

Лабораторная работа N 10

Дискретные порты ввода-вывода и светодиоды

Оглавление

Дискретные порты ввода-вывода.....	2
Однонаправленные порты	2
Порты ввода	2
Порты вывода.....	3
Двунаправленные порты и порты с альтернативной функцией	6
Квазидвунаправленный порт.....	6
Переключаемый двунаправленный порт с комплементарным выходным каскадом	7
Настройка портов ввода-вывода микроконтроллера LPC2292.....	8
Светодиоды	10
Литература	12

Дискретные порты ввода-вывода

Дискретные (цифровые) порты используются для ввода-вывода дискретных значений логического «0» или «1».

В большинстве современных процессоров для встраиваемых применений поддерживается как независимое управление каждой линией параллельного порта, так и групповое управление всеми разрядами. Так как схемотехника отдельных линий в рамках одного 4-х, 8-ми или 16-разрядного порта одинакова, то дальше будет рассматриваться устройство и функционирование одиночного разряда.

Однонаправленные порты

Порты ввода

Схема однонаправленного порта ввода представлена на рисунке 1.

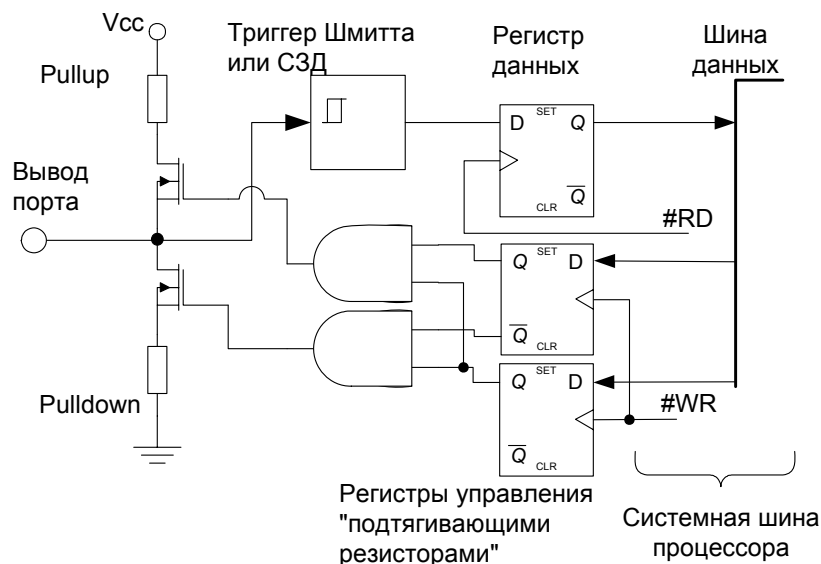


Рисунок 1. Однонаправленный порт ввода

Внешние данные считываются через вывод порта (ножку микросхемы), проходят через триггер Шмитта (ТШ) или схему защиты от дребезга (СЗД) и по внутреннему сигналу чтения фиксируются в регистре данных, с выхода которого, в свою очередь, данные считываются процессором.

ТШ (используется в большинстве процессоров для встроенного применения) имеет гистерезис по уровню входного напряжения и предотвращает многократное переключение входных схем при пологом фронте сигнала или помехах.

СЗД (например, в семействе Zilog Z8) вводит инерционность переключения и отсекает реакцию на короткие по длительности импульсы. Используется для защиты от помех.

К входу также могут подключаться так называемые «резисторы поддержки» логической «1» (Pullup) или логического «0» (Pulldown). Эти резисторы предназначены для перевода входов в устойчивое состояние «0» или «1» и предотвращения произвольных переключений от помех в моменты, когда на них (входы) не подается внешний сигнал, например, неиспользуемых и неподключенных к внешним схемам входов («открытых входов»). Через специальные управляющие регистры «схемы поддержки» могут быть отключены полностью или включены в режим Pullup или Pulldown.

Все перечисленные блоки – триггер Шмита, СЗД и «схемы поддержки» используются для защиты от случайных переключений в результате помех и помогают снизить энергопотребление, которое резко возрастает в момент переключений входных схем.

Порты вывода

Порты вывода бывают:

- с двухтактной выходной схемой (комплементарные);
- с однотактной выходной схемой и внутренней нагрузкой;
- с открытым выходом (открытым коллектором или стоком).

