

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему **МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО ОСВЕЩЕНИЯ В  
ПРОМЫШЛЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ С РЕГУЛИРУЕМОЙ  
ЦВЕТНОСТЬЮ**

Студент(ка)	<u>С.В. Белов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент В.А. Медведев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	_____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	_____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов \_\_\_\_\_ (личная подпись)  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2016

УДК 621.314.572

ББК 32 852

Бакалаврская работа Белова Сергея Владимировича по теме «Микропроцессорное устройство освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью». Руководитель: Медведев Валерий Александрович. Защищена в Тольяттинском государственном университете в 2016 году.

Пояснительная записка: 57 с., 4 разд., 25 рис., 7 табл., прил. 3 с.

Графическая часть - 6 листов формата А1.

Ключевые слова: светодиодное освещение, регулировка цветности принципиальная схема, микроконтроллер АТМega, алгоритм работы, программирование контроллера.

Бакалаврская работа посвящена разработке микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью. В ходе проектирования устройства разработана структурная схема устройства, дано обоснование выбора элементной базы, разработаны принципиальная схема и печатная плата модуля. Выбраны средства программирования и отладки микроконтроллера.

## Содержание

Введение .....	5
1 Аналитическая часть. Анализ требований к микропроцессорной системе	6
1.1 Анализ основных разновидностей и областей применения систем освещения .....	6
1.2 Классификация светодиодного освещения .....	10
1.2.1 Анализ параметров основных светодиодов.....	14
1.2.2 Электропитание светодиодов.....	15
1.2.3 Цветность светодиодов.....	16
1.3 Сравнительный анализ систем освещения .....	17
1.3.1 Светодиодная лампа с мостовым выпрямителем .....	17
1.3.2 Система освещения на базе микроконтроллера Arduino .....	18
1.3.3 Автомат ночного освещения на микроконтроллере PIC12C508 .....	20
1.4 Основные требования, предъявляемые к микропроцессорному устройству управления освещением .....	23
2 Расчетная часть. Разработка принципиальной схемы и расчет основных параметров микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью.....	24
2.1 Проектирование структурной схемы МПУ .....	24
2.2 Выбор аппаратного и программного обеспечения.....	25
2.2.1 Обоснование выбора микроконтроллера.....	25
2.2.2 Обоснование выбора драйвера светодиодов .....	26
2.2.3 Обоснование выбора операционного усилителя .....	29
2.2.4 Обоснование выбора стабилизатора.....	30
2.2.5 Обоснование выбора программного обеспечения.....	31
2.3 Оценка технических характеристик микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью.....	33
2.4 Алгоритм работы микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью .....	35
2.5 Расчет надежности аппаратной части микропроцессорного устройства	38

3 Конструкторская часть. Разработка печатной платы, компоновка и программирование микропроцессорного устройства управления освещением ..	39
3.1 Компоновка печатной платы .....	39
3.2 Описание особенностей программирования .....	41
3.3 Настройка и тестирование микропроцессорного устройства управления освещением .....	45
3.4 Эксплуатационная документация на микропроцессорное устройство управления освещением.....	48
4 Расчет общей стоимости владения микропроцессорным устройством управления освещением.....	50
Заключение .....	53
Список используемой литературы.....	55

## **Введение**

Светодиодное освещение — перспективное направление технологий искусственного освещения, которое основано на применении светодиодов в качестве источника света. Развитие светодиодного освещения непосредственно связано с технологической эволюцией светодиода. Разработаны так называемые сверх яркие светодиоды, специально предназначенные для искусственного освещения.

Светодиодные источники света являются наиболее функционально-перспективным направлением как с точки зрения энергоэффективности, так и затратности и практического применения.

Однако уже существуют сферы применения, где светодиодным светильникам нет альтернативы. В частности, в промышленности, шоу-бизнесе, сфере развлечений, рекламном сервисе существует потребность в светильниках с регулируемой цветностью. Регулируемая цветность означает, что цвет свечения светильника может быстро (за доли секунды) изменяться по желанию потребителя. Это свойство быстрого изменения цветности трудно достижимо не только с лампами накаливания, но и с люминесцентными лампами.

В настоящее время в сфере техники наблюдается тенденция оснащения ее управляющими и вспомогательными электронными устройствами. Электронные блоки обычно придают дополнительные сервисные функции изделию, повышают автоматизацию, удобство использования, улучшают дизайн, экономию электроэнергии, а иногда и способствуют более совершенному выполнению основных функций.

Цель данной бакалаврской работы - разработать экспериментальное устройство, которое дало бы возможность совершенствования осветителя в промышленном освещении. В данной работе разрабатывается микропроцессорное устройство освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью. Правильная регулировка цвета местного технологического освещения снижает утомляемость, количество брака и уменьшает вредные последствия для зрения работников.

# 1 Аналитическая часть. Анализ требований к микропроцессорной системе

## 1.1 Анализ основных разновидностей и областей применения систем освещения

Промышленное освещение составляет:

- а) освещение производственных помещений;
- б) освещение складов;
- в) освещение подъездных территорий и т.п.

Верно организованное освещение промышленных территорий позволяет организовать комфортную работу персонала. Системы освещения для промышленного помещения необходимо выбирать исходя из того, как и где они используются. Для некоторых видов производства важным является защита светильника от пыли, влаги, для иных - важна улучшенная цветопередача.

Прежде всего, промышленное освещение должно обладать достаточной мощностью, чтобы качественно освещать каждый уголок большого производственного помещения. При этом они должны быть надежными, так как обычно потолки на производствах очень высокие и не просто заменить в светильнике лампочку или любой другой элемент.

Искусственное освещение по своему назначению делится на две системы (рисунок 1.1).

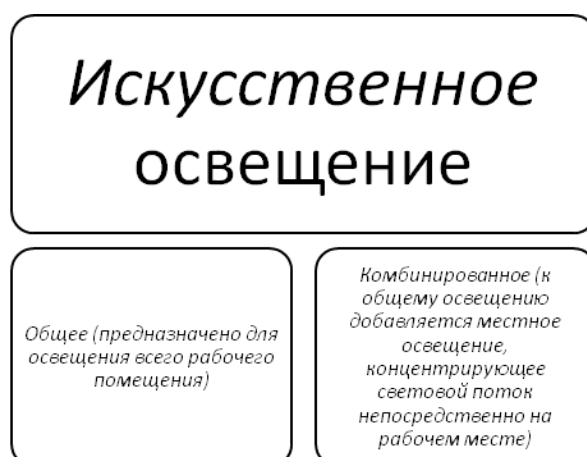


Рисунок 1.1 –Классификация искусственного освещения.

Искусственное освещение в современных промышленных предприятиях создается разнообразными электрическими источниками света (рисунок 1.2).

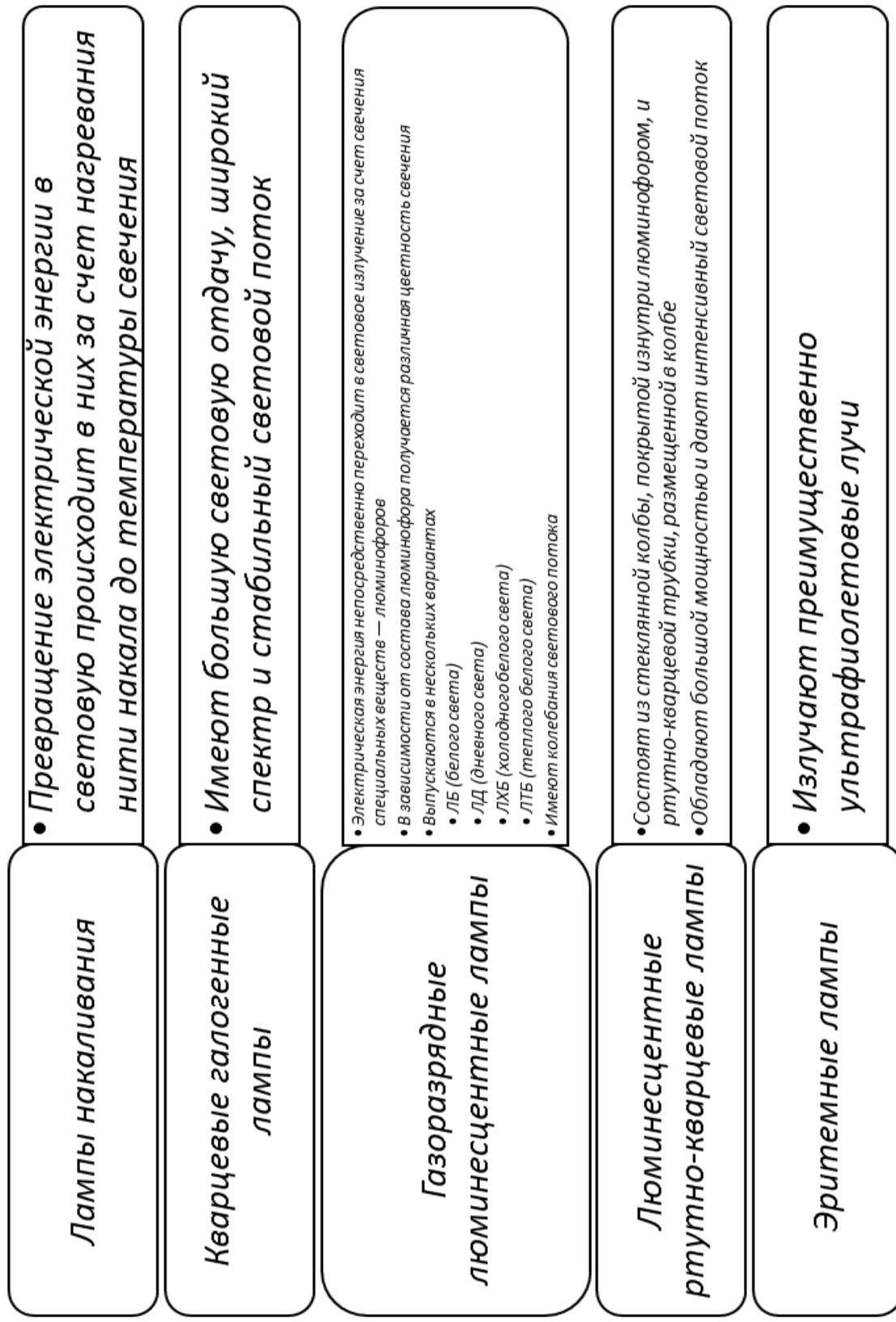


Рисунок 1.2 – Классификация электрических источников света.

Для целесообразного применения светового потока источники искусственного освещения заключают в специальную арматуру. Источник света с осветительной арматурой называется светильником. Классификация светильников приведена на рисунке 1.3.

Твердотельные полупроводниковые источники света вошли в светотехнику как класс осветительных приборов сравнительно недавно. Их выход на рынок практически совпал с наступлением нового тысячелетия. За последнее десятилетие производители светодиодных источников света достигли значительных успехов, в результате чего в настоящее время замена, например, обычной лампы накаливания на ее светодиодный аналог не кажется событием из области фантастики.

Достигнутые передовыми компаниями, например, компанией Cree показатели эффективности впервые позволили говорить о конкуренции полупроводниковых ИС с большинством традиционных ламп. В таблице 1.1 приведено сравнение эффективности и срока службы основных видов светильников.

Таблица 1.1 - Сравнение характеристик традиционных источников света со светодиодами

Тип источника света	Эффективность, лм/Вт	Реальная эффективность, лм/Вт	Наработка на отказ, час
Лампы накаливания	6-13	6-10	1000
Галогенные лампы	16-22	12-20	2000
Светодиод Cree XLamp 7090 XR	47	47	> 50000
Компактные люминесцентные лампы	50-70	35-50	10000
Металлогалогенные	60-100	< 40	6000-15000
Светодиод Cree XLamp 7090 XR-E	100	100	> 50000
Люминесцентные	60-100	55-70	15000
Натриевые лампы высокого давления	90-130	< 50	15000



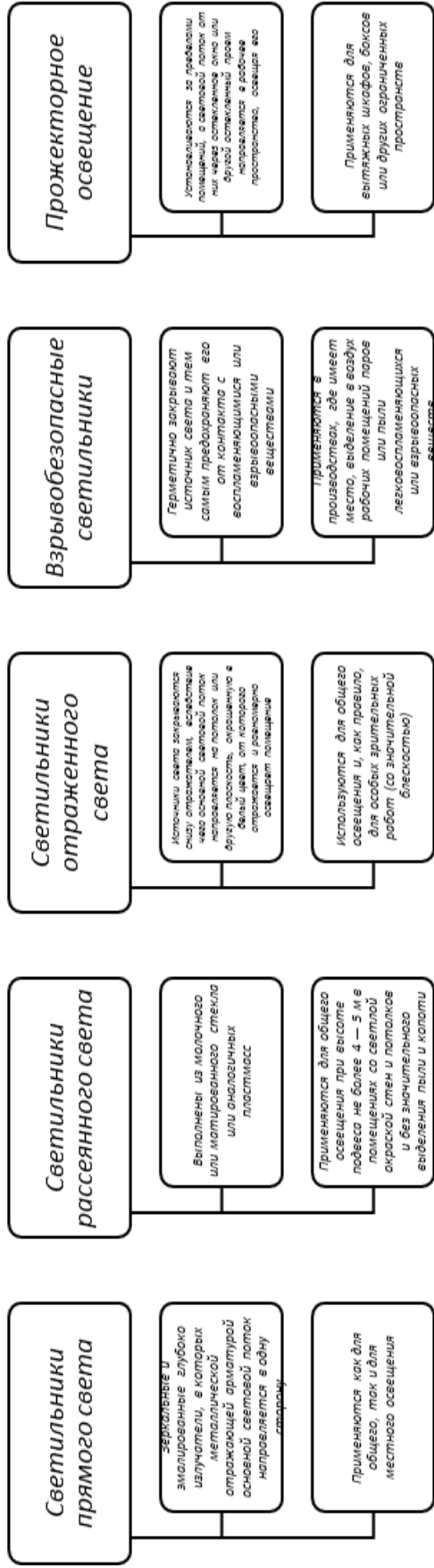


Рисунок 1.3 – Классификация светильников.

