



MICROCHIP *2010*
MASTERS Conference

LED10

Эффективное управление
мощными светодиодами.

Методы, топологии, решения

Вопросы

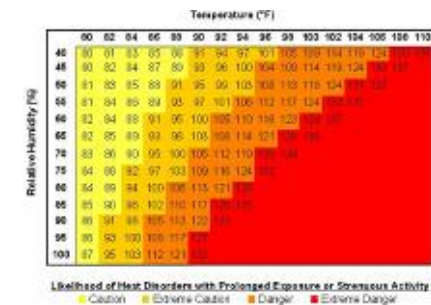
- | **Для чего нужны драйвера и какие**
- | **Топологии и особенности драйверов**
- | **Микроконтроллер как основа интеллектуального драйвера**

План

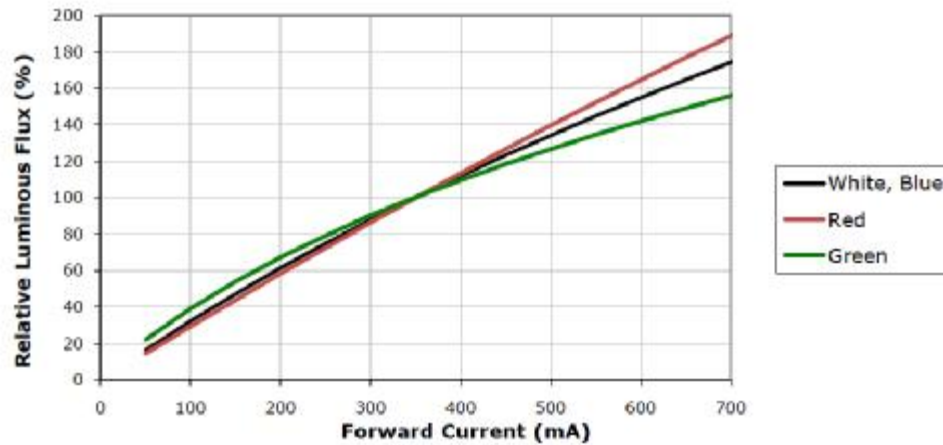
- | **Драйвера для светодиодов**
- | **Интеллектуальное освещение**
- | **Периферия PIC для драйверов**
- | **Примеры**
 - | Линейный драйвер
 - | Импульсный драйвер
 - | Перезаряжаемые решения
 - | Питание от сети переменного тока
 - | Управление яркостью и цветом
 - | Параллельное включение

Интеллектуальное освещение

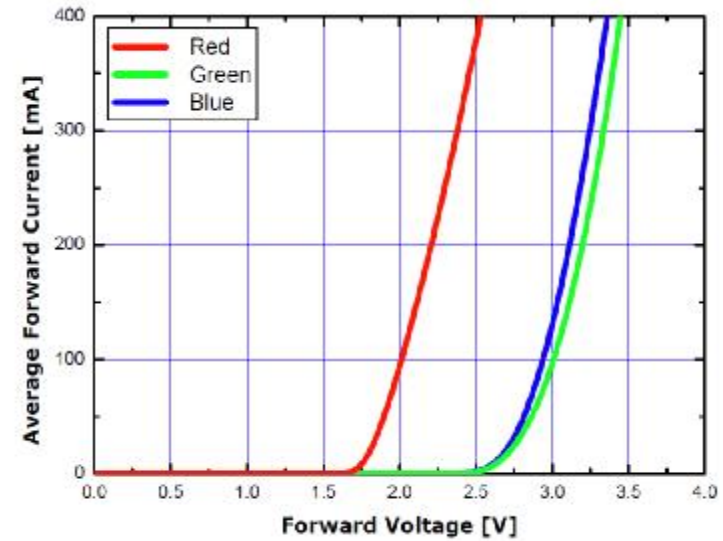
- | Светодиодам нужны драйвера
- | Микроконтроллер = драйвер + управление
 - | Яркость и цвет
 - | Пользовательский интерфейс
 - | Термозащита
 - | Коммуникации



Зачем нужен драйвер?



Источник: Cree Inc.



Источник: Seoul Semiconductor

| Bin Code | V_f Bins | |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Minimum Forward Voltage (V) | Maximum Forward Voltage (V) |
| A | 2.31 | 2.55 |
| B | 2.55 | 2.79 |
| C | 2.79 | 3.03 |
| D | 3.03 | 3.27 |
| E | 3.27 | 3.51 |
| F | 3.51 | 3.75 |
| G | 3.75 | 3.99 |

Источник: Philips Inc.

**Для всех светодиодов
нужна стабилизация тока,
а не напряжения**

Выбор драйвера

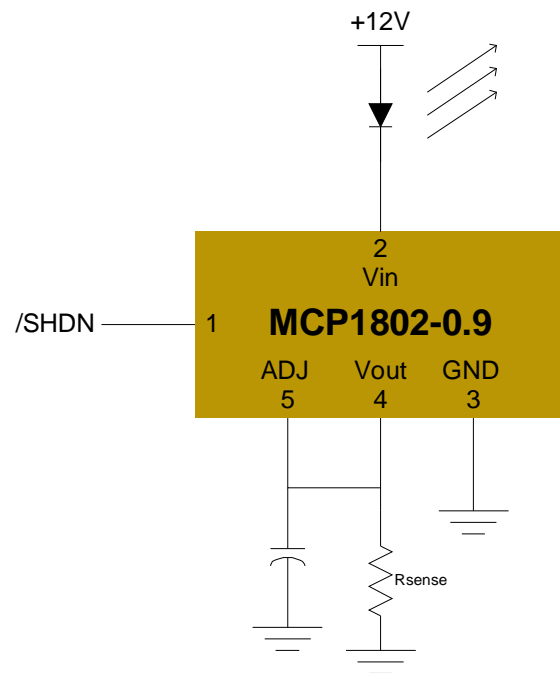
Основные требования

- | Тип входного питания
- | Количество светодиодов
- | Характеристики светодиодов
- | Подключение светодиодов – последовательное, последовательное, комбинированное
- | ЭМИ
- | Эффективность
- | Время жизни продукта
- | Целевая цена изделия