Порты вывода с двухтактной выходной схемой (см. рис. 2) являются самыми распространенными и реализованы, например, в семействах Atmel AVR, Microchip PICmicro, AMD AM186, Motorola HC08, HC11 и многих других.

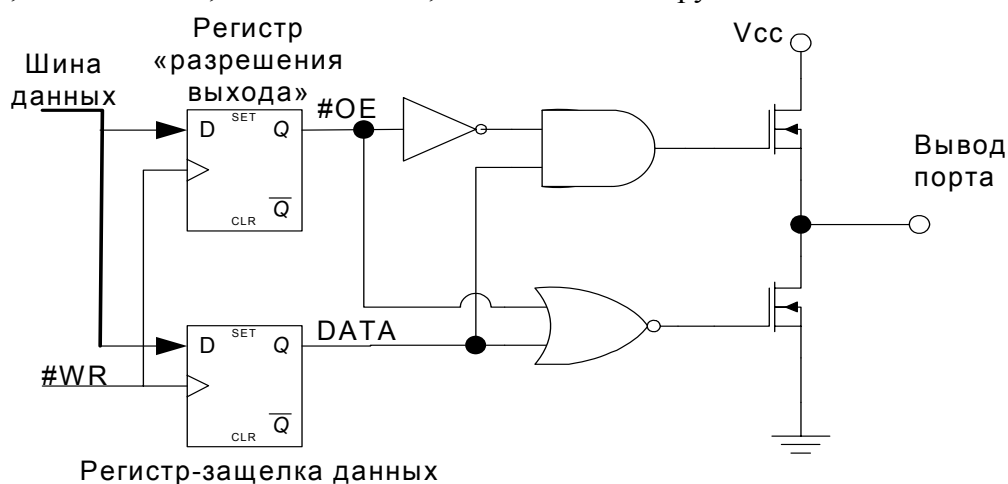


Рисунок 2. Порт вывода с двухтактной схемой

Рассмотрим функционирование данной схемы.

Выходные данные записываются в регистр-защелку данных по внутреннему сигналу записи #WR и через простейшую логическую схему управляют выходными транзисторами. Если в регистр записано значение «1», то открыт верхний по схеме транзистор, а нижний закрыт: на выходе Vcc, то есть «1». Если в регистр записано значение «0», то открыт нижний по схеме транзистор, а верхний закрыт: выход соединен с минусовой шиной питания, то есть там установлен «0».

Верхний по схеме регистр управляет сигналом #OE - «разрешение выходов». Если в регистр записан «0», то схема работает, как было описано выше. Если записана «1», то оба транзистора закрываются и схема переводится в «высокоомное» состояние (Z-состояние). В этом состоянии выходное сопротивление порта очень высокое и он фактически «оторван» от микропроцессора. Это необходимо:

- Если к выходному порту подключены выходы других схем и необходимо разделять линии передачи данных с этими устройствами. Например: наш процессор используется как периферийный контроллер и его выходной порт подключен к периферийной шине другого процессора (мастера), и к шине также подсоединены еще несколько периферийных контроллеров;
- В схемах двунаправленных портов (см. ниже).

Достоинства:

Значительный максимальный втекающий (в состоянии «0») и вытекающий (в состоянии «1») ток выхода: 2..6mA для каскадов с нормальной нагрузочной способностью

(например, Fujitsu MB90) и 5..30mA для каскадов с повышенной нагрузочной способностью (например, PICmicro, AVR). Встречаются отдельные микросхемы со сверхвысокой нагрузочной способностью – до 60..90mA (например, PIC17). Большой выходной ток позволяет непосредственно с ножки, без схем усиления и согласования сигнала, управлять достаточно мощной нагрузкой: светодиодами, реле, мощным электронным ключом (транзистор, тиристор). Это значительно упрощает схему устройств.

Недостатки:

- При программировании необходимо управлять дополнительным битовым регистром «разрешение выхода»;
- Значительное энергопотребление и уровень помех при переключении. Последний особо зависит от скорости переключения. Для ограничения токов в момент переключений иногда используют специальные демпфирующие схемы. Однако они снижают быстродействие портов. Наибольшее применение демпфирующие схемы находят в портах ПЛИС в силу их особо высокого быстродействия;
- Относительно сложная внутренняя схема повышающая сложность и стоимость микросхемы в целом. Однако на нынешнем этапе, в связи с успехами технологии производства микросхем, это уже не является проблемой.

