K_2 > K_3$), поток отраженного света будет отличаться. В итоге одна и та же амплитуда выходного сигнала будет соответствовать разным расстояниям $P_1 > P_2 > P_3$ (рисунок 1б).

Новая технология ST FlightSense™ использует другой принцип измерения. Рас-

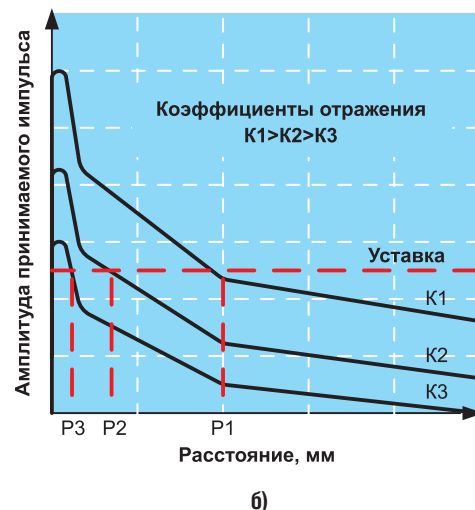
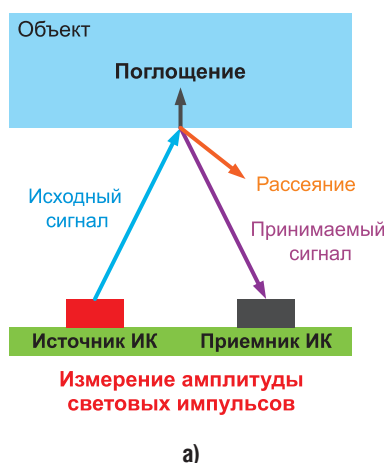


Рис. 1. Стандартная технология определения движения

Таблица 1. Преимущества ST FlightSense™ перед общепринятой ИК-технологией

Характеристика	Стандартная техника ИК-детекции	ST FlightSense™
Контроль амплитуды сигналов	Есть	Есть
Измерение времени пролета	Нет	Есть
Точность измерения расстояния	Нет	Единицы см
Различаемые движения	Детекция движения	Детекция движения, любые линейные перемещения, приближение/удаление

