



**А.В. Исаев**, старший преподаватель кафедры «Информационно-измерительная техника и технологии» Белорусского национального технического университета

**Г.А. Никандрова**, студентка кафедры «Спортивная инженерия» БНТУ



**Е.Н. Савкова**, к. т. н., доцент кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» Белорусского национального технического университета

**Е.И. Фёдорова**, студентка кафедры «Стандартизация, метрология и информационные системы» БНТУ



## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИИ

Светодиод или светоизлучающий диод — полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом или контактом металл-полупроводник. Создает оптическое излучение при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра. Спектральные характеристики зависят от химического состава полупроводников. Первое известное сообщение об излучении света твердотельным диодом было сделано в 1907 году британским экспериментатором Генри Раундом из Маркони Лабс. В 1961 году Роберт Байард и Гари Питтман из компании Texas Instruments открыли и запатентовали технологию инфракрасного светодиода. Первый в мире практически применимый светодиод разработал Ник Холоньяк в компании General Electric в 1962 году. В 1976 году Т. Пирсол создал первый высокоэффективный светодиод высокой яркости для телекоммуникационных применений. Компания «Монсанто» была первой, организовавшей массовое производство светодиодов, работающих в диапазоне видимого света и применимых в индикаторах. Компании «Хьюллет-Паккард» удалось использовать светодиоды в своих ранних массовых карманных калькуляторах.

Еще недавно светодиоды были всего лишь устройствами индикации, а на данный момент это уже высокоэффективные источники света. Преимущество светодиодов, кроме высокой светоотдачи, малого энергопотребления и возможности получения любого цвета излучения, заключается в ряде свойств. Отсутствие нити накала благодаря нетепловой природе излучения светодиодов обуславливает его длительный срок службы. Производители декларируют до 500 000 часов или 50 лет непрерывной работы. Отсутствие стеклянной колбы у светодиодов

определяет очень высокую механическую прочность и надежность. Малое тепловыделение и низкое питающее напряжение гарантируют высокий уровень безопасности. Сверхминиатюрность и встроенное светораспределение определяют не менее важные свойства. Световые приборы на основе светодиодов являются компактными, плоскими и удобными в установке. Также достоинствами светодиодов являются их экологичность, отсутствие электромагнитных излучений и помех.

Процесс вторжения светодиодных технологий в «традиционное» освещение начался с установок, где не требуется высокий уровень освещенности: дежурное и аварийное освещение, ночное интерьерное освещение, знаки и таблички, «маркировочное» освещение — светодиодные светильники для освещения лифтовых кабин и лестничных клеток. С ростом световой отдачи и удешевления приборов светодиодная «экспансия» распространяется не только на локальное, но и на общее освещение. В нем лидирующее положение пока занимают традиционные и галогенные лампы накаливания, а также люминесцентные лампы. По прогнозам производителей, в скором времени светоотдача светодиодов еще более увеличится, а стоимость снизится до сегодняшних ламп накаливания.

Можно выделить следующие преимущества светодиодных светильников:

- по сравнению с аналогичными лампами накаливания экономия электроэнергии в 10–12 раз, по сравнению с люминесцентными лампами — в 1,3–1,4 раза;
- срок службы — до 80 тыс. часов, что эквивалентно 25 годам работы;
- технически и конструктивно очень надежны;

- нет разгона до выхода на номинальную мощность, нет пиковых нагрузок, полное отсутствие опасности перегрузки электросетей в момент включения;
- стабильная работа в любых климатических условиях от  $-40^{\circ}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ ;
- обладают возможностью регулировки яркости за счет снижения питающего напряжения, при этом не изменяется спектральный состав излучения и цветопередача;
- не требуется специальной утилизации, экологически безвредны;
- показатель использования светового потока равен 100 %, тогда как у стандартных светильников — 60–75 %;
- эффективное управление яркостью освещения.

Светодиоды имеют разновидности в зависимости от размеров, количества кристаллов в одном корпусе, яркости, мощности, по цвету излучения.

Целью данной работы является создание максимально эффективной системы освещения, построенной на светодиодной технике.

### 1. Выбор основной элементной базы.

В качестве основных критериев к выбору элементной базы были следующие:

- минимальная стоимость;
- доступность на рынке Республики Беларусь;
- минимальное количество дополнительных дискретных элементов для обслуживания;
- оптимальное выполнение основных функций.