Порты вывода с однотактной выходной схемой и внутренней нагрузкой применяются, например, в семействе MCS-51. Они имеют более простую внутреннюю схему (см. рис. 3).

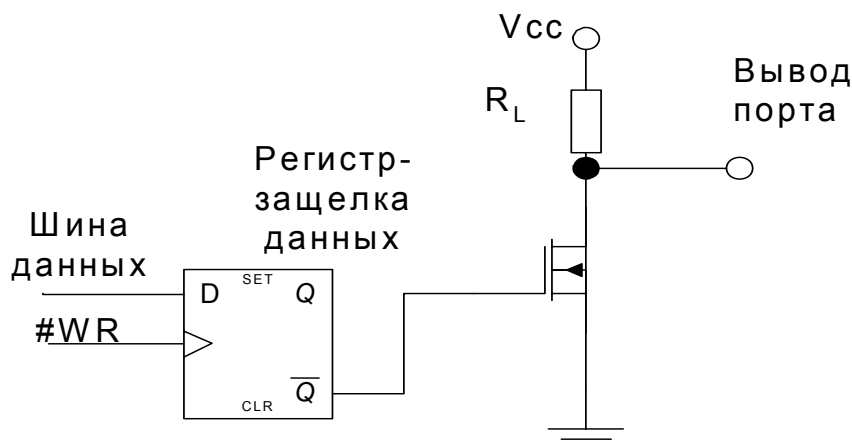


Рисунок 3. Порт вывода с однотактной схемой

Когда в регистр-защелку записано значение «1», транзистор закрыт и на выходе через резистор R_L устанавливается V_{cc} – логическая «1». Когда же в регистр-защелку записан «0», открывается транзистор и соединяет выход с минусовой шиной питания, то есть там устанавливается «0». При этом резистор R_L оказывается подключенным между шинами питания. Во избежания высокого тока через резистор и его перегрева, сопротивление делают достаточно высоким – 10..100кОм. Высокое сопротивление резистора позволяет непосредственно соединять несколько выходов, не опасаясь их встречного включения, так как если «0» на одном из выходов «подсадит» «1» на другом, то мощность, выделяемая на «подсаженном» резисторе будет мала, он не перегреется и каскад не выйдет из строя.

Достоинства:

- Необходимо управлять только одним регистром;
- Простая схема;

- Возможность без дополнительных схем организовать подключение на одну внешнюю шину несколько таких выходов. Легко построить квазидвухнаправленный порт ввода-вывода (см. ниже).

Недостатки:

Малый вытекающий ток (в состоянии «1»), ограниченный резистором R_L – сотни μA . Это не дает управлять относительно мощными нагрузками без дополнительных каскадов усиления либо требует обеспечивать, чтобы активным был сигнал со значением «0» («управление нулем»).

Порты вывода с открытым выходом (открытым коллектором или стоком) применяются во многих семействах микропроцессоров, например, AMD Am186 (там это один из режимов порта), PICmicro. Выходной каскад построен по однотактной схеме с внешней нагрузкой (см. рис. 4). Принцип функционирования аналогичен описанному для однотактного выходного каскада.