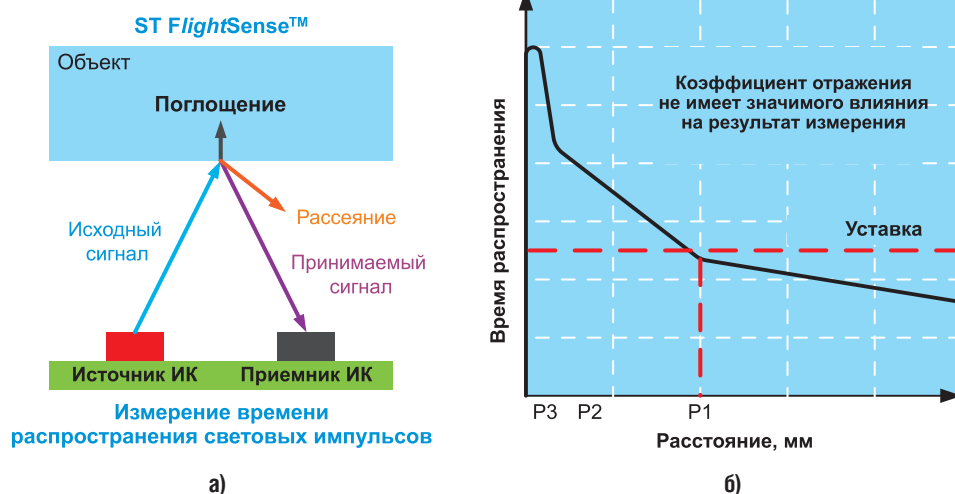


Рис. 2. Особенности технологии ST FlightSense™

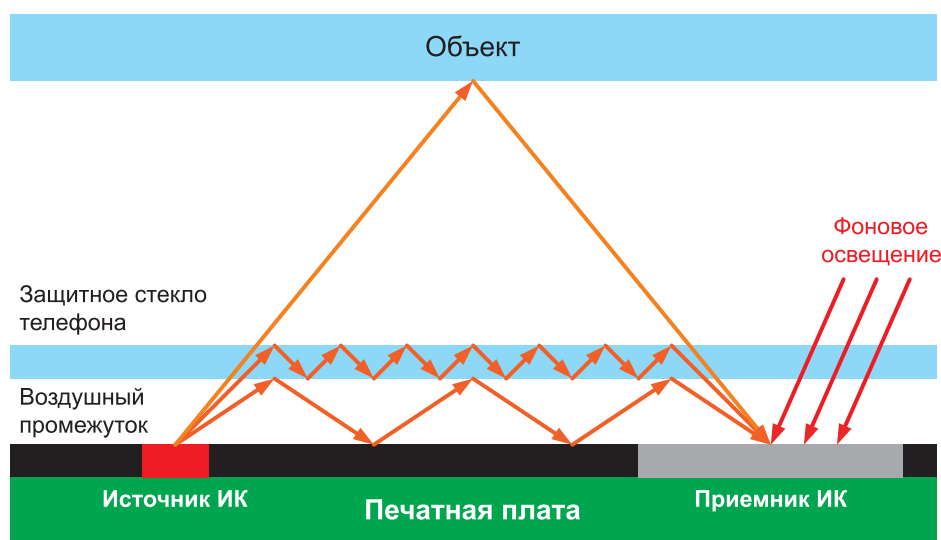


Рис. 3. Проблемы детектирования ИК-излучения на примере сотового телефона

стояние до объекта определяется по времени распространения светового потока от передатчика к приемнику (рисунок 2а). Чем ближе объект, тем меньше времени требуется свету, чтобы преодолеть расстояние. При этом его амплитуда не играет решающей роли.

В результате датчики, созданные по технологии ST FlightSense, способны не только определять наличие или отсутствие объекта, но и измерять расстояние до него, вне зависимости от световых по-

терь на поглощение и рассеивание. Это приводит к тому, что перечень детектируемых движений существенно расширяется (таблица 1).

Однако стоит отметить, что обе представленные технологии детектирования требуют решения целого комплекса задач (рисунок 3), таких как:

- компенсация перекрестных оптических помех;
- компенсация фоновое освещение;

- формирование узкополосного спектра излучателя и приемника;
- формирование жестко детерминированных ИК-пучков.

Все эти проблемы были решены при создании нового датчика освещения и приближения VL6180X производства STMicroelectronics.

Датчик освещения и приближения VL6180X

VL6180X — уникальный датчик освещения и приближения, использующий технологию FlightSense и реализованный в миниатюрном корпусе LGA12 размерами 4,8x2,8x1,0 мм (рисунок 4).

Несмотря на малые габариты, VL6180X представляет собой законченную систему, включающую датчик приближения (Proximity sensor), датчик освещенности (Ambient Light Sensor), излучатель (VCSEL light source), ОЗУ и ПЗУ, микроконтроллер (рисунок 5). VL6180X предназначен для монтажа на печатную плату и не требует никаких дополнительных оптических элементов. Результаты измерений доступны по I²C-интерфейсу.

VL6180X способен определять расстояние до объектов в диапазоне 0...100 мм с миллиметровой точностью вне зависимости от характеристик объекта, а также измерять освещенность в широком динамическом диапазоне (таблица 2).

Среди ключевых преимуществ сенсора следует отметить:

- законченную и продуманную электронно-оптическую систему для точных измерений расстояния;
- измерение освещенности с широким динамическим диапазоном;
- работу в различных режимах преобразования и потребления (важно для мобильных устройств);
- возможность построения сложных 1D/2D/3D-систем управления.