Выбор производился в соответствии с раз-

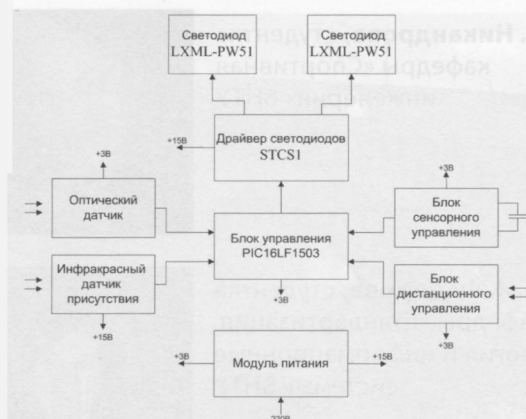


Рис. 1. Функциональная схема системы светодиодного освещения

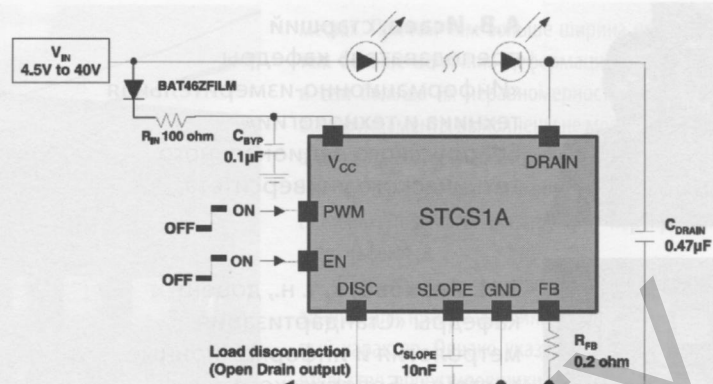


Рис. 2. Типовая схема включения микросхемы STCS1

работанной функциональной схемой, представленной на рис. 1.

### 1.1. Микросхема LED-драйвера STCS1.

Микросхема LED-драйвера STCS1 предназначена для работы от источника постоянного тока напряжением до 40 В. Драйвер обеспечивает на выходе стабилизированный ток, величина которого определяется внешним резистором цепи управления. Предельная величина тока, которую может коммутировать драйвер на нагрузку, равна 1А. Драйверы позволяют управлять выходным током путем подачи на специальный вход сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ, PWM). Предусмотрен также вход EN, предназначенный для полного отключения нагрузки с помощью внешнего управляющего устройства. В отключенном состоянии ток потребления микросхемы не превышает 1 мкА. Стоимость на рынке в Республике Беларусь составляет 1,8–2 у. е. Драйвер требует для своей работы исключительно малого количества внешних элементов. Типовая схема включения содержит в качестве дополнительных компонентов всего 3 конденсатора, 2 резистора, 1 защитный диод (рис. 2):

Основные электрические характеристики микросхемы STCS1 представлены в таблице 1.

Запуск ШИМ позволяет обеспечивать сигнал низкого уровня тока светодиода. При высоком уровне сигнала основной переключатель

(выходная нагрузка) будет включен, при низком — выключен. Величина частоты, необходимая для запуска ШИМ — от нескольких герц до 50 КГц. Минимальная частота определяется частотой восприятия человеческого глаза, то есть должна быть выше 50 Гц. Максимальная частота определяется минимальным временем возрастания/падения тока (при частоте около 50 КГц токовая волна формирует сигнал треугольной формы).

### 1.2. Микроконтроллер PIC16F1503.

Фирма Microchip ориентирована на разработку и производство недорогих однокристальных микроконтроллеров. В 2001 году компания представила технологию производства FLASH-микроконтроллеров — PEEC, которая позволила получить такие характеристики, как невысокую цену, хорошую надежность, малое время записи встроенной памяти при широких пределах электрических параметров.