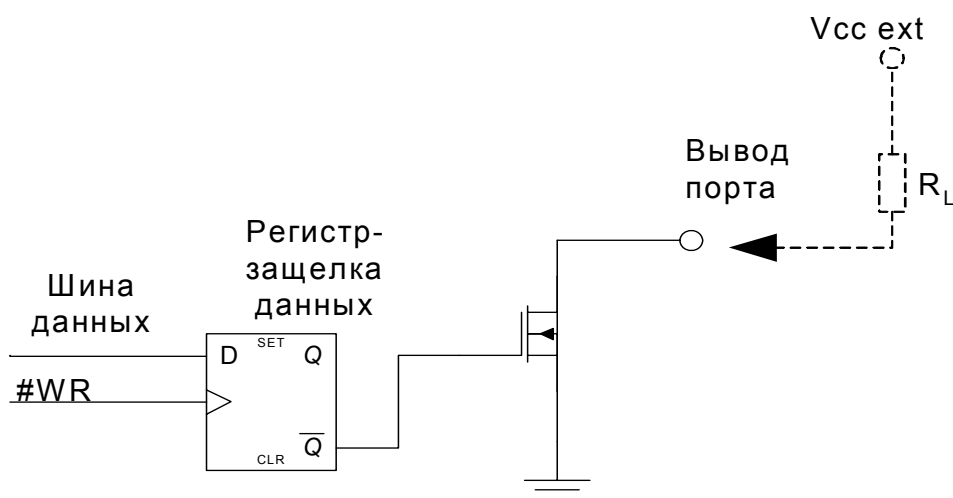


Рисунок 4. Порт вывода с открытым выходом

Достоинства:

- Внешнее напряжение питания нагрузки $V_{cc\ ext}$ может быть иным – большим или меньшим, чем питание микропроцессора. Это может быть удобным для сопряжения схем с различными уровнями логической «1», например, 3.3В и 5В. Если внешнее напряжение достаточно высокое, то можно непосредственно управлять высоковольтной нагрузкой. Например, анонсирован микроконтроллер семейства PICmicro допускающий подключение внешнего напряжения $V_{cc\ ext}$ до 15В при питании ядра 2..6В.
- Необходимо управлять только одним регистром;
- Простая схема;
- Возможность без дополнительных схем организовать подключение на одну внешнюю шину несколько таких выходов. При этом можно подбирать требуемое сопротивление R_L , например, стандарт I²C требует чтобы сопротивление было 2.2кОм. Легко построить квазидвухнаправленный порт ввода-вывода (см. ниже).

Недостатки:

- Требуется внешняя нагрузка;
- Малый вытекающий ток (в состоянии «1»), ограниченный внешним нагрузочным резистором.

Двунаправленные порты и порты с альтернативной функцией

Квазидвунаправленный порт

Самой простой схемой двунаправленного порта является квазидвунаправленный порт со схемой, аналогичной схеме порта вывода с одноканальным выходным каскадом (см. рис. 5).

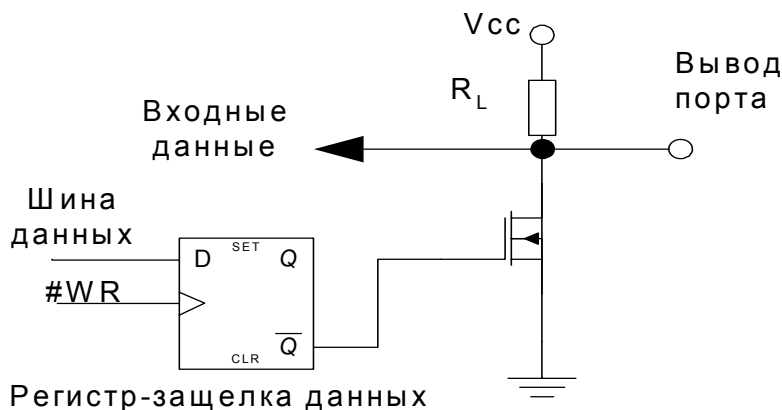


Рисунок 5. Квазидвунаправленный порт

Регистр входных данных (на схеме не показан) подключен к внешнему выводу порта. Перед считыванием входных данных необходимо предварительно записать «1» в регистр-защелку выходных данных. Это закроет транзистор и исключит влияние порта вывода на входной сигнал. Резистор R_L останется подключенным к входному сигналу и будет являться для него дополнительной нагрузкой, однако, так как сопротивление резистора велико (10..100 кОм), то даже на маломощный входной сигнал данная нагрузка не окажет заметного влияния. Схема квазидвунаправленного порта используется в семействе MCS-51.

Переключаемый двунаправленный порт с комплементарным выходным каскадом

Более часто используется схема переключаемого двунаправленного порта с комплементарным выходным каскадом (см. рис. 6).