Особенности измерения расстояния с помощью VL6180X

VL6180X использует технологию определения расстояния FlightSense, при которой измеряется время пролета световых импульсов от передатчика к

Таблица 2. Характеристики VL6180X

Характеристика	VL6180X
Корпус	LGA12 4,8x2,8x1,0 мм
Измеряемое расстояние, мм	0...100 (16 бит)
Рабочая длина волны, нм	850
Динамический диапазон измерения освещенности, лк	0,08...100 000 (16 бит, 8 настроек усиления)
Диапазон питающих напряжений, В	2,6...3,0
Интерфейс, кГц	I ² C, 400
Рабочий диапазон температур, °C	-20...70

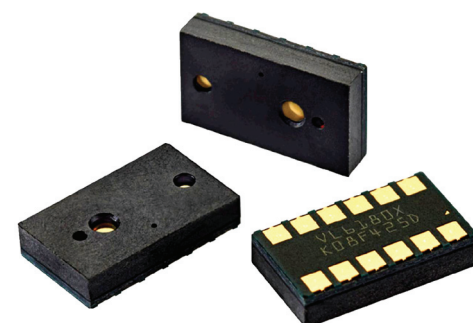


Рис. 4. Внешний вид VL6180X

Таблица 3. Источники погрешностей измерений VL6180X

Характеристика	Максимальное значение вносимой погрешности, мм	Метод борьбы
Шум	2	Использование данных об уровне освещенности
Начальное смещение	13	Программная калибровка смещения
Температурный дрейф	15	Калибровка смещения VH V
Влияние дрейфа напряжения питания	5	Калибровка смещения VH V
Перекрестные оптические помехи	Зависит от системы	Компенсация перекрестных помех

приемнику. Рассмотрим основные особенности измерительной системы данного сенсора.

Высокостабильный излучатель (*Single Photon Avalanche Diode*). В качестве излучателя в VL6180X используется стабильный лазерный диод с длиной волны 850 нм. Выбор длины волны сделан с учетом минимизации влияния фонового излучения (рисунок 6).

ИК-излучатель создает мощные одиночные световые импульсы. С одной стороны, это позволяет определять время пролета с высокой точностью, а с другой – увеличивает максимальное измеряемое расстояние. Например, фотоприемник способен фиксировать световые импульсы даже на расстояниях более 100 мм при коэффициенте отражения объекта всего 3%.

Вместе с тем стоит отметить, что мощность лазера и его оптические элементы позволяют ему соответствовать уровню безопасности класса 1 по стандарту МЭК 60825-1:2007. Это, в том числе, значит, что разработчикам не рекомендуется использовать дополнительные оптические элементы для фокусирования лазерного луча.

Фотоприемник. Спектр фотоприемника достаточно узок и согласован со спектром излучателя для минимизации влияния фонового излучения.

На точность измерения расстояния влияют несколько факторов: собственные погрешности VL6180X (таблица 3), оптические перекрестные помехи (*Optical crosstalk*) и внешний шум фонового освещения (*Ambient illumination*). Для их минимизации применяется несколько основных механизмов: калибровка смещения лазерного диода, программная калибровка, компенсация перекрестных помех.

Ручная или автоматическая калибровка смещения лазерного диода (*Manual/autoVHV calibration*). Смысл калибровки заключается в изменении напряжения смещения лазерного диода (*Very High Voltage, VHV*). Его начальное значение составляет 14 В, но может быть подстроено вручную либо автоматически. Длительность подстройки занимает всего 200 мкс и не мешает выполнению основных измерений. Периодичность автоматической подстройки также может быть задана вручную.