Основные преимущества светодиодных систем освещения состоят в значительном сроке службы без снижения светотехнических характеристик (до 70 тыс. часов), неприхотливости в эксплуатации, миниатюрности и низкой потребляемой мощности. Световая отдача современных светодиодов подошла к отметке 100 лм/Вт, что позволяет им конкурировать с такими экономичными источниками света, как компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) и лампы типа ДНаТ (дуговая натриевая трубчатая лампа).

## 1.2 Классификация светодиодного освещения

По различным техническим источникам можно составить следующую классификацию светодиодного освещения, показанную на рисунке 1.4.

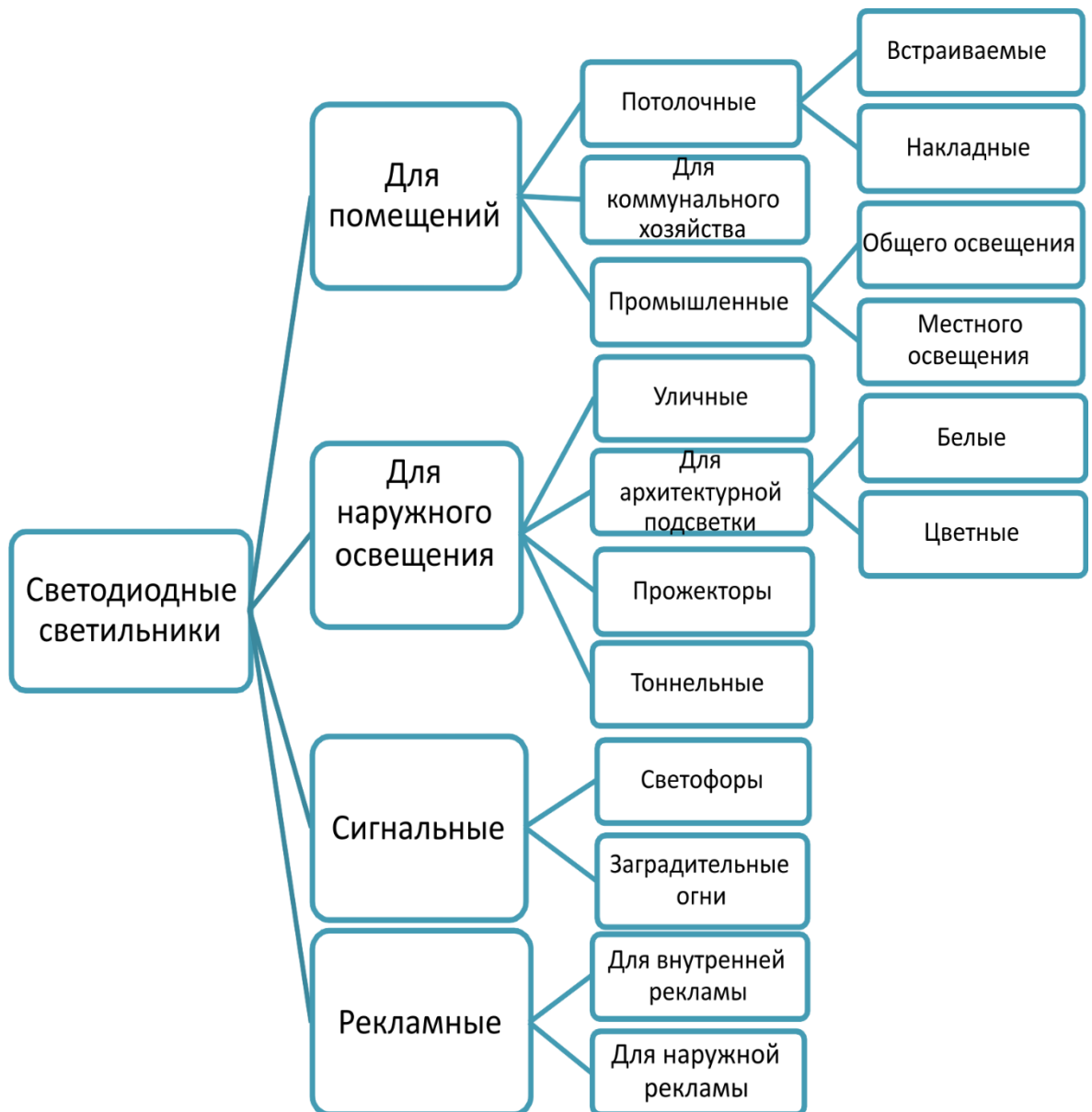


Рисунок 1.4 – Классификация светодиодного освещения.

В качестве признаков классификации выступают в основном назначение и параметры цвета.

Преимущества потолочных светодиодных светильников нового поколения перед устаревшими люминесцентными:

#### 1. Повышенное энергосбережение.

Светодиодные встраиваемые и накладные потолочные светильники с потребляемой мощностью не более 37 Вт в действительности являются энергосберегающими устройствами. До недавних пор считалось, что люминесцентные лампы отвечают представлениям об энергосбережении, но в условиях современной жизни, почти 80 Вт мощности, потребляемой ЛВО 4x18 - слишком большая цифра. Экономия только лишь электроэнергии, при замене ЛВО 4x18 на светодиодный встраиваемый светильник ВПСС, окупает последний менее чем за три года, при этом высвобождаются значительные мощности, которые могут быть разумно использованы для других целей.

#### 2. Длительный срок службы.

Срок службы светодиодных встраиваемых и подвесных светильников — не менее 50 000 часов в режиме непрерывной работы. Это означает, что светодиодный встраиваемый светильник может постоянно освещать помещение более 5 лет. А при работе в 8-10 часовом режиме и использовании современных систем управления освещением, данный срок увеличивается вдвое. Для ЛВО 4x18 — не более 10 000 часов, при установке качественных, дорогих ламп. Светодиодные встраиваемые и накладные светильники серии Люксембург выполнены в алюминиевом корпусе, специально разработанном компанией, для использования светодиодов, многочисленные приборы подобного типа, которые массово представлены на рынке, изготавливаются в стандартных корпусах, взятых от ЛВО 4x18. Это ведет к недостаточному отводу теплоты от светодиодов, что, в свою очередь, является причиной их быстрой деградации и выгорания. Отвод тепла — одна из ключевых конструкторских задач для всей светодиодной техники. Об этом следует помнить при выборе светодиодных встраиваемых светильников, учитывая то, что конечная стоимость их примерно

равна, а вот себестоимость и качество может различаться существенно.

### 3. Легкость эксплуатации.

В процессе эксплуатации светодиодные встраиваемые светильники не требуют к себе практически никакого внимания, за исключением, разве что, периодического осмотра и очищения от внешних загрязнений. Люминесцентные светильники, установленные в подвесных потолках, нуждаются в специализированном обслуживании: разбор подвесной системы, отключение светильников для смены недолговечных ламп и другое, благодаря использованию светодиодных встраиваемых и потолочных светильников, значительно снижаются затраты на эксплуатационные мероприятия, связанные с обслуживанием осветительных приборов.

Мгновенный запуск (1-3 секунды для люминесцентных ламп), отсутствие изменений световых характеристик при работе в широком диапазоне рабочих температур, а также устойчивость к перепадам напряжения отличают светодиодные встраиваемые светильники от осветительных приборов прошлых поколений.

### 4. Экологическая безопасность.

Светодиодные встраиваемые светильники и их компоненты не требуют специализированной утилизации. Для устаревших люминесцентных ламп, ввиду присутствия в каждой из них 40-70 мг ртути, требовались дорогостоящие меры утилизации и повышенная осторожность.

Преимущество светодиодных встраиваемых и потолочных светильников — экологическая чистота — отсутствие раздражающего мерцания при ярком и равномерном световом потоке, а также отсутствие шума и вибраций при работе, что делает эксплуатацию комфортной и безопасной.

### 5. Управление освещением.

Светодиодные встраиваемые светильники могут работать совместно с системой управления освещением, что делает их еще более комфортными и экономичным, а также увеличивает полный срок службы. Данная система может включать в себя различные датчики — движения, освещенности, шума, тепла;

контроллеры для управления яркостью свечения; аккумуляторные батареи для обеспечения аварийного освещения с уменьшенной потребляемой мощностью. Так, например, для светодиодных встраиваемых светильников, используемых в офисе, удобным будет вариант системы с датчиком освещенности и контроллером. Яркость свечения светильников будет автоматически регулироваться в зависимости от уровня естественного освещения. В яркий солнечный день светильники будут обеспечивать умеренное свечение с еще более низким энергопотреблением, а в пасмурный — яркое и комфортное освещение, оставаясь при этом современными энергосберегающими устройствами.

Для коридоров или малопосещаемых помещений система может состоять из одного или нескольких датчиков движения, которые управляют группой светильников. По команде датчиков, при отсутствии движения в зоне действия, светильники отключаются или переходят в дежурный режим, в дежурном режиме обеспечивается малый световой поток, который достаточен для видеонаблюдения или другого подобного контроля над помещением. При этом обеспечивается уменьшенное энергопотребление, что делает использование светодиодных встраиваемых и потолочных светильников еще более эффективным и экономичным. Система светодиодных встраиваемых светильников совместно с аккумуляторными батареями и блоком управления «День-ночь» предусматривает возможность аварийного освещения при отключении электропитания, ввиду неполадок или иных причин. При отключении питания по основной линии, блок управления переведет светильники на электропитание от аккумуляторов, сниженный световой поток будет достаточен для наблюдения и ориентировки при эвакуации или других аварийных мероприятиях. Энергопотребление при этом существенно меньше рабочего режима, что увеличивает время аварийной работы от аккумуляторов. В самом простом случае управление светодиодным встраиваемым светильником может заключаться в ручном изменении яркости свечения.

Эти и другие методы управления могут быть скомбинированы и

реализованы для конкретных задач конечного потребителя. Данные меры позволяют добиться еще большего снижения энергопотребления, увеличения срока службы, а также расширить область применения светодиодных встраиваемых светильников для потолков типа «Армстронг» и потолочных накладных светодиодных светильников.

Область применения светодиодных прожекторов:

- а) архитектурная подсветка;
- б) ландшафтная подсветка;
- в) интерьерная подсветка;
- г) аварийное и дежурное освещение;
- д) создание свето-динамических шоу.

### 1.2.1 Анализ параметров основных светодиодов

Приведем основные параметры светодиодов:

1. Сила света. Измеряется в канделах (кд). В характеристиках светодиодов указывают осевую (максимальную) силу света.

Сила света определяется как световой поток, деленный на телесный (двумерный) угол, в котором он излучается. Поэтому при равном световом потоке сила света будет выше у светодиода с меньшим углом обзора.

Сила света обычно указывается как параметр цветных светодиодов.

2. Световой поток. Измеряется в люменах (лм). Характеризует полный световой поток во все стороны. 1 люмен определяется как световой поток, испускаемый точечным источником с силой света 1 кандела внутри телесного угла  $\Omega = 1$ стерадиан. Стерадиан является телесным углом (конусом) с центром в сфере радиуса  $r$ , который вырезает из сферы поверхность площадью  $r^2$  (см. рис.1.2). Площадь поверхности сферы равна  $4\pi r^2$ , поэтому полный световой поток, создаваемый точечным источником с силой света 1 кд, равен  $4\pi$  лм.

3. Двойной угол половинной яркости - удвоенный угол относительно максимума яркости, на котором яркость снижается до половины осевой. Излучаемый за предел данного угла световой поток составляет не более 10% от общего. Эти три параметра взаимосвязаны.

### 1.2.2 Электропитание светодиодов

В отличие от применения светодиодов для индикации электропитание светодиодов для освещения требует значительных мощностей – от 1 Вт до кВт. Поэтому нельзя обойтись простым балластным сопротивлением для задания нужного тока через светодиод. На таком сопротивлении расходовалась бы слишком большая мощность, что свело бы к нулю всю выгоду от при энергетической эффективности светодиода.

Поэтому для питания мощных светодиодов применяют специальные источники питания, позволяющие поддерживать стабильный ток через светодиод при незначительной собственной потребляемой мощности. Обычно такие источники называют драйверами.

Номенклатура выпускаемых интегральных драйверов по способу стабилизации делится на две большие группы: линейные и импульсные стабилизаторы тока. Ввиду больших значений токов в осветительных приборах линейные стабилизаторы не нашли в них применения из-за низкой эффективности. В осветительных приборах применяются исключительно импульсные стабилизаторы, использование которых позволяет достичь КПД 95...98% в широком диапазоне входных/выходных напряжений. Такая схема показана на рисунке 1.5.



Рисунок 1.5 - Классификация драйверов светодиодов.

### 1.2.3 Цветность светодиодов

Для наибольшего диапазона регулировки цветности светильник должен иметь светодиоды, у которых наиболее подходящие спектральные параметры. Теперь это не проблема, потому что появился большой спрос на большие светодиодные дисплеи, которые делают как раз из подходящих светодиодов. На рисунке показана цветность современных сверх ярких светодиодов. Из этого рисунка получаем, что годятся светодиоды с длиной волны:

- а) красный 630 нм;
- б) зеленый 530 нм;
- в) синий 470 нм.

Изобретение синего светодиода привела к созданию полноцветного светодиодного экрана. А разработка зеленого светодиода с более короткой длиной волны (ранее использовались диоды с длиной волны 570 нм) позволила существенно усовершенствовать цветовые характеристики изображения. Схема показана на рисунке 1.6.