Характеристики процессорного ядра микроконтроллера PIC16F1503:

- высокопроизводительная RISC архитектура (35 команд, все команды выполняются за один цикл, 3 способа адресации);
- тактовая частота — до 20 МГц (присутствует встроенный на частоту 16 МГц);
- память:

- 3600 x 14 слов перепрограммируемой памяти программ;
- 128 x 8 память данных (22 регистров специального назначения);
- 128 x 8 EEPROM памяти данных;
- 8-уровневый аппаратный стек;

- развитая система прерываний (8 источников, в том числе прерывания по изменению уровня сигнала на входах);
- 13 каналов ввода/вывода с индивидуальной настройкой направления данных и индивидуально программируемыми для каждого входа подтягивающими резисторами;
- модуль аналогового компаратора с собственным источником опорного напряжения;
- 3 таймера с различными режимами работы;
- развитый 4-канальный модуль захвата-сравнения.

В необходимых дополнительных модулях можно выделить:

- развитую систему сбросов, как от внешних, так и от внутренних источников;
- таймер сброса и таймер ожидания запуска генератора;
- программируемая защита кода программ и EEPROM памяти данных от считывания;

Таблица 1

Основные электрические характеристики микросхемы STCS1

Наименование	Мин. значение	Тип. значение	Макс. значение
Напряжение питания Vcc, В	4,5	—	40
Выходной ток IO, mA	—	1000	—
Напряжение обратной связи VFB, mV	90	100	110
Рабочая температура, °C	-40	—	125
Vdrain, В	—	1	—
Cdrain, мкФ	—	1	—
Cbyf, нФ	—	100	—
Уровень логического нуля, VL	—	—	0,4
Уровень логической единицы, VH	1,2	—	—

- режим пониженного энергопотребления SLEEP;
- шесть режимов работы задающего тактового генератора;
- внутрисхемное программирование ICSP с использованием двух выводов.

Электрические характеристики:

- широкий диапазон напряжений питания — от 2,0 до 5,5 В;
- малое энергопотребление:
  - < 1,0 мА @ 5,5 В, 4 МГц;
  - 20 мкА (тип) @ 2,0 В, 32 кГц;
  - < 1 мкА (тип) в режиме SLEEP @ 2,0 В.

Внешний вид микросхемы контроллера изображен на рис. 3.

Функции выводов микроконтроллера представлены в таблице 2.

На рис. 4 представлена структурная схема микроконтроллера PIC16F1503.

Стоимость микросхемы микроконтроллера PIC16F1503 на рынке Республики Беларусь составляет порядка 1 у. е. В микроконтроллере присутствуют модули, которые позволяют реализовать заданные функции: PWM (рис. 5), ADC (рис. 6), таймеры, EEPROM память данных и достаточно необходимое количество портов ввода вывода.

Описание выводов микроконтроллера PIC16F1503

IO	14-Pin PDIP/SOIC/SSOP		ADC	Reference	Comparator	Timer	CWG	NCO	CLC	PWM	MSSP	Interrupt	Basic
	16-Pin QFN												
RA0	13	12	AN0	DACOUT1	C1IN+	—	—	—	—	—	—	IO/C	ICSPDAT
RA1	12	11	AN1	VREF+	C1IN0- C2IN0-	—	—	—	—	—	—	IO/C	ICSPCLK
RA2	11	10	AN2	DACOUT2	C1OUT	T0CK1	CWG1FLT	—	CLC1(1)	PWM3	—	INT IO/C	—
RA3	4	3	—	—	—	T1G(2)	—	—	CLC1IN0	—	SS(2)	IO/C	MCLR VPP
RA4	3	2	AN3	—	—	T1G(1)	—	NCO1(2)	—	—	SDO(2)	IO/C	CLKOUT
RA5	2	1	—	—	—	T1CK1	—	NCO1CLK	CLC1IN1	—	—	IO/C	CLKIN
RC0	10	9	AN4	—	C2IN+	—	—	—	CLC2	—	SCL SCK	—	—
RC1	9	8	AN5	—	C1IN1- C2IN1-	—	—	NCO1(1)	—	PWM4	SDA SDI	—	—
RC2	8	7	AN6	—	C1IN2- C2IN2-	—	—	—	—	—	SDO(1)	—	—
RC3	7	6	AN7	—	C1IN3- C2IN3-	—	—	—	CLC2IN0	PWM2	SS(1)	—	—
RC4	6	5	—	—	C2OUT	—	CWG1B	—	CLC2IN1	—	—	—	—
RC5	5	4	—	—	—	—	CWG1A	—	CLC1(2)	PWM1	—	—	—
VDD	1	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
VSS	14	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS