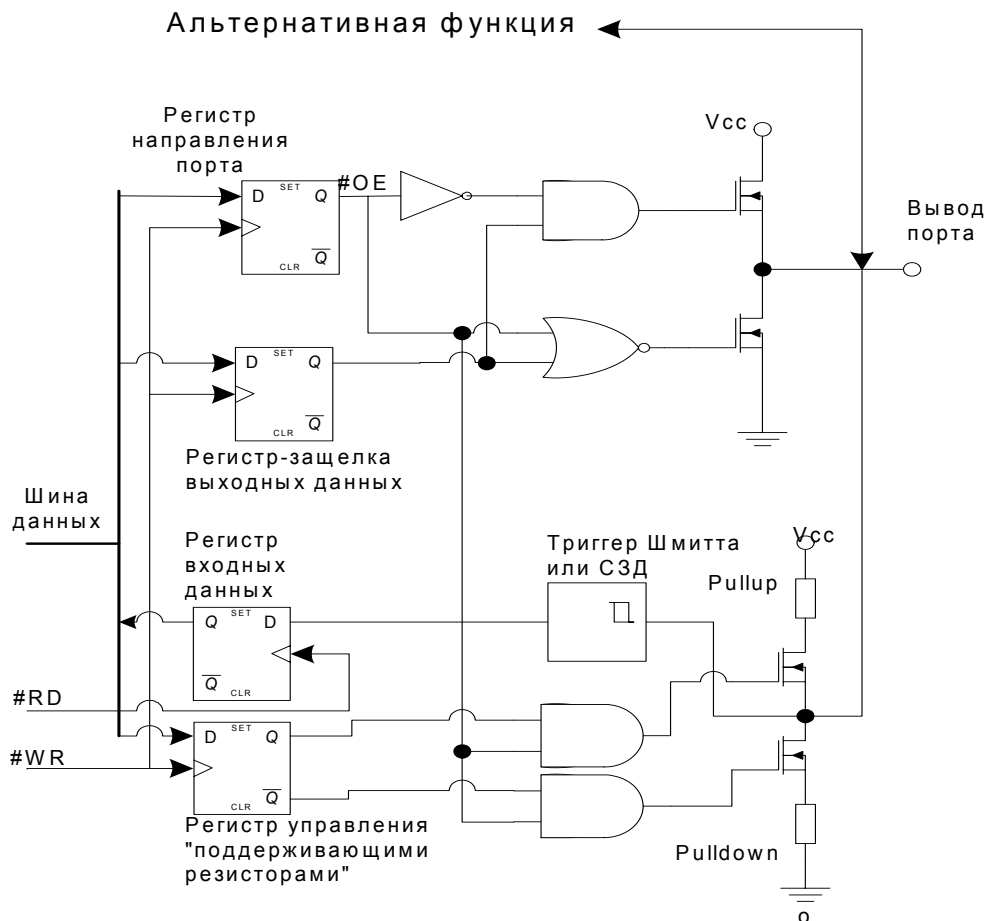


Рисунок 6. Переключаемый двунаправленный порт с комплементарным выходным каскадом

Она объединяет схемы порта ввода и порта вывода с двухтактной выходной схемой, описанные выше. Переключение порта в режим ввода осуществляется записью «1» в регистр «вход/выход». В этом случае (как было указано при описании порта вывода) оба транзистора переводятся в закрытое состояние и порт вывода не влияет на входной сигнал. В двунаправленных портах резисторы pullup и pulldown подключаются только в режиме ввода, для чего на вход соответствующей схемы управления подключается выход регистра «вход/выход» («1» - ввод).

Кроме исполнения функции порта ввода-вывода, внешние выводы микросхемы могут быть задействованы для связи с внутренними периферийными модулями микропроцессора, а так же с подсистемами процессорного ядра, схем памяти и управления (с контроллером прерываний, блоком интерфейса внешней памяти и т.п.). Данные функции называются альтернативными. Обычно, когда вывод порта используется для выполнения альтернативной функции основные схемы переводятся в состояние ввода или вообще отключаются.

Настройка портов ввода-вывода микроконтроллера LPC2292

Для настройки портов ввода-вывода на необходимую функцию в микроконтроллере LPC2292 используется блок конфигурирования выводов (Pin Connect Block).