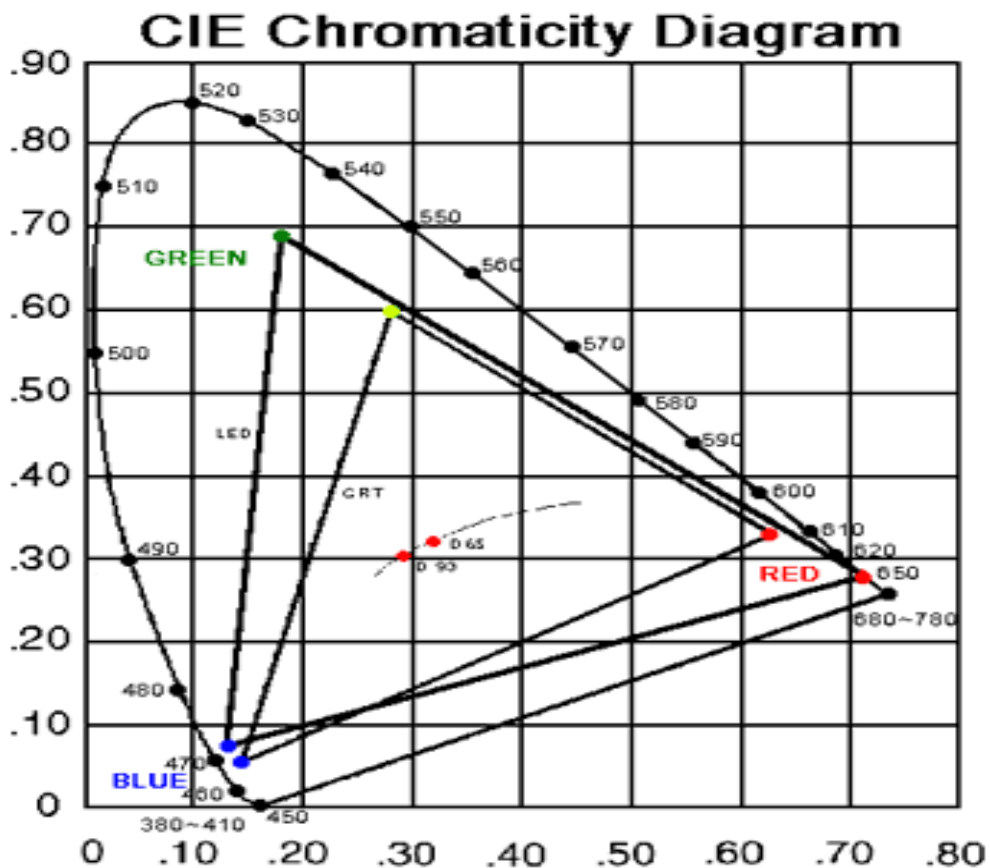




Рисунок 1.6 - Цветность современных сверх ярких светодиодов.

### 1.3 Сравнительный анализ систем освещения

#### 1.3.1 Светодиодная лампа с мостовым выпрямителем

Светодиодная лампа с мостовым выпрямителем представлена на рисунке 1.7.

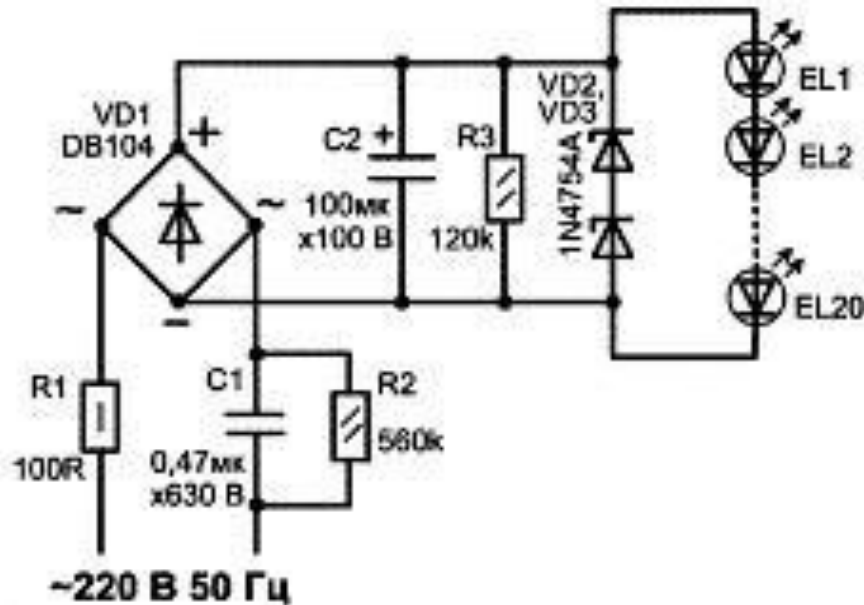


Рисунок 1.7 - Схема светодиодной лампы с мостовым выпрямителем.

В качестве питания светодиодов применяется мостовой выпрямитель с емкостным балластом, он ограничивает выходной ток. Эти источники питания являются экономичными и простыми, не подвержены коротким замыканиям, их выходной ток ограничен емкостным сопротивлением конденсатора. Такие выпрямители называют стабилизаторами тока.

В качестве емкостного балласта выступает конденсатор  $C1$ . При емкости  $0,47 \text{ мкФ}$  рабочее напряжение конденсатора должно быть не менее  $630 \text{ В}$ . Его емкость рассчитывается так, чтобы ток через светодиоды был примерно  $20 \text{ мА}$ , это является оптимальным значением для светодиодов.

Пульсации выпрямленного мостом напряжения сглаживаются с помощью электролитического конденсатора  $C2$ . Зарядный ток в момент включения ограничивает резистор  $R1$ , он же выполняет функцию предохранителя при аварийных ситуациях. Резисторы  $R2$  и  $R3$  служат для разряда конденсаторов  $C1$  и  $C2$  после отключения схемы от сети.

С целью уменьшения габаритов устройства, рабочее напряжение конденсатора С2 выбрано 100 В. В случае обрыва (перегорания) хотя бы одного из светодиодов конденсатор С2 зарядится до напряжения 310 В, что неизбежно приведет к его взрыву. Для защиты от этого С2 зашунтирован с помощью стабилитронов VD2, VD3.

Стабилитроны необходимо выбрать так, чтобы суммарное напряжение стабилизации было немного выше падения напряжения на светодиодах. В этом случае при нормальном режиме работы стабилитроны будут закрыты, и не будут влиять на работу схемы. Показанные на схеме стабилитроны 1N4754А обладают напряжением стабилизации 39 В, а включенные последовательно – 78 В.

При обрыве хотя бы одного из светодиодов стабилитроны откроются и напряжение на конденсаторе С2 будет стабилизировано на уровне 78 В, это меньше рабочего напряжения конденсатора С2, поэтому взрыва не случится.

### **1.3.2 Система освещения на базе микроконтроллера Arduino**

Платформа Arduino пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду.

Система освещения содержит:

- а) датчики, отслеживающие расстояние до преграды для управления системой;
- б) датчик для считывания сигналов с пульта дистанционного управления;
- в) светодиоды, которые обеспечивают необходимую функциональность освещения;
- г) управляющий блок, управляющий всей системой.

В качестве датчиков расстояния применяются дальномеры, каждый из которых соответствует определенному цвету: красный, зеленый, синий. Датчики расстояния следят за расстоянием руки до ночника и, чем ближе рука будет подноситься к определенному датчику, тем сильнее будет гореть цвет,

соответствующий этому дальномеру. И наоборот, чем дальше рука, тем меньше подается напряжение на цвет, соответствующий датчику.

В качестве датчиков расстояния для проекта использованы ультразвуковые дальнометры HC-SR04.

Принцип действия HC-SR04 основан на явлении эхолокации. При его использовании излучатель формирует акустический сигнал, который отразившись от преграды, возвращается к датчику и регистрируется приемником. Зная скорость распространения ультразвука в воздухе (примерно 340м/с) и время запаздывания между излученным и принятым сигналом, легко рассчитать расстояние до акустической преграды.

Вход TRIG подключается к любому выводу микроконтроллера. На этот вывод нужно подавать импульсный цифровой сигнал длительностью 10 мкс. По сигналу на входе TRIG датчик посылает пачку ультразвуковых импульсов. После приема отраженного сигнала, датчик формирует на выводе ECHO импульсный сигнал, длительность которого пропорционально расстоянию до преграды.

В качестве ик-датчика использован VS1838B TSOP1838. С данного датчика считывается и декодируется сигнал, необходимый для дистанционного управления.

Выбрана модель светодиодов SMD 5050RGB.

В зависимости от величины напряжения, подаваемого на каждый светодиод, они будут менять интенсивность этого освещения. Светодиод должен быть подключен через резистор. Резистор нужен для того, чтобы ограничить ток на светодиоде до приемлемой величины.

Панки со светодиодами, питаются от 12В.

В связи с тем, что напряжение на светодиодах в «выключенном» состоянии равно 6В и необходимо регулировать питание, которое превосходит 5В, в схему добавлены транзисторы BC547с, работающие в ключевом режиме.

Схема системы освещения на базе микроконтроллера Arduino представлена на рисунке 1.8.

### **1.3.3 Автомат ночного освещения на микроконтроллере PIC12C508**

На рисунке 1.9 показана схема автомата ночного освещения.





МАС97А6 — четырех квадратный. Для повышения надежности работы устройства емкость конденсатора С1 рекомендуется увеличить до 0,33 мкФ.

#### **1.4 Основные требования, предъявляемые к микропроцессорному устройству управления освещением**

Разрабатываемое микропроцессорное устройство управления освещением предназначено для освещения рабочей зоны в промышленном помещении. Правильная регулировка цвета местного технологического освещения снижает утомляемость, количество брака и уменьшает вредные последствия для зрения работников, тем самым повышая производительность.

МПУ должно содержать:

- а) микроконтроллера АТМega8;
- б) драйвер светодиода;
- в) фотодатчик;
- г) усилитель;
- д) выпрямитель;
- е) стабилизатор напряжения.

Микроконтроллер служит для преобразования электрического сигнала, поступающего от фотодатчика, в цифровую форму, что удобно для запоминания и дальнейшего использования. Три цифровых значения отраженного света будут считаться значением цветности объекта.

Драйвер предназначен для организации наиболее оптимального режима работы светодиодов.

Фотодатчик основан на светочувствительных элементах, которые реагируют на изменение интенсивности освещения для дальнейшей передачи электрического сигнала на микроконтроллер.

Выпрямитель преобразует переменный ток в постоянный. Стабилизатор напряжения поддерживает неизменным напряжение на нагрузочном резисторе. На вход МПУ поступает сигнал от фотодатчика, а на выходе происходит процесс работы светодиодов с необходимой интенсивностью и цветностью.

## 2 Расчетная часть. Разработка принципиальной схемы и расчет основных параметров микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью

### 2.1 Проектирование структурной схемы МПУ

Разрабатываемое МПУ с регулируемой цветностью может быть построено по следующей структурной схеме, показанной на рисунке 2.1.

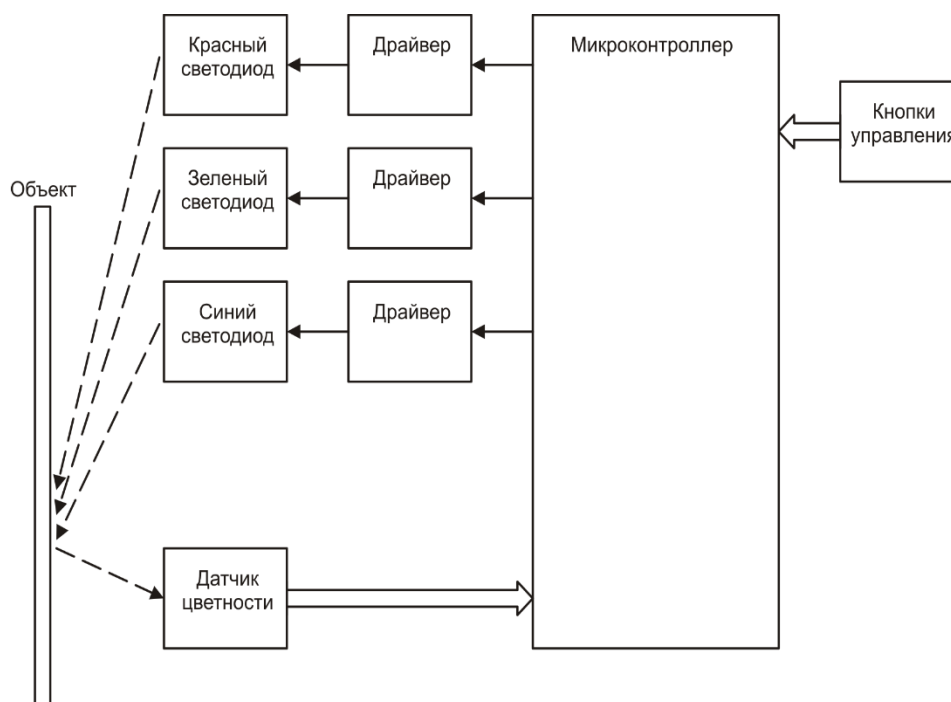


Рисунок 2.1 - Функциональная схема МПУ с регулируемой цветностью.

Составные части МПУ:

- а) датчик цветности;
- б) микроконтроллер;
- в) драйвера светодиодов;
- г) светодиоды;
- д) кнопки управления.

Принцип действия основан на плавном управлении яркостью трех светодиодов основных цветов по принципу ШИМ. Световое излучение создается тремя цветными светодиодами: красным, зеленым и синим. Светодиоды питаются постоянным или импульсным током от блока питания. Для того, чтобы можно было отдельно регулировать яркость светодиодов, имеются три драйвера, управляемые с помощью ШИМ. Управление ключами происходит от



микроконтроллера, который для этого имеет три управляющих сигнала ШИМ: R (Red) - красный, G (Green) - зеленый, B (Blue) - синий. Микроконтроллер может принимать сигналы от датчика цветности, который меряет отраженный свет. Этот свет, отраженный от объекта может быть измерен отдельно для каждого из трех светодиодов. Так можно получить значение цветности объекта. Управление параметрами происходит посредством кнопок.

## 2.2 Выбор аппаратного и программного обеспечения

### 2.2.1 Обоснование выбора микроконтроллера

Микроконтроллер ATmega8 экономичный 8-разрядный микроконтроллер, основанный на усиленной AVR RISC архитектуре. ATmega8 обеспечивает производительность 1 млн. оп. в сек. на 1 МГц синхронизации за счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл и позволяет оптимизировать потребление энергии за счет изменения частоты синхронизации.

Этот микроконтроллер представляет собой микросхему с 28 выводами рисунок 2.2, назначение которых поясняется в таблице 2.1 Некоторые выводы имеют двойное или тройное назначение.

Архитектура ATmega8 показана на рисунке 2.3.

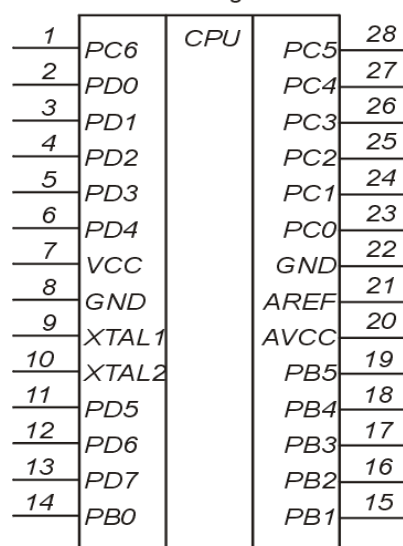


Рисунок 2.2 – Назначения выводов микроконтроллера ATmega8.