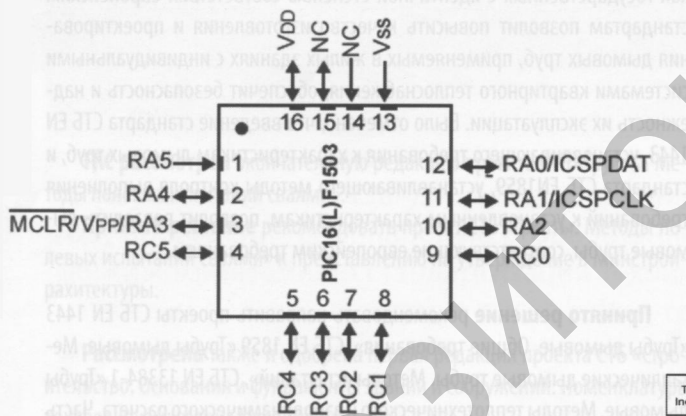


Рис. 3. Внешний вид микросхемы микроконтроллера PIC16F1503

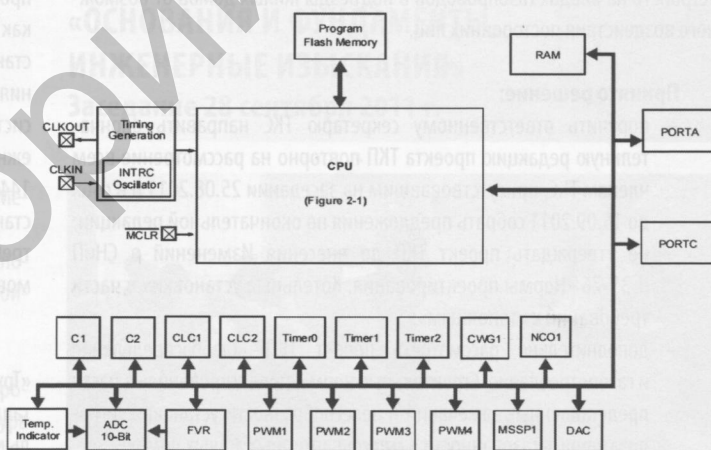


Рис. 4. Структурная схема микроконтроллера PIC16F1503

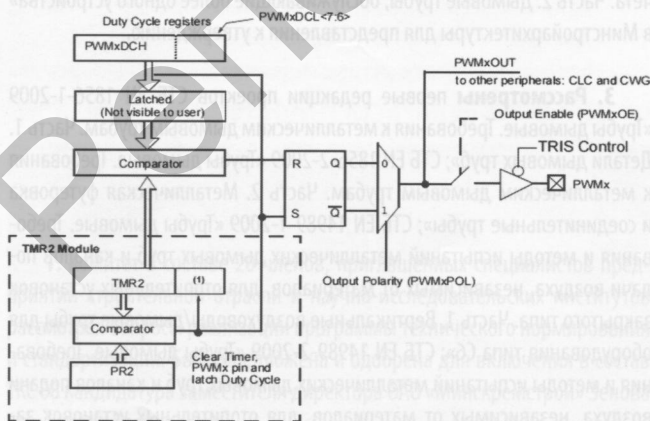


Рис. 5. Структурная схема модуля PWM

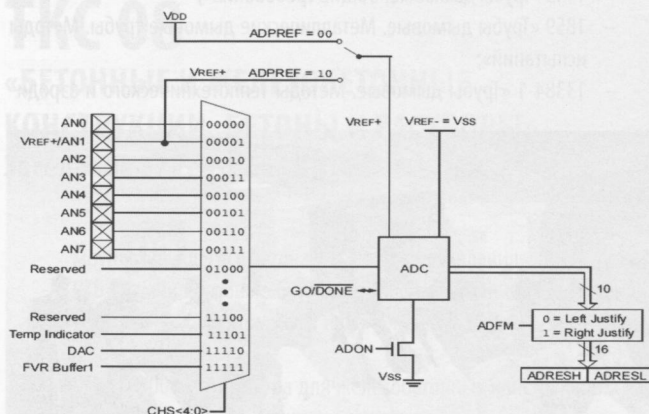


Рис. 6. Структурная схема модуля ADC

Продолжение следует.