Рис. 5. Архитектура датчика VL6180X

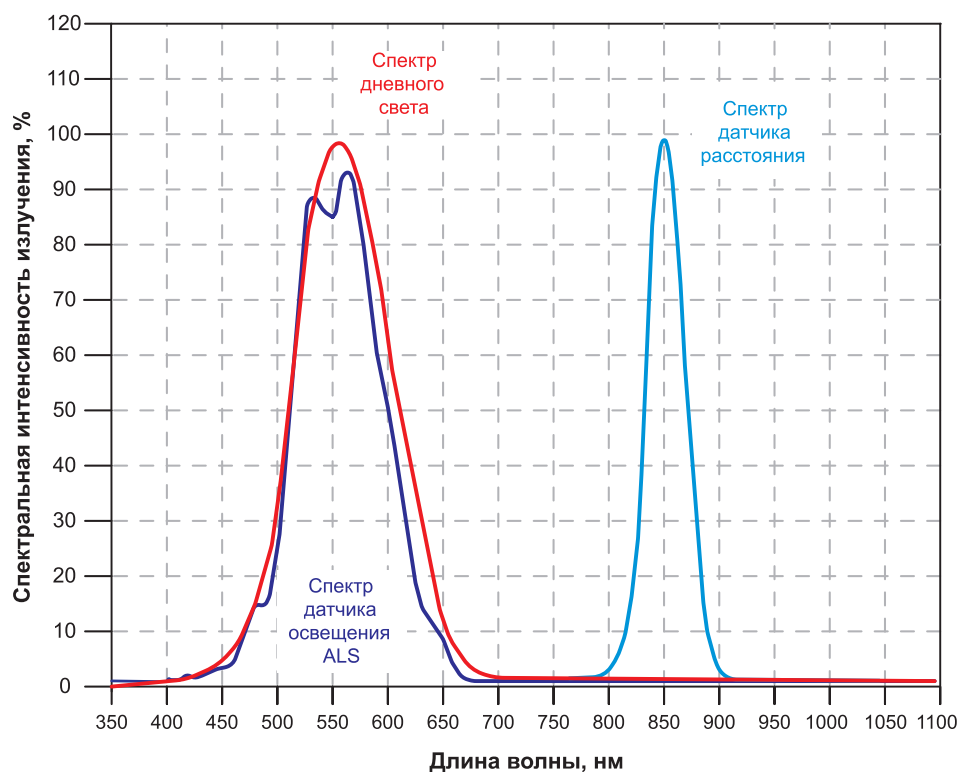


Рис. 6. Спектры оптических элементов VL6180X

Калибровка позволяет устранить негативное воздействие температуры и дрейфа напряжения питания на характеристики лазерного диода.

Программная калибровка заключается в записи смещений в калибровочные регистры. Эти значения будут автоматически вычитаться из результатов измерений. С помощью этого метода удастся устранить начальное смещение.

Компенсация перекрестных помех. Как было сказано выше, в любой оптической системе существуют дополнительные проблемы устранения перекрестных оптических помех (рисунок 3). В реальных системах (например, телефонах) возникают дополнительные отражения от поверхности границ сред. Эти помехи фиксируются приемником и влияют на точность измерения.

Таблица 4. Измерительная способность VL6180X

Отражательная способность	Диапазон измеряемых расстояний, мм		
	В темноте	Внешнее освещение (галогеновая лампа 1 клк с рассеиванием)	Внешнее освещение (галогеновая лампа 5 клк с рассеиванием)
0,03	>100	>80	>40
0,05	>100	>90	>45
0,17	>100	>100	>60
0,88	>100	>100	>70

Таблица 5. Средние значения потребления VL6180X в различных режимах

Режим	Ток, мкА	Состояние
Hardware standby	<1	Shutdown, I ² C неактивен
Software standby	<1	После загрузки MCU
Измерение освещенности ALS	300	В процессе измерения
Измерение расстояния	1700	Среднее потребление в процессе измерений