Таблица 2.1 – Назначение выводов микроконтроллера ATmega8

Вывод	Обозначение	Назначение
7	VCC	Напряжение питания.
8,22	GND	Общий провод.

Вывод	Обозначение	Назначение
10,9, 19..14	Port B (PB7..PB0)	8-битовый двунаправленный порт. Эти выводы также могут быть запрограммированы на специальные назначения.
1,28..23	Port C (PC6..PC0)	7-битовый двунаправленный порт. Эти выводы также могут быть использованы как выходы адреса внешней памяти.
13..11,6..2	Port D (PD7..PD0)	8-битовый двунаправленный порт. Эти выводы также могут быть запрограммированы на специальные назначения.
20	AVCC	Напряжение питания АЦП.
21	AREF	Опорное напряжение АЦП.
1	#RESET	Сброс.
9	XTAL1	Вход тактового генератора.
10	XTAL2	Выход тактового генератора.
19	SCK	Тактовый сигнал для последовательного интерфейса SPI (интерфейса программирования).
18	MISO	Вход данных ведущего SPI.
17	MOSI	Выход данных ведущего SPI.
17	OC2	Выход таймера-счетчика 2.
16	SS	Вход выбора ведомого SPI.
15,16	OC1A, OC1B	Выходы таймера-счетчика 1.
14	ICP	Вход таймера-счетчика 1.
13	AIN1	Инвертирующий вход аналогового компаратора.
12	AIN0	Неинвертирующий вход аналогового компаратора.
11	T1	Вход таймера-счетчика 1.
5	INT1	Вход внешних прерываний 1.
4	INT0	Вход внешних прерываний 0.
3	TXD	Передаваемые данные UART.
2	RXD	Принимаемые данные UART.
23..28	ADC0..ADC5	Входы АЦП.

### 2.2.2 Обоснование выбора драйвера светодиодов

Драйвер светодиодов MBI6651 с высокоэффективным понижающим импульсным стабилизатором тока. С его помощью можно при минимальной нагрузке создать мощный стабилизированный источник тока для питания светодиодной нагрузки до 1А.

Благодаря технологии гистерезисной частотно-импульсной модуляции КПД источника достигает 96%. Выходной ток задается резистором внешней нагрузки и может регулироваться посредством изменения скважности управляющего сигнала ШИМ, подаваемого на диммерный вход.

В драйвере предусмотрена схема плавного включения, предохраняющая от скачков стартового тока. Кроме этого MBI6651 содержит схему отключения при снижении входного напряжения ниже минимального значения (UVLO), защиту

от перегрева, а также контроля обрыва и короткого замыкания светодиодной нагрузки.

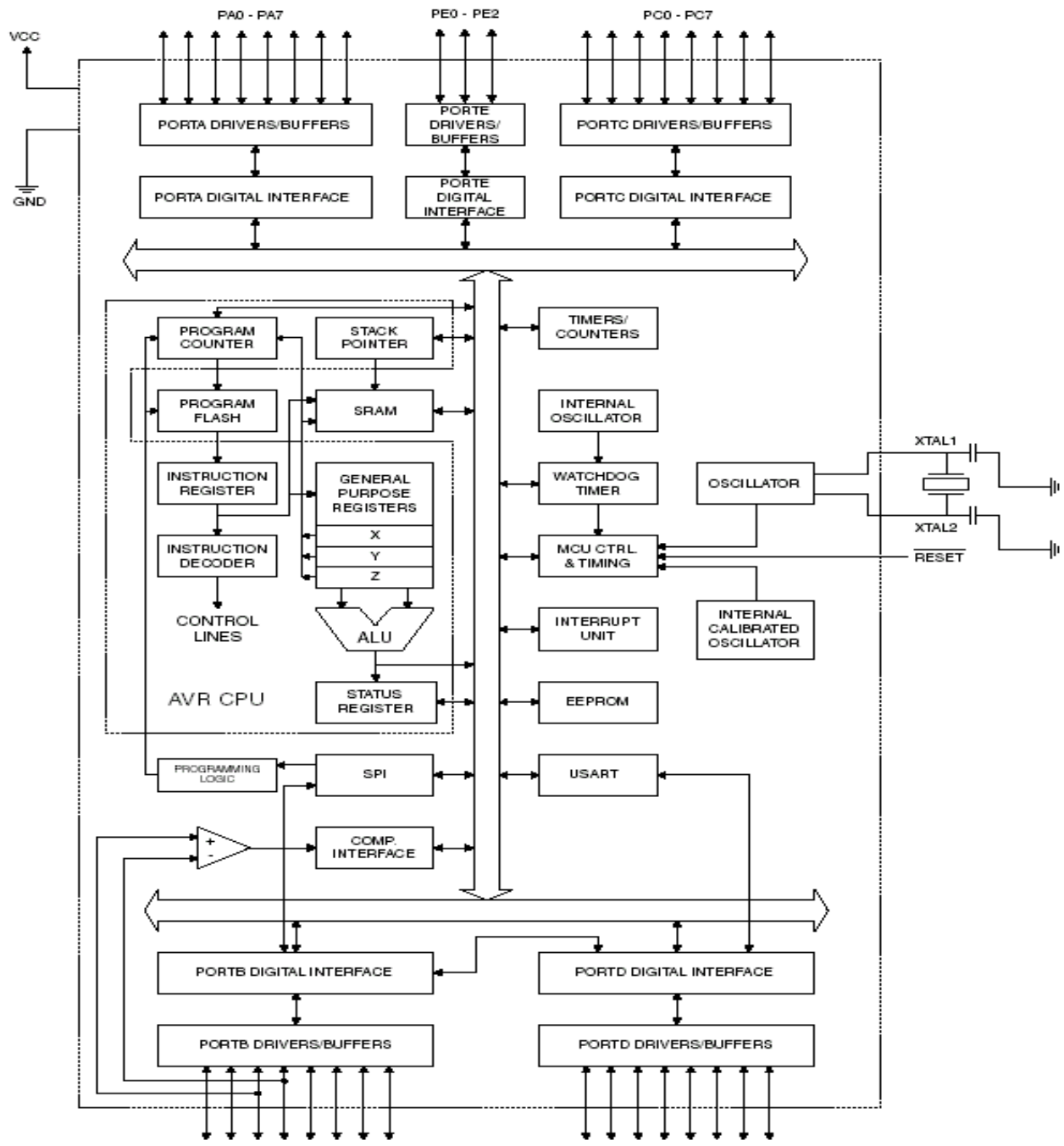


Рисунок 2.3 – Архитектура микроконтроллера ATМega 8.

Конструктивное исполнение микросхем MBI6651 выполнено с учетом оптимального теплового режима эксплуатации мощных источников питания и представлено тремя вариантами корпусов - TO-252-5L, SOT-23-6L и MSOP-8L.

Основное применение:

- а) информационная и декоративная светодиодная подсветка;
- б) автомобильные источники света;

- в) мощное светодиодное освещение.
- г) источники постоянного тока;
- д) конструктивная совместимость;
- е) 1А выходного постоянного тока;
- ж) КПД 96% при 12В входного напряжения 350mA выходного тока;
- з) гистерезисная частотно-импульсная модуляция;
- и) регулируемое значение выходного тока;
- к) комплексная защита драйвера и нагрузки;
- л) минимальная внешняя обвязка.

Внутренняя структура драйвера показана на рисунке 2.4.

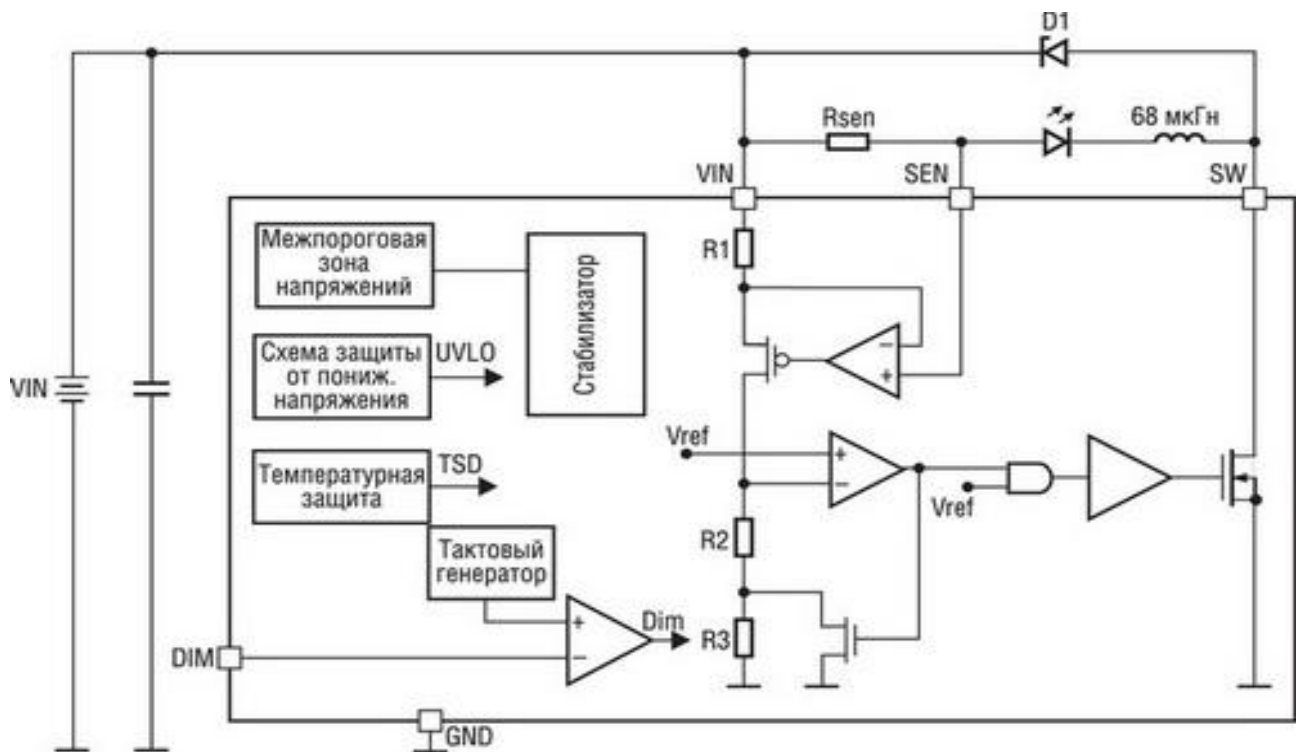


Рисунок 2.4 - Функциональная блок-схема драйвера MBI6651.

Назначение выводов показана на рисунке 2.5, а описание в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Назначение выводов драйвера MBI 6651

Обозначение вывода	Назначение вывода
GND	Общий вывод
SW	Силовой ключ
DIM	Диммерный вход
SEN	Вход контроля тока
VIN	Входное питание
NC	Свободный вывод

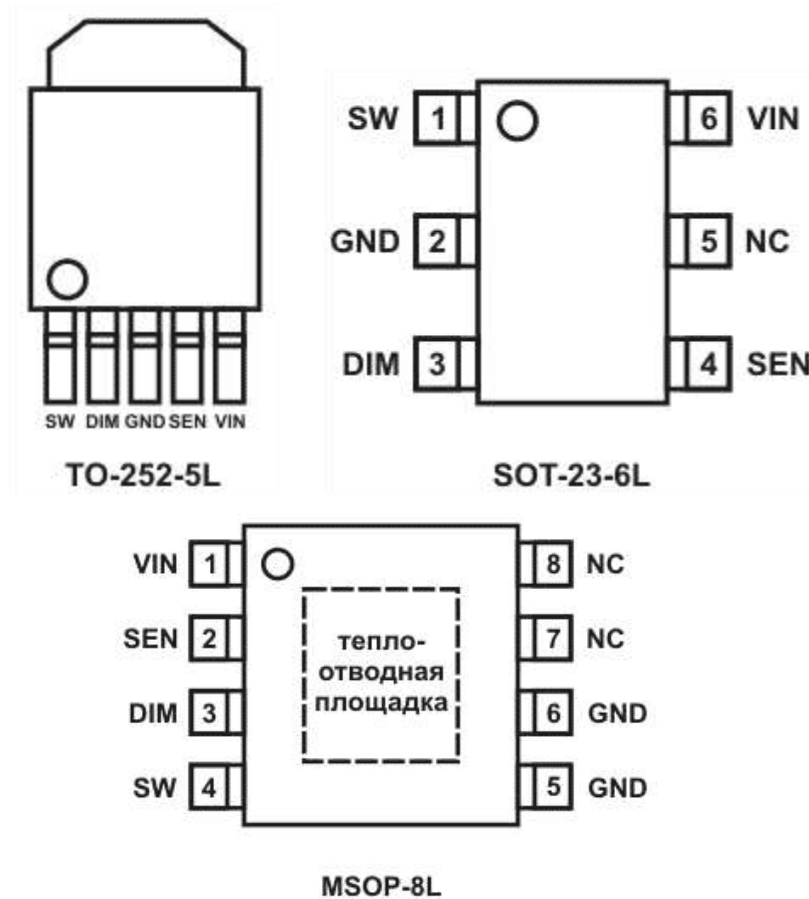


Рисунок 2.5 – Назначение выводов драйвера MBI 6651.

### 2.2.3 Обоснование выбора операционного усилителя

Сейчас рационально использовать фотодатчики, интегрированные вместе с усилителями. Применим интегральную схему OPT-101 производства фирмы Burr-Brown. Она содержит внутри себя операционный усилитель и фотодиод. Схема включения OPT-101 показана на рисунке 2.6.

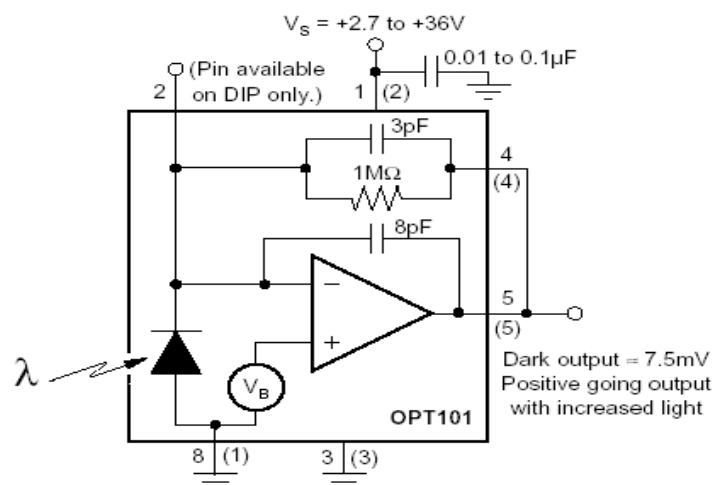


Рисунок 2.6 - Схема включения OPT-101.