Практически каждый вывод микроконтроллера имеет 2-4 функции. Например, вывод № 42 может быть разрядом порта ввода-вывода общего назначения (P0.0 GPIO), линией передачи для УАППО (TxD0 UART0) или выходом для ШИМ1 (PWM1). Для назначения одной из этих функций используется данный блок. Этот блок содержит 3 регистра:

Название	Описание	Доступ	Значение после перезагрузки	Адрес
PINSEL0	Регистр0 конфигурирования для порта P0 (0-15)	Чтение/запись	0x0000 0000	0xE002C000
PINSEL1	Регистр1 конфигурирования для порта P0 (16-31)	Чтение/запись	0x1540 0000	0xE002C004
PINSEL2	Регистр2 конфигурирования для порта P1 (16-31), P2(0-31), P3 (0-31)	Чтение/запись	В зависимости от порта	0xE002C014

В регистре PINSEL0 и PINSEL1 на конфигурирование каждого разряда порта P0 выделяется по 2 бита:

Значение	Функция
00	Функция по умолчанию (обычно порт ввода-вывода общего назначения)
01	Первая альтернативная функция
10	Вторая альтернативная функция
11	Зарезервировано (третья альтернативная функция)

Например, содержимое регистра PINSEL0 для вывода № 42 может быть таким:

Биты PINSEL0	Название вывода	Функция при значении битов			
		00	01	10	11
1:0	P0.0	GPIO Port 0.0	TxD (UART0)	PWM1	Зарезервировано

Также для конфигурирования и работы с портами ввода-вывода используются следующие регистры:

Название	Доступ	Адрес и название			
		PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
IOPIN	Только чтение	0xE0028000 IO0PIN	0xE0028010 IO1PIN	0xE0028020 IO2PIN	0xE0028030 IO3PIN
IOSET	Чтение/запись	0xE0028004 IO0SET	0xE0028014 IO1SET	0xE0028024 IO2SET	0xE0028034 IO3SET
IODIR	Чтение/запись	0xE0028008 IO0DIR	0xE0028018 IO1DIR	0xE0028028 IO2DIR	0xE0028038 IO3DIR
IOCLR	Только запись	0xE002800C IO0CLR	0xE002801C IO1CLR	0xE002802C IO2CLR	0xE002803C IO3CLR

В таблице представлено описание вышеперечисленных регистров:

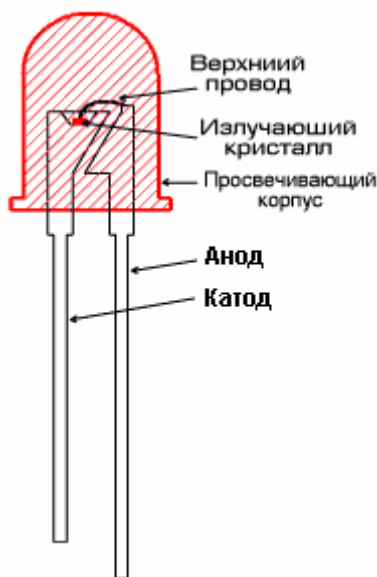
Название	Описание
IOPIN	Текущее состояние выводов порта ввода-вывода.
IOSET	Управляет состоянием выходных выводов. Установка "1" в бите регистра переводит соответствующий вывод порта в единичное состояние. Установка "0" не оказывает никакого эффекта.
IODIR	Задаёт направление вывода каждого порта: "0" – входной, "1" – выходной.
IOCLR	Управляет состоянием выходных выводов. Установка "1" в бите регистра сбрасывает соответствующий вывод порта. Установка "0" не оказывает никакого эффекта.

Светодиоды



Светодиод (светоизлучающий диод, Light-Emitting Diode или просто LED) – полупроводниковое устройство, излучающее некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком участке спектра, его цветовые характеристики зависят от химического состава использованного в светодиоде полупроводника.

Как и в нормальном полупроводниковом диоде, в светодиоде имеется р-n переход. При пропускании электрического тока в прямом направлении, носители заряда — электроны и дырки рекомбинируют с излучением фотонов. Обычные кремниевые и германиевые диоды испускают фотоны в далёком инфракрасном диапазоне, поэтому применяются другие материалы.