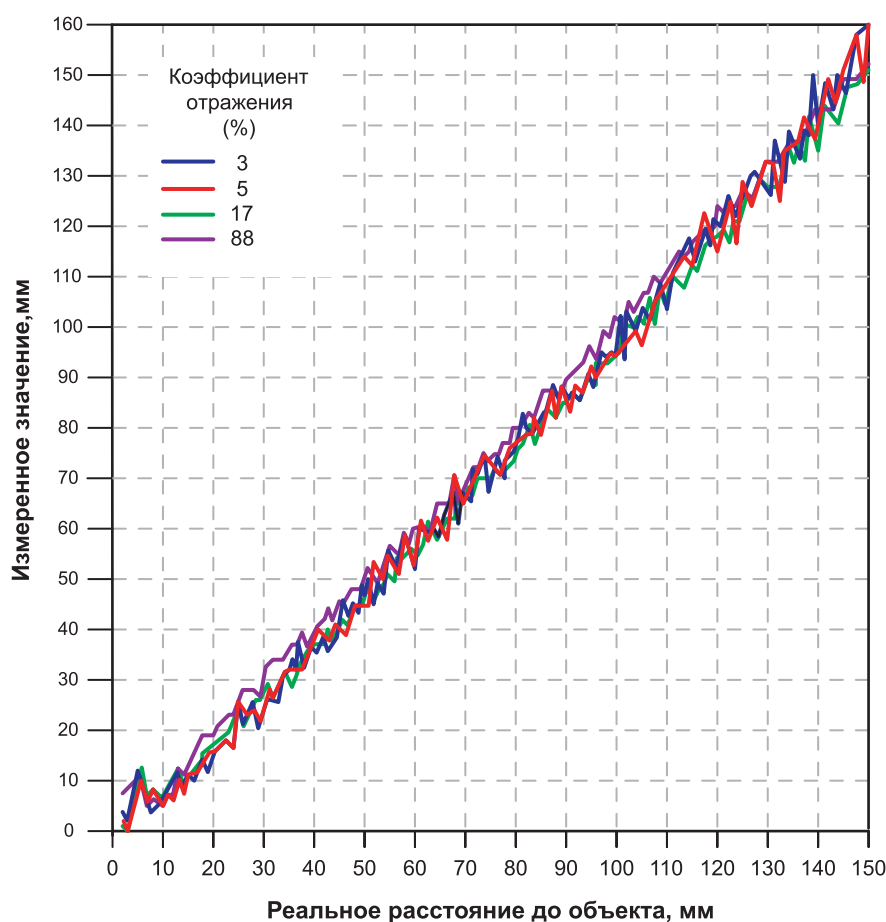


Рис. 7. Типовые результаты измерений с помощью VL6180X

В VL6180X существует механизм компенсации этих помех. Его суть заключается в отсекании слишком «быстрых» возвратившихся импульсов. Возможность тонкой подстройки является крайне удобной функцией, так как уровень отсечки будет отличаться от системы к системе.

Предложенные механизмы позволяют свести погрешности к минимуму (рисунок 7). Даже в случае наличия мощных источников помех точность измерений остается высокой (таблица 4).

Измерение освещенности с помощью VL6180X

VL6180X имеет встроенный датчик освещенности (*Ambient Light Sensor, ALS*). Его спектр в общих чертах соответствует спектру дневного освещения (рисунок 6). Угол обзора ALS составляет 42°.

Датчик снабжен усилителем с программируемым коэффициентом усиления 1; 1,25; 1,67; 2,5; 5; 10; 20; 40.

При выполнении измерений время интегрирования составляет 50...100 мс

и может быть настроено программным способом.

Диапазон измеряемой освещенности зависит от наличия или отсутствия дополнительного защитного стекла. Так, например, при отсутствии стекла диапазон составляет от 0,08 лк (при коэффициенте усиления 40) до 20800 лк (при коэффициенте усиления 1). При наличии стекла с коэффициентом прозрачности 10% диапазон достигает 0,8...100000 лк.

Особенности режимов измерения и потребления VL6180X

VL6180X предназначен для работы в различных системах управления, в том числе — и в составе портативной электроники. По этой причине низкое потребление может оказаться достаточно важным требованием.

VL6180X имеет значительное импульсное потребление в процессе проведения измерений, но среднее значение токов оказывается достаточно низким (рисунок 8). Вполне логично, что величина тока зависит от типов объектов и расстояния до них.