Некоторые существенные параметры приведены из технического описания этой микросхемы:

- а) напряжение питания от 2,7 В до 36 В;
- б) ток потребления усилителя 240 мкА;
- в) чувствительность при использовании внутреннего резистора обратной связи 0,45 В/мкВт  $\pm$  5 %;
- г) нелинейность характеристики 0,01 %;
- д) темновое напряжение на выходе от 5 до 10 мВ;
- е) температурный коэффициент темнового напряжения 2,5 мкВ/°С;
- ж) максимальный ток нагрузки 15 мА;
- з) площадь фотоприемника 5,2 мм<sup>2</sup>.

#### **2.2.4 Обоснование выбора стабилизатора**

Стабилизаторы напряжения (стабилизаторы напряжения переменного тока или напряжения) применяются в качестве защитного устройства для различного типа оборудования.

Стабилизаторы напряжения выполняют следующие функции:

- а) выравнивание уровня напряжение сети до нормального значения, требуемого для питания электроприборов, оборудования, бытовой техники;
- б) защита оборудования и электроприборов от резких скачков напряжения сети;
- в) защита электроприборов от промышленных и атмосферных импульсных шумов;
- г) защита электроприборов от перегрузок, короткого замыкания, неправильного подключения сети и фазировки.

Блоки питания, встроенные в современную технику, а также в системы освещения могут работать в широком диапазоне входных напряжений. Однако высокие и короткие во времени перепады напряжения в основной сети выводят их из строя. Также, длительная эксплуатация при завышенном или заниженном напряжении также, может быть причиной поломки дорогостоящего оборудования.

Стабилизаторы напряжения применяются для защиты систем освещения, телевизора или холодильника, микроволновки, жидкокристаллических и плазменных телевизоров. Так же, стабилизатор может комплексно снабжать загородный дом, коттедж, оборудование медицинского центра или промышленного предприятия. Разные модели стабилизаторов имеют разные параметры - потребляемая мощность, рабочий диапазон входного напряжения, точность поддерживаемого напряжения на выходе, различные условия эксплуатации.

Принципиальная схема МПУ приведена в приложении А.

### **2.2.5 Обоснование выбора программного обеспечения**

В качестве языка программирования выбрали ассемблер. Команды языка ассемблера отвечают командам процессора. Фактически, они и являются более удобной для человека символьной формой записи — мнемокоды — команд и их аргументов. При этом одной команде языка ассемблера может соответствовать несколько вариантов команд процессора.

Язык ассемблера дает возможность использования символических меток вместо адресов ячеек памяти, которые при ассемблировании замещаются на вычисляемые ассемблером или компоновщиком абсолютные или относительные адреса, а также директивы (команды ассемблера, не переводимые в машинные команды процессора, а выполняемые самим ассемблером).

Директивы ассемблера разрешают, в частности, включать блоки данных, задавать ассемблирование фрагмента программы по условию, задавать значения меток, применять макрокоманды с параметрами.

Каждая модель (или семейство) процессоров имеет свой набор — систему — команд и соответствующий ему язык ассемблера. Наиболее популярные синтаксисы языков ассемблера — Intel-синтаксис и AT&T-синтаксис.

Основные достоинства написания программ на языке Ассемблер приведены на рисунке 2.7.

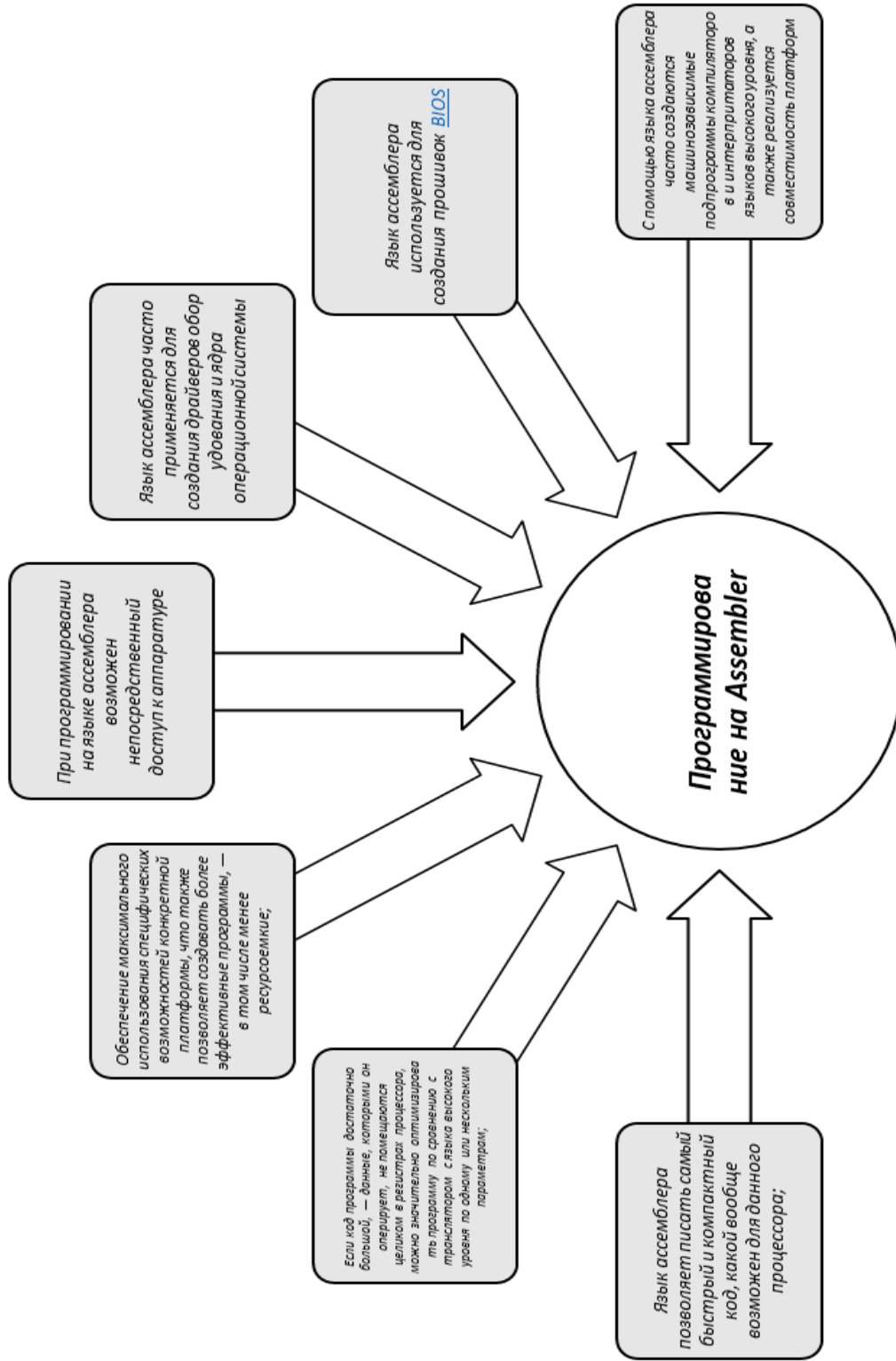


Рисунок 2.7 - Основные достоинства написания программ на языке Ассемблер.



### 2.3 Оценка технических характеристик микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью

Токоизмерительное сопротивление R6 (см. приложение А) рассчитывается следующим образом: согласно данным драйвера MBI 60851 на нем должно быть падение напряжения 100 мВ при максимальном токе светодиода, то есть при 370 мА. Поэтому:

$$R6 = 100 \text{ мВ} / 370 \text{ мА} = 0,27 \text{ Ом}. \quad (2.1)$$

Конденсаторы C6 и C9 нужны для подавления взаимных помех, создаваемых драйверами. Они должны быть приближены к выводам драйвера.

Фотодатчик и усилитель. Рассчитаем требуемые параметры включения микросхемы. Необходимо измерять освещенности до  $1000 \text{ Лк} = 1000 \text{ Лм/м}^2$ . Для белого света с равно-энергетическим спектром можно найти необходимую плотность потока энергии:

$$(1000 \text{ Лм/м}^2) / (242 \text{ Лм/Вт}) = 4,1 \text{ Вт/м}^2. \quad (2.2)$$

При площади фотодатчика  $5,2 \text{ мм}^2 = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$  получаем световую мощность, падающую на датчик:

$$4,1 \text{ Вт/м}^2 * 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 21 \cdot 10^{-6} \text{ Вт} = 21 \text{ мкВт}. \quad (2.3)$$

Найдем выходное напряжение микросхемы:

$$0,45 \text{ В/мкВт} * 21 \text{ мкВт} = 9,4 \text{ В}. \quad (2.4)$$

Это примерно в 2 раза больше, чем нужно, так как встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в контроллере требует входных напряжений в диапазоне от 0 до напряжения питания контроллера, то есть до 5 В.

Для того, чтобы понизить чувствительность до нужного значения, необходимо использовать внешний резистор обратной связи вместо внутреннего.

Так как сопротивление внутреннего резистора 1 МОм, то для понижения чувствительности в 2 раза нужно использовать дополнительный внешний резистор 1 МОм, включив его параллельно внутреннему.

АЦП в контроллере может работать с частотами дискретизации до 15 кГц.

Поэтому полосу пропускания усилителя нужно ограничить менее чем до примерно половины этого значения, например, до 5 кГц. На удобство использования светильника это никак не повлияет, на все три цветовых измерения уйдет времени всего  $3 * (1/5 \text{ кГц}) = 0,6 \text{ мс}$ . В автоматическом режиме можно будет производить такие измерения с частотой до сотен Гц.

Рассчитаем требуемую внешнюю емкость для частоты среза 5 кГц:

$$1/(5 \text{ кГц} * 510 \text{ кОм}) = 390 \text{ пФ}.$$

К выводам питания микросхемы также должен быть подключен помехоподавляющий конденсатор емкостью 10 - 100 нФ (согласно техническому описанию).

Цепи питания. МПУ подключается к сети постоянного тока 24 В или к сети переменного тока через понижающий трансформатор.

Микроконтроллер потребляет примерно 10 мА, фотодатчик 0,1 мА. Падение напряжения на стабилизаторе может составить до 30 В. При таком малом токе мощность, рассеиваемая стабилизатором составит не более  $30 \text{ В} * 10 \text{ мА} = 300 \text{ мВт}$ , поэтому радиатор не требуется.

При питании от сети постоянного тока диод VD1 выполняет защитную функцию (от неправильной полярности). Максимальный ток выбранного диода 10 А, что с большим запасом достаточно для питания трех светодиодов, общий ток которых составляет 1,1 А.

При питании от сети переменного тока диод играет роль выпрямителя.

Найдем пульсацию напряжения на емкости C4:

$$\Delta U = I \Delta t / C = 1,1 * 0,02 / 0,0047 = 4,7 \text{ В}. \quad (2.5)$$

Так как минимальное напряжение на входе стабилизатора должно быть примерно 7 В, на диоде VD1 теряется 0,7 В, получаем, что минимальная амплитуда переменного напряжения должна быть:

$$7 + 4,7 + 0,7 = 12,5 \text{ В}.$$

Максимальная амплитуда определяется максимально допустимым напряжением драйвера и равна 36 В.

Исходя из амплитудных значений, найдем диапазон допустимых

действующих напряжений понижающего трансформатора. Минимальное:

$$12,5 \text{ В}/\sqrt{2} = 9 \text{ В.}$$

Максимальное:

$$36 \text{ В}/\sqrt{2} = 25 \text{ В.}$$

Таким образом, светильник можно питать:

- а) от источника постоянного тока с напряжением от 8 В до 36 В;
- б) от источника переменного тока с напряжением от 9 В до 25 В.

Принципиальная схема МПУ приведена в приложении А

## 2.4 Алгоритм работы микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью

Последовательность работы микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью показан на рисунке 2.8.

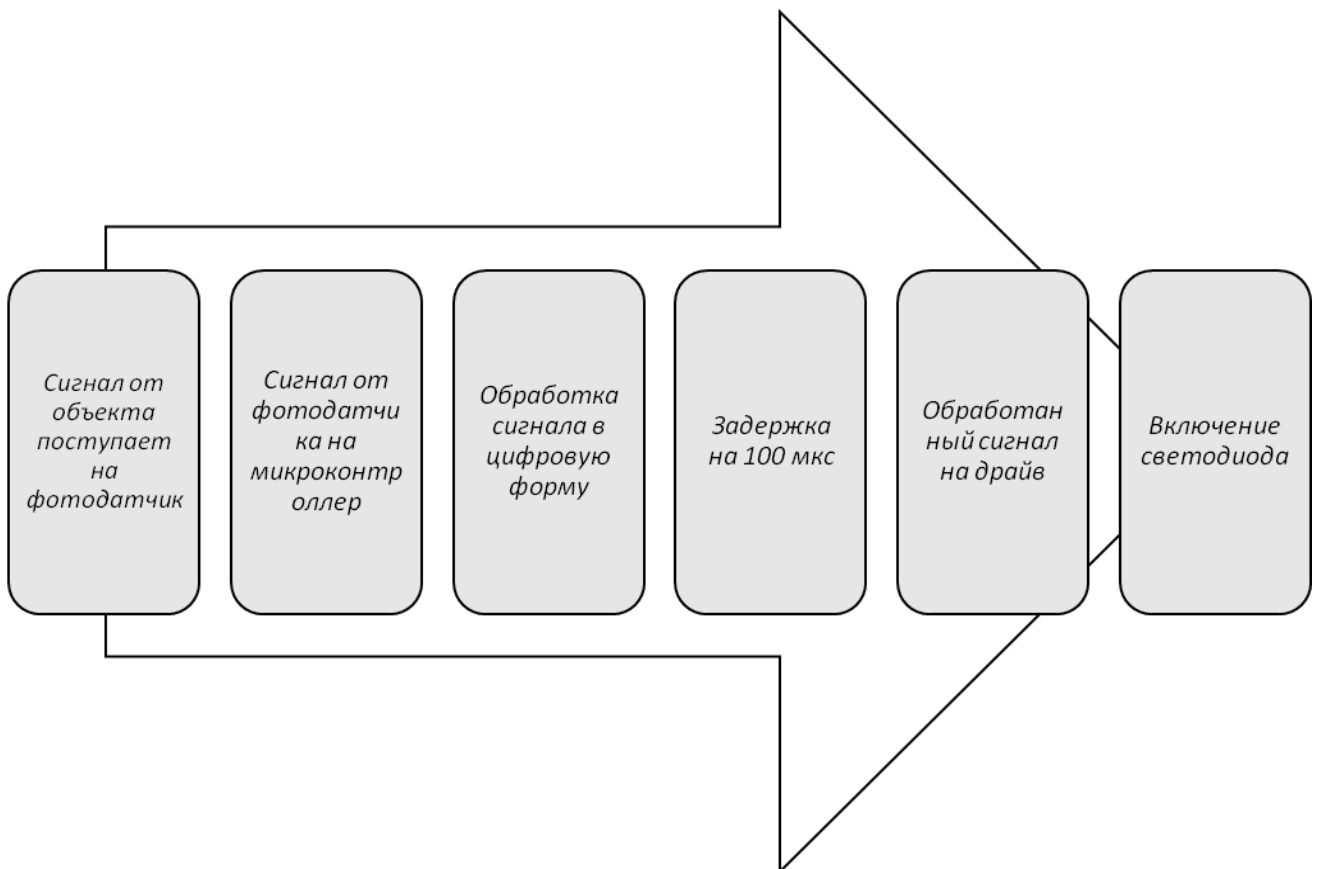


Рисунок 2.8 - Последовательность работы микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью.