Самая распространенная конструкция светодиода – традиционный пятимиллиметровый корпус (см. рис.). Базовая структура светодиодного индикатора состоит из полупроводникового кристалла, рамки с внешними выводами, на которой размещен кристалл, и герметизирующей эпоксидной смолы, которая окружает и защищает кристалл, а также рассеивает свет (формирует диаграмму направленности). Кристалл приклеивается токопроводящей эпоксидной смолой ко дну рамки, называемой лункой. Лунка является первичной оптической системой для кристалла и согласует распределение светового потока от его граней, с последующим преломлением линзы из эпоксидной смолы. Верхний контакт кристалла соединен проводом с другим выводом рамки.

На светодиод схеме обозначается следующим образом:



У светодиодов есть несколько основных параметров:

- Тип корпуса
- Типовой ток
- Падение напряжения
- Цвет свечения (длина волны, нм)
- Угол рассеивания

В основном под типом корпуса светодиода понимают диаметр и цвет колбы (линзы). Так как светодиод – полупроводниковый прибор, который необходимо запитать током. Так ток, которым следует запитать тот или иной светодиод, называется типовым. При этом на светодиоде падает определенное напряжение. Этот параметр очень важен при разработке различных схем, на базе сверхъярких светодиодов. Как уже было сказано выше длина волны максимума спектра излучения, т.е. цвет свечения, однозначно определяется типом полупроводниковых материалов, используемых при производстве светодиодов, и образующих светоизлучающий р-n-переход. Светодиод на основе арсенида галлия даёт красное свечение. Угол излучения также определяется производственными характеристиками материалов, а также колбой (линзой) светодиода.

Так как светодиод является полупроводниковым прибором, то при включении в цепь необходимо соблюдать полярность. Светодиод имеет два вывода, один из которых катод (“минус”), а другой – анод (“плюс”). Светодиод будет “гореть” только при прямом включении, как показано ниже на рисунке:



При обратном включении светодиод “гореть” не будет. Более того, возможен выход из строя светодиода при малых допустимых значениях обратного напряжения. Обратное включение светодиода показано ниже:



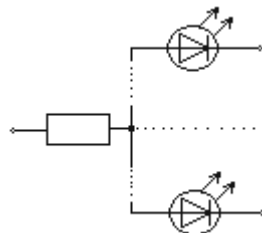
Обратное включение опасно тем, что при определенном значении напряжения наступает тепловой пробой, который окончательно и бесповоротно выводит светодиод из строя. К аналогичным последствиям может привести и превышение напряжения уровня максимально допустимого для прямого включения.

Балластный резистор используется для ограничения тока, протекающего в цепи. Поэтому очень важно представлять принцип его работы и последствия от закорачивания. Принцип работы балластного резистора сводится к следующему: падение напряжения на балластном резисторе регулирует выбор рабочей точки светодиода. Чем меньше сопротивление, тем меньше падение напряжение на резисторе, однако при этом больше падение напряжения на светодиоде и больше ток, протекающий через светодиод, очевидно, что яркость при этом также увеличивается.

На рисунке указана схема подключения светодиода через балластный резистор. В данном случае на каждый светодиод приходится один балластный резистор.



Существуют и другие варианты подключения, когда один балластный резистор приходится на несколько светодиодов.



Светодиоды используются в сигнальных и осветительных приборах.

Для того чтобы зажечь светодиод, нужно установить соответствующей линии функцию общего назначения (регистр $PINSEL_i$, функция $GPIO\ PORTi.j$, $i = 0 \div 3$, $j = 0 \div 31$), сделать ее выходной ($IOiDIR.j = 1$, $i = 0 \div 3$, $j = 0 \div 31$) и подать на нее “1” (можно с использованием регистра $IOiSET$, $i = 0 \div 3$).

Литература

1. Учебный стенд SDK-2.0. Инструкция по эксплуатации
2. LPC2119/2129/2194/2292/2294 USER MANUAL. Philips Semiconductors.
3. Кустарев П. В. Специализированные процессоры. Процессоры для встраиваемых применений.
4. Светодиод. Статья из свободной энциклопедии Википедия.
(<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B4>)
5. <http://www.powerlight.ru/pages.asp?pn=166>
6. Крылов В., Власов В. Светодиоды (LEDs) все еще популярны и продолжают совершенствоваться. (http://www-ru.screens.ru/rus/atv_systems_magazine/2003/7.htm)