Дополнительного снижения потребления VL6180X можно достичь двумя способами: использовать ограничения на максимальное расстояние и/или использовать режимы пониженного потребления. Кроме того, суммарное потребление системы может быть уменьшено за счет работы по прерыванию.

Ограничение измеряемых расстояний (режим *Early convergence estimate, ECE*). С ростом расстояния до объекта средний ток потребления растет. VL6180X позволяет ограничить максимальное измеряемое расстояние для снижения потребления. Если в процессе выполнения измерения отраженный сигнал не вернулся в заранее заданный интервал времени — эмиссия импульсов может быть остановлена.

Режимы пониженного потребления. VL6180X имеет четыре основных режима пониженного потребления (таблица 5), в каждом из которых значения токов значительно отличаются. При отсутствии необходимости измерений датчик выключается и потребляет менее 1 мкА.

Кроме того, имеется семь режимов измерений:

- одиночные измерения расстояния (*Range single-shot*);

- одиночные измерения освещенности (*ALS single-shot*);
- непрерывные измерения расстояния (*Range continuous*);
- непрерывные измерения освещенности (*ALS continuous*);
- непрерывные измерения расстояния и одиночные измерения освещенности (*Range continuous and ALS single-shot*);
- одиночные измерения расстояния и непрерывные измерения освещенности (*Range single-shot and ALS continuous*);
- непрерывные измерения расстояния и освещенности (*Range Continuous and ALS Continuous*).

Выбор режима проведения измерений достаточно сильно влияет на потребление. При непрерывных измерениях оно максимально.

Работа с микроконтроллером по прерыванию. VL6180X способен генерировать сигналы прерываний для внешнего микроконтроллера. При этом большую часть времени вся система, за исключением VL6180X, находится в спящем режиме.

Существует четыре типа прерывания при измерении как освещенности, так и расстояния:

- прерывание по окончании текущего преобразования;
- прерывание при снижении результата измерения ниже установленного значения;
- прерывание при превышении результатом измерения верхнего установленного значения;
- прерывание при выпадении результата измерения из заданного окна.

Однако, портативная электроника — не единственная область применения VL6180X.

Измерительные системы на базе VL6180X и области их применения

VL6180X представляет собой законченную измерительную систему, которая не требует дополнительных оптических элементов, имеет отличные метрологические характеристики, компактные размеры и гибкую систему потребления. Все это делает возможным применение данного датчика в широком спектре таких приложений как:

- мобильная и портативная электроника (смартфоны, планшеты и так далее);
- бесконтактные системы НМИ для бытовой и промышленной электроники;
- охранные системы и системы видеонаблюдения;
- датчики уровня жидкостей;
- аварийные концевые датчики;
- системы электронного зрения;
- автоматические системы контроля уровня освещенности;
- игровые манипуляторы и так далее.