На рисунке 2.9 представлен алгоритм операции включения АЦП.



Рисунок 2.9 - Алгоритм включения АЦП на заданный канал.

На рисунке 2.10 изображен алгоритм ввода кода с АЦП в однократном режиме.

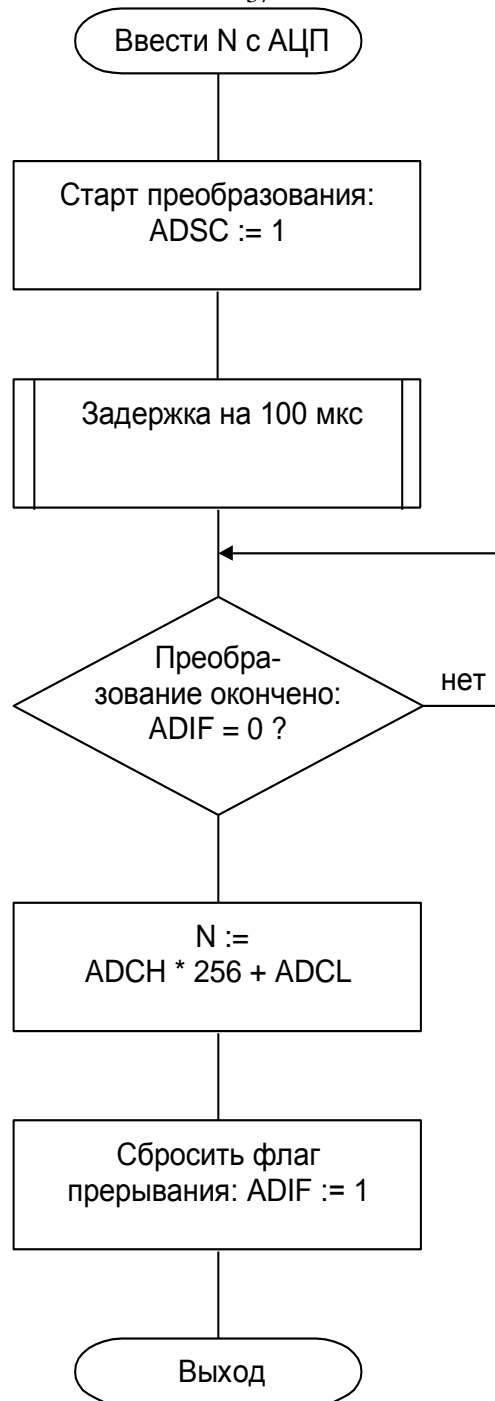


Рисунок 2.10 - Алгоритм ввода кода с АЦП в однократном режиме.

Чтобы начать преобразование, посылается бит ADSC. Так как процессор контроллера работает значительно быстрее АЦП, далее происходит ожидание окончания преобразования.

При этом проверяется бит ADIF. Потом из двух 8-битовых регистров получается результат. После приема результата необходимо сбросить флаг прерывания, иначе в следующий раз нельзя будет определить конец преобразования.

## 2.5 Расчет надежности аппаратной части микропроцессорного устройства

Под надежностью изделия понимается его свойство сохранять свое качество при определенных условиях эксплуатации в течение заданного промежутка времени. Количественно надежность характеризуется рядом интервальных, интегральных и точечных показателей.

При расчете надежности в данном курсовом проекте используем точечный показатель надежность – интенсивность отказов. Интенсивность отказов определяется как вероятность невосстанавливаемого отказа изделия в единицу времени после некоторого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возникал. Приведем значения интенсивности отказов изделий, входящих в проектируемое микропроцессорное устройство:

- а) резисторы постоянные композиционные –  $5 \cdot 10^{-8}$ ;
- б) конденсаторы постоянной емкости -  $10^{-7}$ ;
- в) диоды кремниевые –  $5 \cdot 10^{-8}$ ;
- г) интегральные микросхемы кремниевые -  $3 \cdot 10^{-7}$ ;
- д) разъемы -  $3 \cdot 10^{-9}$ ;
- е) транзисторы -  $3 \cdot 10^{-7}$ .

Будем полагать, что при выходе из строя хотя бы одного элемента, вся схема перестает работать, тогда при расчете надежности условно можно представить все устройство в виде последовательно соединенных блоков.

В проектируемом устройстве: конденсаторов – 23шт., резисторов – 26 шт., диодов – 9шт., микросхем – 5шт., транзисторов – 3шт., разъемов – 8шт.

Таким образом, общая интенсивность отказов равна сумме интенсивностей отказов все элементов:  $85,74 \cdot 10^{-7}$ . Время безотказно работы – 116631 час.

### **3 Конструкторская часть. Разработка печатной платы, компоновка и программирование микропроцессорного устройства управления освещением**

#### **3.1 Компоновка печатной платы**

Нынешние организации не смогут выживать в условиях во всемирной конкуренции, если не будут выпускать новые продукты лучшего качества, более низкой стоимости и за меньшее время. Поэтому они стараются использовать огромные возможности памяти компьютеров, их высокое быстродействие и потенциал удобного графического интерфейса для того, чтобы автоматизировать и связать друг с другом задачи проектирования и производства, которые раньше были весьма утомительными и совершенно не связанными друг с другом.

В настоящее время для сокращения времени, стоимости разработки и выпуска продукта широко используются технологии автоматизированного проектирования (computer-aided design - CAD), автоматизированного производства (computer-aided manufacturing - CAM) и автоматизированной разработки или конструирования (computer-aided engineering - CAE). Все эти системы входят в состав систем автоматизированного проектирования (САПР) для решения различных научных и производственных задач.

Значительное усложнение электронных устройств, в частности внедрение микросхем высокой степени интеграции и высокого быстродействия, потребовало применения сложных и многослойных ПП, которые практически невозможно разработать без применения средств автоматизации.

Любая система автоматизированного проектирования печатных плат (САПР ПП) является сложным комплексом программ, который обеспечивает непрерывный цикл, начиная с прорисовки принципиальной схемы и заканчивая генерацией управляющих файлов для оборудования, изготовления фотошаблонов, сверления отверстий, сборки и электрического контроля. Существует довольно большое количество САПР ПП, отличающихся по функциональным возможностям, интерфейсу пользователя, цене, доступности и т.д.

В области мелкосерийного производства благодаря своей невысокой стоимости и, тем не менее, высокой функциональности, устойчивое положение занимает отечественный продукт САПР ПП DipTrace российской фирмы Novarm. Она представляет собой полнофункциональную систему для разработки принципиальных схем и печатных плат. Обладает весьма удобным, интуитивным, Windows-подобным и, естественно, русифицированным интерфейсом. Включает в себя четыре программных модуля:

а) PCB Layout - проектирование плат с удобной интерактивной и автоматической трассировкой;

б) Schematic - создание принципиальных схем с последующей возможностью перевода их в платы;

в) ComEdit - редактор корпусов для печатной платы;

г) SchemEdit - редактор компонентов. Рисование символов схемотехники и связка их с корпусами.

В DipTrace применяется удобная система работы со слоями, количество слоев фактически соответствует числу сигнальных слоев печатной платы. Проводники устанавливаются в текущий сигнальный слой, при построении трасс можно переходить в другой слой. После построения, любой из фрагментов трассы, вся трасса или сеть могут быть перемещены в другой слой, при этом автоматически создаются межслойные переходы, которые не существуют в программе как отдельные объекты - их свойства фактически являются свойствами точки, являющейся переходной.

Программа включает встроенный сеточный оптимизационный автотрассировщик Grid Router, для создания нескольких вариантов трассировки платы и выбора лучшего из них. Имеется четыре режима настройки автотрассировщика разных по скорости и качеству. Есть также проверка на ошибки трассировки (пересечения, слишком близкое расположение проводников и т.д.).

Учитывая вышесказанное, разработку печатной платы АЦП для параметрических датчиков будем вести с помощью САПР ПП DipTrace.



Значительное усложнение электронных устройств, в частности внедрение микросхем высокой степени интеграции и высокого быстродействия, потребовало применения сложных и многослойных ПП, которые практически невозможно разработать без применения средств автоматизации.

Для создания перечня электрических соединений в программе Schematic была создана принципиальная электрическая схема МПУ. Отсутствующие в прилагаемых библиотеках корпуса элементов были созданы в программе ComEdit - редакторе корпусов для печатной платы. В программе SchemEdit (редактор компонентов) были разработаны оригинальные символы схемотехники и осуществлена их связка с корпусами. Результаты работы в программе Schematic приведены на рисунке 3.1.

После создания принципиальных схем разрабатываемого МПУ в программе Schematic был осуществлен перевод электрической схемы в PCB Layout - программу проектирование печатных плат с интерактивной и автоматической трассировкой.

После выбора из главного меню команды "Трассировка\Параметры трассировки", были установлены параметры (ширина трасс и расстояние между ними, расстояние до выводов и пр.), соответствующие 4 классу точности печатных плат. Результаты трассировки печатной платы системы в программе PCB Layout приведены на рисунке 3.2.

### **3.2 Описание особенностей программирования**

В целом программу рационально построить из нескольких подпрограмм. В зависимости от примененной системы программирования эти подпрограммы могут быть объединены в отдельные транслируемые файлы, модули или библиотеки. Предлагаемая структура модулей программного обеспечения показана на рисунке 3.3.

Стрелки обозначают вызовы подпрограмм. Вышележащие подпрограммы вызывают нижележащие (более низкого уровня).

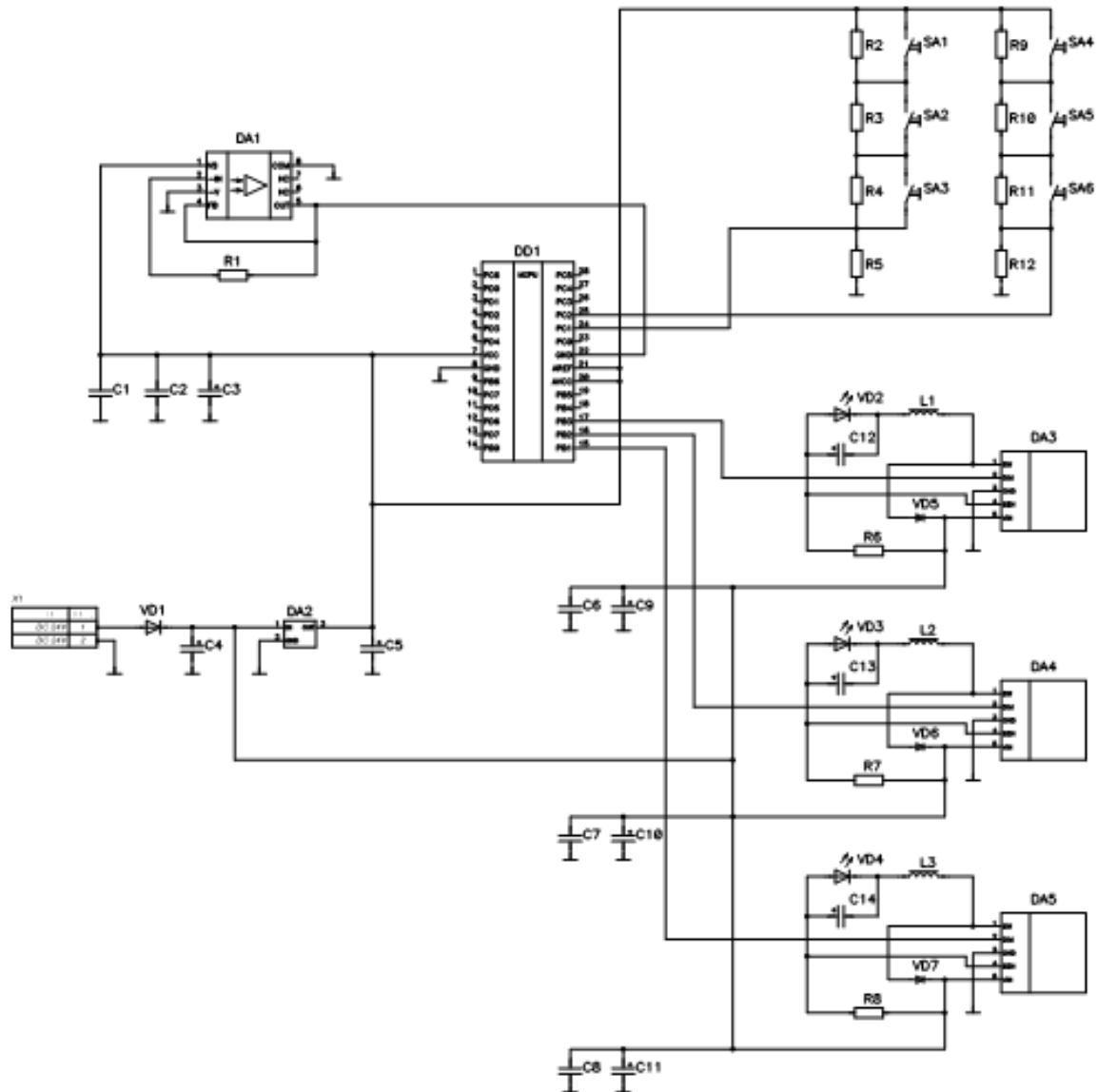


Рисунок 3.1 – Схема микропроцессорного устройства управления освещением, построенная в программе Schematic.

Микроконтроллер ATmega8-16PI содержит следующие интегрированные устройства, которые возможно использовать для формирования широтно-импульсной модуляции:

- а) два 8-битовых таймера-счетчика с отдельными предварительными делителями частоты (прескалерами):
  - б) один 16-битовый таймер-счетчик со своим отдельным прескалером;
  - в) счетчик реального времени с отдельным задающим генератором.

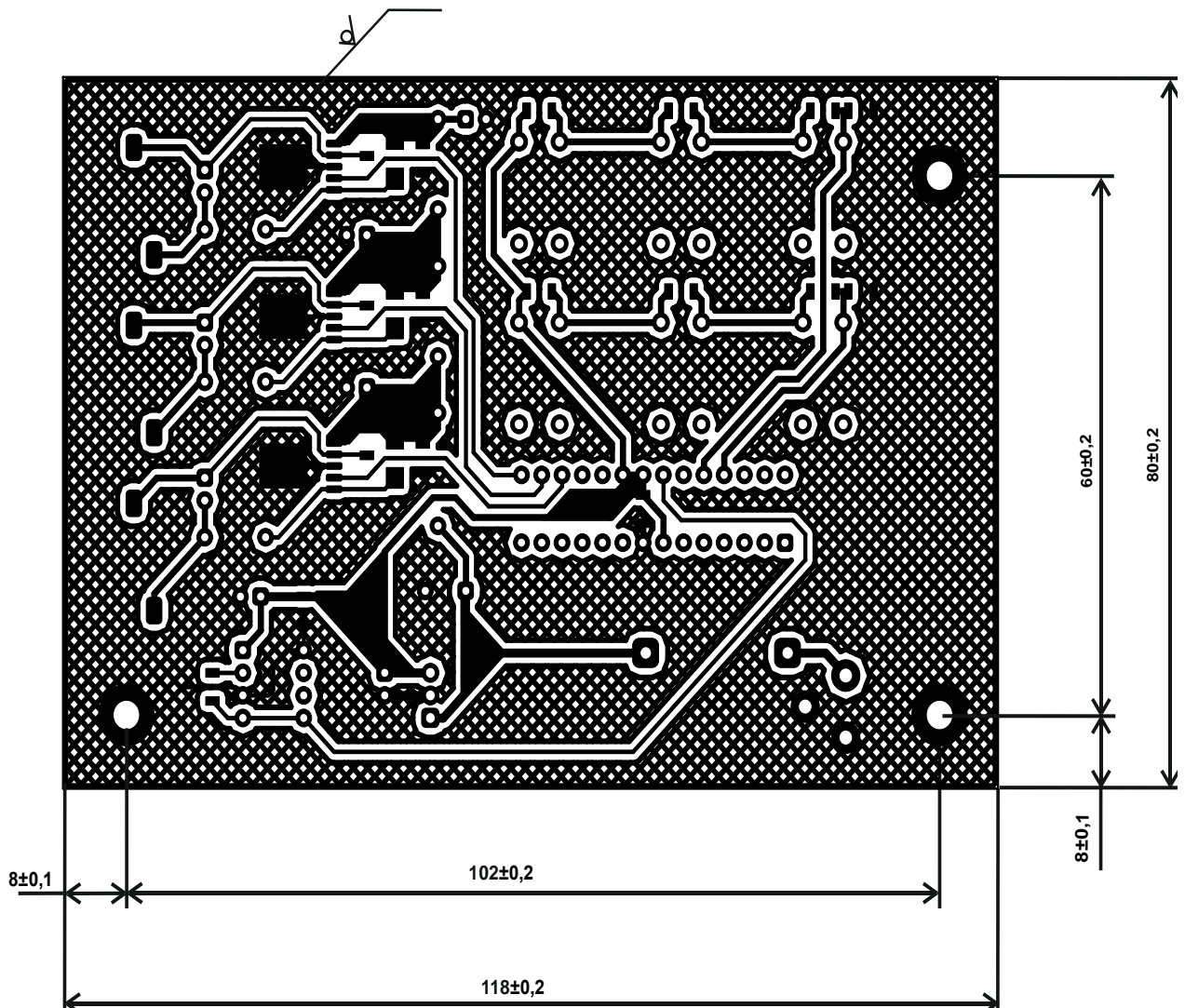


Рисунок 3.2 – Печатная плата микропроцессорного устройства управления освещением.

Кроме того, возможно программное формирование импульсов при тактировании от основной синхронизации контроллера, но это самый медленный метод, поэтому он явно не подойдет. Также нет смысла использовать счетчик реального времени. Необходимо выбрать между 8 и 16-битовыми таймерами.

При различных настройках прескалера 8-битовый таймер-счетчик может тактироваться от частот  $f_T$ ,  $f_T/8$ ,  $f_T/64$ ,  $f_T/256$ ,  $f_T/1024$  где  $f_T$  - тактовая частота микроконтроллера, или от внешнего сигнала. После настройки прескалера можно запрограммировать счетчик на счет периодов  $f_T$  в количестве от 1 до 256, таким образом, задавая целый коэффициент деления частоты от 1 до 256. Внешний сигнал в данном проекте не используется, поэтому  $f_T$  равна частоте тактового генератора 1 МГц.

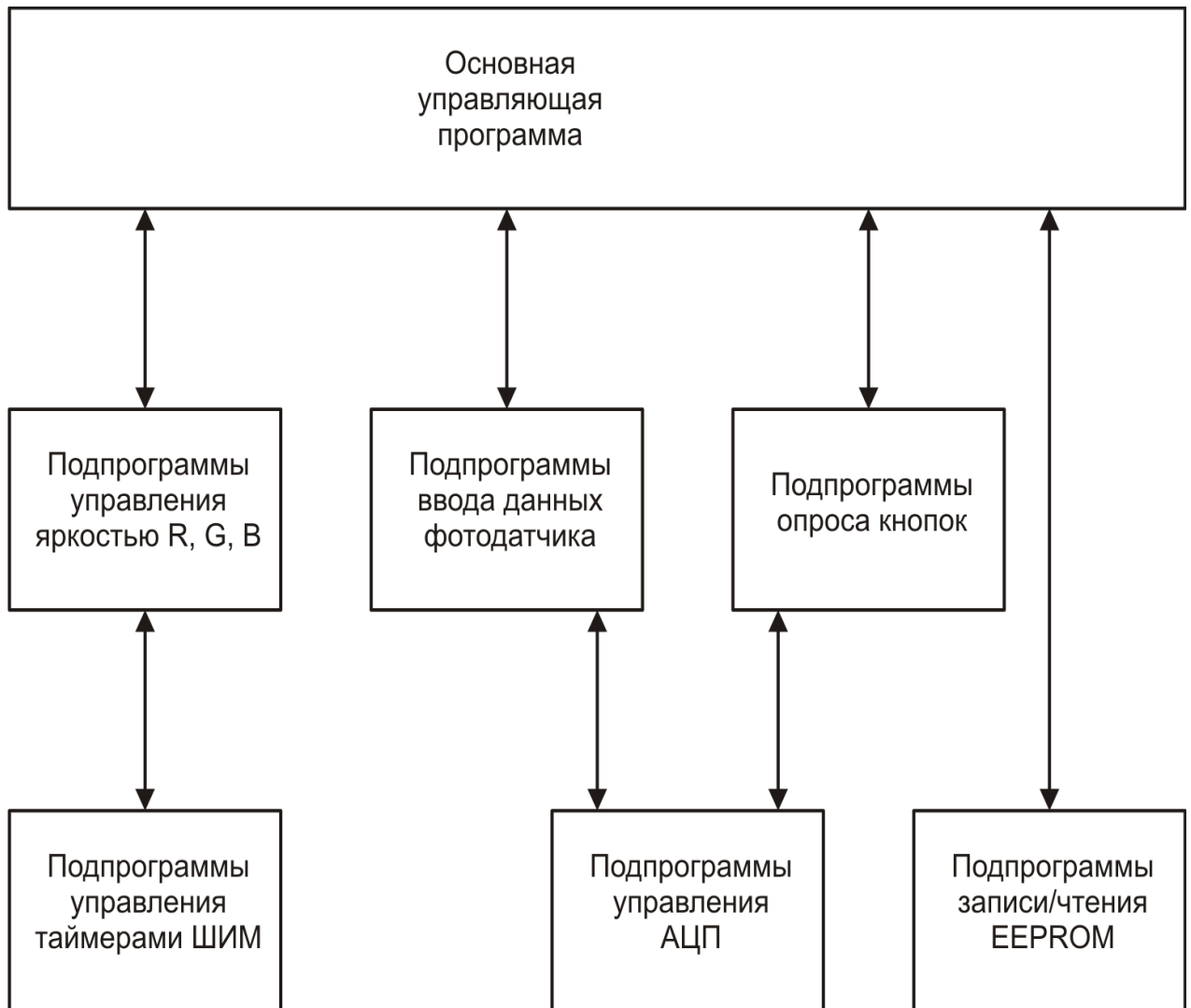


Рисунок 3.3 - Структура встроенного программного обеспечения.

При коэффициенте деления 256 получаем частоту ШИМ порядка 4 кГц.

Управление 16-битовым таймером в ATmega8 требует программирования нескольких регистров таймера:

а) в регистры ICR1H, ICR1L (пара 8-битовых регистров) помещается период счета, что задает частоту дискретизации, например для 20 кГц потребуется записать туда код 800;

б) в регистры OCR1AH, OCR1AL, OCR1BH, OCR1BL (2 пары 8-битовых регистров) помещаются пороги срабатывания ШИМ для выводов микропроцессора OC1A и OC1B соответственно;

- в) в регистры TCCR1A, TCCR1B помещаются биты управления режимом работы таймера (назначение битов подробно описано в техническом описании микроконтроллера).

Примеры подпрограмм для реализации ШИМ в этом контроллере приведены в приложении Б.

### **3.3 Настройка и тестирование микропроцессорного устройства управления освещением**

Настройка МПУ должна состоять из двух этапов:

- а) сначала при изготовлении добиваются работоспособности МПУ;
- б) потом при помощи образцового колориметра настраивают коэффициенты расчета в программе микроконтроллера, то есть производят калибровку, эти коэффициенты запоминаются в энергонезависимой памяти контроллера.

Первый этап настройки сводится в основном к правильному программированию и проверке микроконтроллера. Для программирования требуется компьютер и специальные устройства программирования микроконтроллера, присоединяемые к компьютеру с одной стороны и к МПУ - с другой. На рисунке 3.4 показана схема предполагаемого рабочего места для программирования и проверки устройства. Компьютер программирует МПУ через адаптер (программатор), который присоединяется к устройству через переходник - специализированное устройство ISP (ISP - In System Programming - программирование в системе).

Микроконтроллер ATmega8 имеет возможность программирования без удаления из системы (In System Programming - ISP). Для этого некоторые из выводов микроконтроллера (SCK, MISO, MOSI и RESET) подключаются на время программирования к игольчатым контактам устройства ISP.

На рисунке 3.5 показана принципиальная схема устройства программирования, которое обеспечивает ISP. Устройство подключается к адаптеру через 10-контактный разъем, а к светильнику - через игольчатые зажимы.

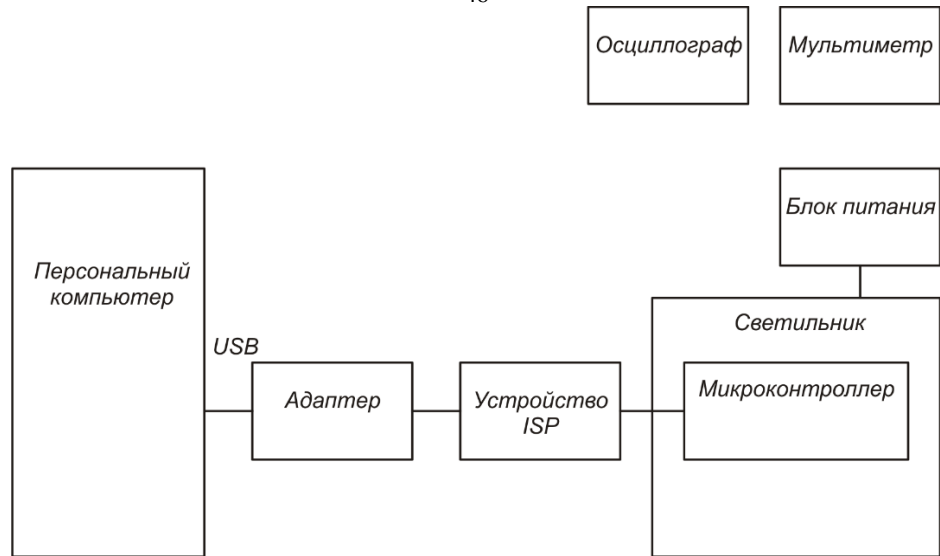


Рисунок 3.4 - Схема рабочего места программирования.

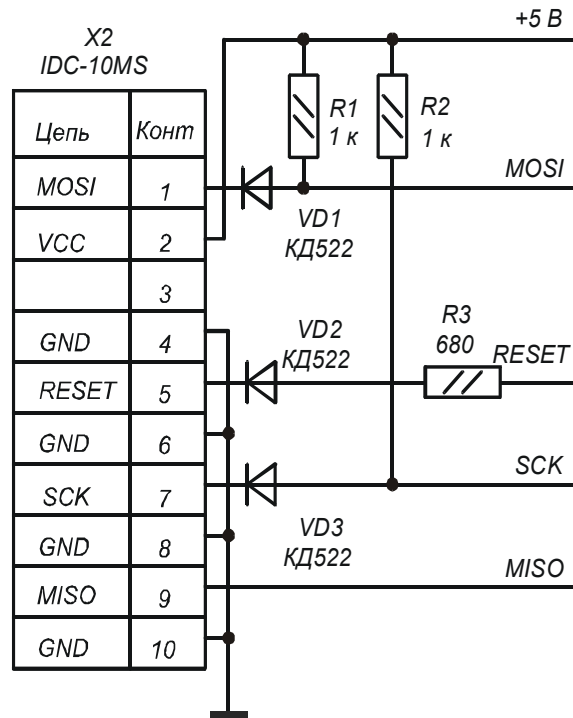


Рисунок 3.5 - Устройство ISP.