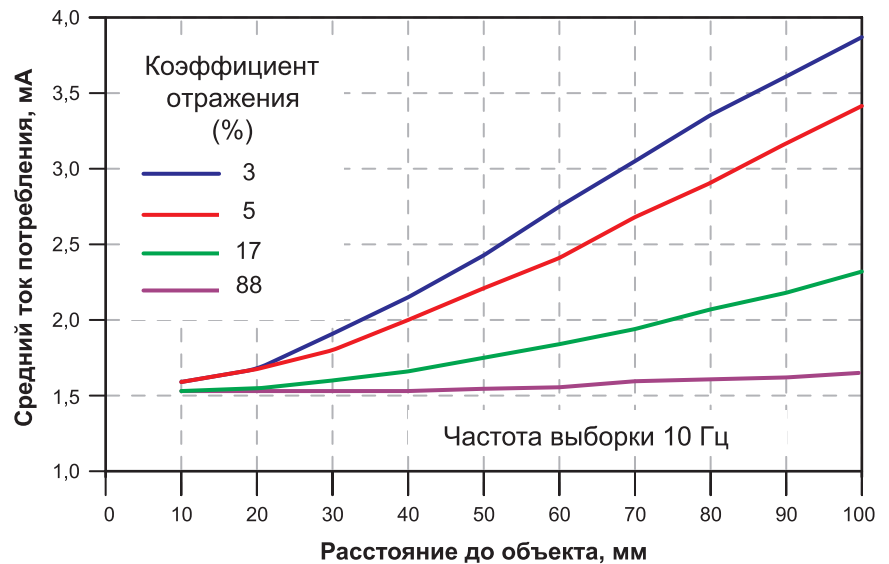


Рис. 8. Влияние расстояния и коэффициента отражения на потребление VL6180X

Виды распознаваемых движений

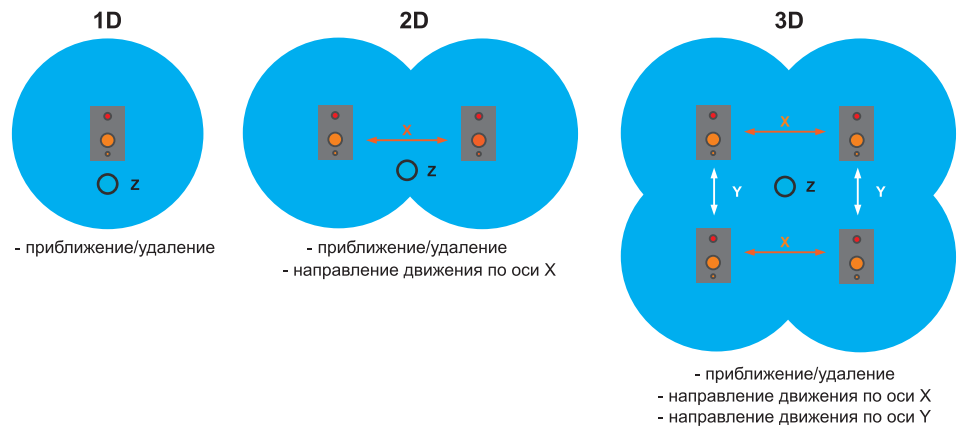


Рис. 9. Построение систем датчиков VL6180X

Особенно интересны перспективы создания каскадов датчиков. Несколько VL6180X могут объединяться по шине I²C для создания 2D/3D-систем распознавания движения (рисунок 9).

Если одиночный датчик способен распознавать наличие движения и приближения, то два датчика позволяют определить еще и направление движения вдоль одной из осей. Наличие трех и более датчиков создают полноценную 3D-систему зрения с контролем положения по всем трем осям.

Готовые аппаратные и программные решения на базе VL6180X

Компания STMicroelectronics предлагает ознакомительный набор EVAL-VL6180X и наборы разработчиков VL6180X-SATEL и X-NUCLEO-6180XA1.

Для ознакомления с метрологическими способностями VL6180X STMicroelectronics предлагает использовать отладочный набор EVAL-VL6180X (рисунок 10).

EVAL-VL6180X — законченная измерительная система на базе VL6180X. Данный прибор питается непосредственно от USB-порта.

Для работы с EVAL-VL6180X используется бесплатное программное обеспечение STSW-VL6180X. Данное ПО включает графический интерфейс пользователя, который позволяет настраивать VL6180X и отображать результаты его измерений.



Рис. 10. Внешний вид EVAL-VL6180X

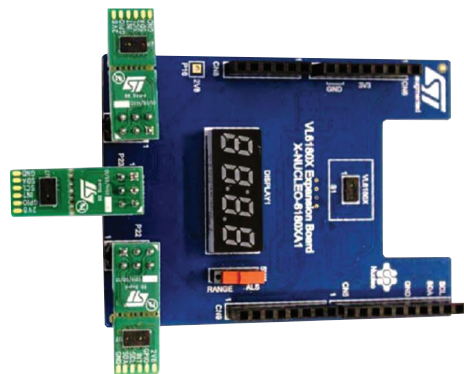


Рис. 11. Внешний вид X-NUCLEO-6180XA1 и набора VL6180X-SATEL

В комплекте с EVAL-VL6180X идет набор калибровочных стоек (40 и 45 мм) и карбоновый экран.