Адаптер для подключения к разъему устройства ISP зависит от поставленной системы программирования микроконтроллера. В России преобладает бесплатно распространяемая вместе с микроконтроллерами система AVR Studio.

Многие неисправности микропроцессорных устройств не могут быть выявлены такими средствами, как вольтметр, омметр или осциллограф. Важную роль играет тестовое программное обеспечение, специально написанное для

настройки. Состав программного обеспечения для настройки может быть примерно следующим:

- а) система программирования, поставляемая вместе с микроконтроллером;
- б) тест выходов портов;
- в) тест кнопок;
- г) тест ШИМ;
- д) тест АЦП;
- е) рабочая программа микроконтроллера;
- ж) программное обеспечение компьютера для калибровки МПУ.

Примерные этапы настройки, применяемое технологическое оборудование и контрольные параметры приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Этапы настройки, технологическое оборудование и контрольные параметры

№	Операция	Оборудование	Контрольные параметры
1	Проверить на отсутствие коротких замыканий по цепям питания (светильник не подключен к питанию)	Омметр	Ненулевые сопротивления
2	Подключить блок питания и визуально проверить включением		Отсутствие срабатывания защиты блока питания и других признаков неисправности
3	Проверить напряжение на выводах питания микросхем	Вольтметр	5 В $\pm$ 10%
4	Запрограммировать тест выходов портов	Адаптер программирования, компьютер, устройство ISP, система программирования	Отсутствие сообщений об ошибках
5	Протестировать порты	Осциллограф	Пачки прямоугольных импульсов разного количества для разных выводов
6	Запрограммировать тест кнопок	Адаптер программирования, компьютер, устройство ISP, система программирования	Отсутствие сообщений об ошибках
7	Протестировать кнопки	Светодиоды МПУ	Мигание светодиодов при нажатии кнопок

Продолжение таблицы 3.1

№	Операция	Оборудование	Контрольные параметры
8	Запрограммировать тест ШИМ	Адаптер программирования, компьютер, устройство ISP, система программирования	Отсутствие сообщений об ошибках
9	Протестировать ШИМ	Осциллограф	Импульсы с плавно меняющейся длительностью
10	Запрограммировать тест АЦП	Адаптер программирования, компьютер, устройство ISP, система программирования	Отсутствие сообщений об ошибках
11	Протестировать АЦП	Вольтметр, регулируемый блок питания	Показания в компьютере совпадают с показаниями вольтметра
12	Запрограммировать рабочую программу микроконтроллера	Адаптер программирования, компьютер, устройство ISP, система программирования	Отсутствие сообщений об ошибках
13	Проверить рабочую программу светильника	Осветитель, фотодатчик, набор материалов с разной отражающей способностью	Различные показания индикатора в соответствии с отражающей способностью

На втором этапе рабочее место будет выглядеть несколько по другому, так как потребуется эталонный колориметр, с которым будут сравниваться показания.

### **3.4 Эксплуатационная документация на микропроцессорное устройство управления освещением**

Для обеспечения сохранности МПУ необходимо периодически, после тщательного удаления пыли, протирать его мягкой тряпкой, пропитанной бескислотным вазелином, после чего обтирать сухой мягкой чистой тряпкой.

Особое внимание следует обращать на чистоту осветительных деталей. Нельзя касаться руками поверхностей светодиодов. Пыль с внешних поверхностей светодиодов следует сначала удалить кисточкой, хорошо промытой в эфире, после чего протереть поверхность мягкой батистовой или полотняной тряпочкой, слегка смоченной бензином или наркозным эфиром.



При перерывах в работе светофильтры следует хранить в ящике для принадлежностей.

При необходимости транспортирования МПУ и его комплект должны быть уложены в ящик так, чтобы они не перемещались.

#### 4 Расчет общей стоимости владения микропроцессорным устройством управления освещением

Для расчета стоимости владения устройством произвели расчет затрат на электроэнергию и амортизацию оборудования, а также расчет стоимости компонент системы.

Расчет затрат на электроэнергию:

$$C_{\text{эл}} = \sum_{g=1}^m N_g * T_g * K_{\text{исп.g}} * Ц_{\text{эл}}, \quad (4.1)$$

где:

$N_g$  – мощность оборудования  $g$ -ого вида, кВт;

$T_g$  – время работы оборудования  $g$ -ого вида, ч.

$K_{\text{исп.g}}$  – коэффициент использования оборудования  $g$ -ого вида по мощности;

$m$  – количество видов оборудования;

$Ц_{\text{эл}}$  – стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, руб.

Расчет затрат на электроэнергию используемого оборудования, представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	$N_g$ (кВт)	$T_g$ (ч)	$K_{\text{исп.g}}$	$Ц_{\text{эл}}$	Стоимость эл/энергии $C_{\text{эл}}$ руб.
Компьютер	0,3	576	0,60	2,3	238
Паяльная станция	0,1	8	0,80	2,3	1,5
Итого:					239,5

Расчет амортизационных отчислений:

$$C_{\text{ам}} = \sum_{g=1}^m \frac{C_{\text{об}} \cdot H_a \cdot T}{100 * F_{\text{об}}}, \quad (4.2)$$

где:

$C_{\text{ам}}$  – амортизационные отчисления;

$C_{\text{об}}$  – первоначальная стоимость  $g$ -го оборудования;

$H_a$  – норма амортизационных отчислений (оборудования  $g$ -го вида);

$F_{об}$  – годовой фонд времени работы оборудования  $g$ -го вида;

$T_g$  – время работы оборудования  $g$  –ого вида, ч.;

$m$  – количество видов оборудования, использовавшегося при проектировании.

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование	$C_{об}$	$N_a$	$F_{об}$	$T_g$ ( ч)	$C_{ам}$ (руб)
Компьютер	25000	25	2304	576	1562,5
Паяльная станция	3000	20	2304	8	2
Итого:					1564,5

Расчет компонентов устройства представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет компонентов системы

Наименование компонента	Цена, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Фольгированный стеклотекстолит	150	1	150
Припой ПОС-61А	99	1	99
Фоторезист POSITIVE	450	1	450
Хлорное железо	50	1	50
Сверла 0.8-3 мм	50	1	50
Конденсатор К10 – 17Б Н50 220 нФ	3	4	12
Конденсатор Jamicon 10 мкФ 16 В	3	1	3
Конденсатор К10 – 17Б Н50 100 нФ	3	5	15
Конденсатор К50-35-47мкФ-25В ТК P1E	6	2	12
Конденсатор SMD 1206 NPO 100нФ±5% 50В	82	2	164
Конденсатор К50-35-1000мкФ-50В U.low ESR P1E	12	1	12
Конденсатор SMD тип С 22мкФ±20%-16В	10	1	10
Микроконтроллер ATmega16 ATMEL	600	1	600
Микросхема OPT-101	520	1	520
Микросхема КРЕН5А	26	1	26
Микросхема МВ16651	69	3	207
Диод КД213	120	1	120
Диод LXHL-PD01	100	3	300
Диод SSCD206	100	3	300
С2-23 3,3 кОм 0,125 Вт±10%	2	4	8
СПЗ – 19Б 10 кОм ±20%	2	1	2
SMD 1206 9,1кОм±1%	1	2	2
Итого			3112

Общая стоимость владения многоканальной охранной системой определяется по формуле:

$$239,5+1564,5+3112=4916 \text{ руб.} \quad (4.3)$$

На рисунке 4.1 представлена диаграмма общей стоимости владения микропроцессорным устройством управления освещением.



Рисунок 4.1 - Диаграмма общей стоимости владения микропроцессорным устройством управления освещением.

## Заключение

В ходе бакалаврской работы был проведен анализ основных особенностей работы микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении, рассмотрены: работы микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении с регулируемой цветностью излучения на основе светодиодов, насыщенность и цветовой тон регулируются кнопками. Микропроцессорное устройство способно также подстраивать свой цвет по данным, полученным от встроенного датчика цветности. Предполагается использование микропроцессорного устройства в швейной промышленности. Проведен анализ существующих систем освещения. Разработаны принципиальная схема, спроектировано программное обеспечение и рассмотрены вопросы программирования микроконтроллера.

В ходе проектирования микропроцессорного устройства были определены основные составляющие МПУ, разработаны: структурная схема микропроцессорного устройства освещения в промышленных условиях, функциональная схема, дано обоснование выбора элементарной базы для разработки принципиальной схемы микропроцессорного устройства освещения в промышленных условиях. Разработаны методы сопряжения устройств принципиальной схемы с микроконтроллером.

Во время разработки микропроцессорного устройства освещения в промышленном помещении, разработана печатные платы микропроцессорного устройства, выбран корпус микропроцессорного устройства, разработаны методы сопряжения МПУ с периферийными устройствами, разработан алгоритм работы МПУ.

В экономическом разделе рассчитана общая стоимость владения микропроцессорным устройством.

В результате проделанной работы разработано микропроцессорное устройство освещения в промышленном помещении состоящая из:

а) микроконтроллера ATmega8;

б) драйвера светодиода DA3 MBI6651;

- в) фотодатчика ОРТ-101;
- г) усилителя;
- д) выпрямителя;
- е) стабилизатора напряжения.

## Список используемой литературы

1. 8-bit AVR with 8K bytes In-System Programmable Flash ATmega8A.  
Требования: Adobe Acrobat Reader. URL:  
[http://atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8159.pdf](http://atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8159.pdf) (дата обращения:  
5.11.2010).
2. Light-emitting diode Wikipedia. – URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode).
3. MBI6651 Step-Down, 1A LED Driver Macroblock, Inc. – Систем.  
требования: Adobe Acrobat Reader. URL:  
[http://www.mblock.com.tw/en\\_download\\_file/datasheet/MBI6651PDV100.pdf](http://www.mblock.com.tw/en_download_file/datasheet/MBI6651PDV100.pdf) (дата  
обращения: 8.10.2010).
4. OPT101 Monolithic photodiode and single-supply transimpedance amplifier.
5. Ананичев, К. А. Проблемы окружающей среды, энергии и природных  
ресурсов [Текст]. – М.: Прогресс, 1974. – 168 с.
6. Бахарев, И. Применение светодиодных светильников для освещения  
теплиц: реальность и перспективы [Текст] / И. Бахарев, А. Прокофьев, А.  
Туркин, А. Яковлев // Современные технологии автоматизации. – 2010. – №2. –  
С. 76–82.
7. Буданова, А. Управление цветом комбинированного светодиодного  
RGB-источника света.
8. Гужов, С. Сети уличного освещения с полупроводниковыми  
управляющими устройствами и источниками света: управление и расчет  
режимов [Текст] / С. Гужов, А. Полищук, А. Туркин // Полупроводниковая  
светотехника. – 2009. – №1. – С. 42–46.
9. Гуревич, М. М. Цвет и его измерение [Текст]. – М.: Изд-во АН СССР,  
1950.
10. Джакония, В. Е. Телевидение [Текст]. – М.: Горячая линия-Телеком,  
2002.
11. Миронов, С. Интегральные драйверы для светодиодного освещения  
часть I: AC/DC-драйверы [Электронный ресурс] / КОМПЭЛ. – URL:

<http://www.compeljournal.ru/enews/2010/10/2> (дата обращения: 8.10.2010).

12. Миронов, С. Интегральные драйверы для светодиодного освещения часть II: DC/DC-драйверы [Электронный ресурс] / КОМПЭЛ. – URL: <http://www.compeljournal.ru/enews/2010/10/3> (дата обращения: 8.10.2010).

13. Мирошниченко, Л. И. Солнечная активность и земля [Текст]. – М.: Наука, 1981. – 144 с.

14. Полноцветная управляемая светодиодная лампа Орел MR16-RGB [Электронный ресурс] / ООО «Световод». – URL: <http://www.leds.ru/?id=38> (дата обращения: 8.10.2010).

15. Ревелль, П. Среда нашего обитания. Книга 3. Энергетические проблемы человечества [Текст] / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М.: Мир, 1995. – 296 с.

16. Светодиод [Электронный ресурс] / Википедия. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиод> (дата обращения: 21.11.2010).

17. Светодиодные встраиваемые и накладные потолочные светильники Люксембург [Электронный ресурс] / ООО «Световод». – URL: <http://www.leds.ru/?id=69> (дата обращения: 8.10.2010).

18. Светодиодные прожекторы Москва [Электронный ресурс] / ООО «Световод». – URL: <http://www.leds.ru/?id=9> (дата обращения: 8.10.2010).

19. Светодиодные светильники Турин для освещения помещений [Электронный ресурс] / ООО «Световод». – URL: <http://www.leds.ru/?id=70> (дата обращения: 8.10.2010).

20. Светодиодные светильники Углич и ALZ для коммунального хозяйства (ЖКХ) [Электронный ресурс] / ООО «Световод». – URL: <http://www.leds.ru/?id=46> (дата обращения: 8.10.2010).

21. Светодиодные уличные светильники Уфа [Электронный ресурс] / ООО «Световод». – URL: <http://www.leds.ru/?id=44> (дата обращения: 8.10.2010).

22. Туркин, А. Н. Мощные светодиоды – современное решение проблемы энергосбережения [Текст] / Энергосбережение. – 2009. – №7. – С. 36–37.

23. Туркин, А. Светодиоды Cree [Текст] / А. Туркин, Е. Аверин // ЭнергоStyle (Энергетика и промышленность России). – 2009. – №1. – С. 32–35.



24. Цваненберг, Ф. Эффективные драйверы для СИД с регулируемой яркостью [Электронный ресурс] / Полупроводниковая светотехника. – URL: [http://www.led-e.ru/articles/led-supply/2010\\_2\\_36.php](http://www.led-e.ru/articles/led-supply/2010_2_36.php) (дата обращения: 8.10.2010).

25. Чижевский, А. Л. Земное эхо солнечных бурь [Текст]. – М.: Мысль, 1976. – 367 с.