VL6180X-SATEL представляет собой набор модулей в виде печатных плат с установленными датчиками VL6180X. Данные платы имеют встроенный регулятор напряжения и могут использоваться с питающими напряжениями 3,3...10 В.

Модули могут применяться отдельно либо объединяться по I²C для создания 3D-систем.

Наиболее просто такую систему можно создать на базе набора X-NUCLEO-6180XA1.

Основа набора X-NUCLEO-6180XA1 — плата расширения, которая используется для подключения до

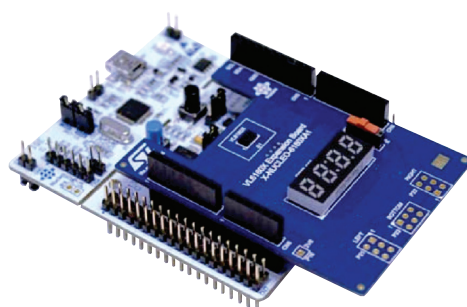


Рис. 12. Внешний вид P-NUCLEO-6180X2 и X-NUCLEO-6180XA1

трех модулей VL6180X-SATEL (рисунок 11).

X-NUCLEO-6180XA1 используется для установки на одну из плат семейства **NUCLEO** производства компании STMicroelectronics. Например, P-NUCLEO-6180X1 с контроллером **STM32F401RE Cortex®-M4** или P-NUCLEO-6180X2 с контроллером **STM32L053R8 Cortex®-M0+** (рисунок 12). Данные наборы позволяют создавать еще более сложные приложения с минимальными потерями времени за счет наличия готовых решений.

Заключение

VL6180X — уникальное интегральное решение, включающее датчики при-

ближения и освещенности, излучатель и микропроцессорное ядро.

Множественные технические ноу-хау позволяют проводить измерения расстояний до объектов с точностью до единиц миллиметров, вне зависимости от их коэффициентов отражения.

VL6180X отличается гибкой системой потребления и возможностью работы в различных режимах.

Достоинства нового датчика позволяют совершить прорыв в области построения бесконтактных систем управления как в бытовой и портативной электронике, так и в промышленных системах.

Литература

1. VL6180X. Proximity and ambient light sensing (ALS) module. Rev.6 — ST Microelectronics, 2014.

2. Презентация. Optical Sensing: 1D to 3D using Time-of-Flight Technology. Shaping the Future of MEMS & Sensors, September 10, 2013.

3. <http://st.com>

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: sensors.vesti@compel.ru



Измеряем главные параметры окружающей среды с помощью МЭМС



HTS221 датчик температуры и влажности

- Диапазон измерения: 0...100%
- Точность измерения влажности: $\pm 4,5\%$ RH
- Точность измерения температуры: $\pm 0,5^\circ\text{C}$
- Частота считывания (ODR): 1...12,5 Гц
- Низкое потребление: 2 мкА на 1 Гц ODR
- Интерфейсы: SPI и I²C
- Напряжение питания: 1,7...3,6 В
- Корпус: HLGA-6L (2 x 2 x 0,9 мм)



LPS25 датчик давления

- Шкала: 260...1260 мБар (абсолютное значение)
- Точность: 0,010 мБар RMS
- Потребление: от 4 мкА
- Встроенная температурная компенсация
- Частота считывания (ODR): 1...25 Гц
- Поддержка SPI, I²C, наличие FIFO-буфера
- Напряжение питания: 1,7...3,6 В
- Корпус: HCLGA-10L (2,5 x 2,5 мм)

Поддержка разработчиков:
E-mail: st@compel.ru
www.compel.ru/projects-support

Компэл
www.compel.ru