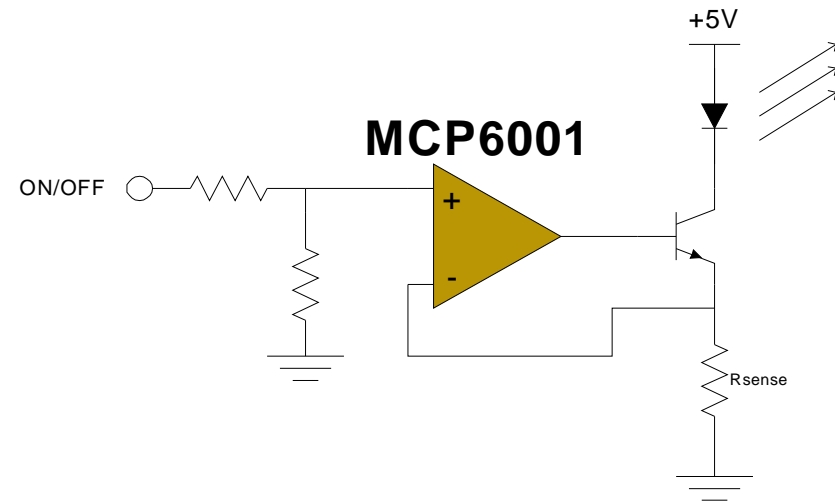
Нет никаких стандартов...

Линейный стабилизатор

Линейный драйвер – простое дешевое решение, но с низкой эффективностью



Использование LDO в качестве источника тока



Источник тока на ОУ

Импульсные стабилизаторы

- | **Импульсные драйверы**
 - | Эффективность
 - | Широкий диапазон напряжений
 - | Гибкость в подключении светодиодов
- | **Основные топологии ИИП применимы и к драйверам светодиодов**
- | **Линейные и импульсные топологии могут применяться совместно**



MICROCHIP *2010*
MASTERs Conference

Периферия микроконтроллеров для драйверов

Пример драйвера на МК

| Семейство PIC16F182x

- | Компактность – 8, 14, 20 выводов
- | Аналогово-цифровая периферия
- | Коммуникационные возможности
- | Расширенное ядро PIC16F1XXX
 - | **Внутренний генератор 32 МГц**
 - | **Расширенный набор команд**

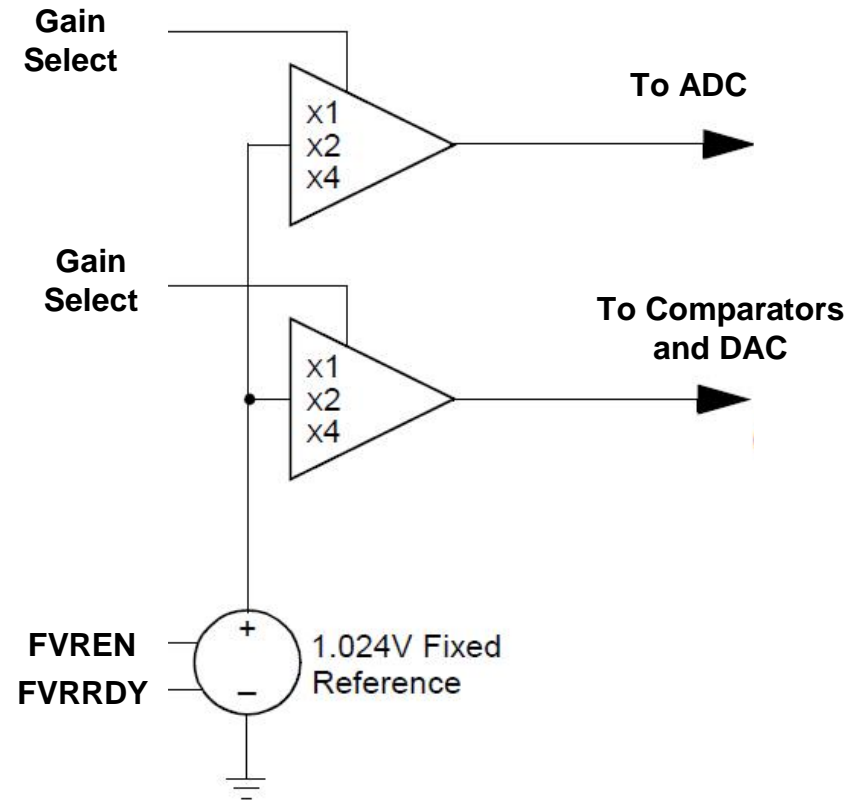
PIC12F182X/16F182X

| Device | FLASH (Words) | RAM (Bytes) | DataEE (Bytes) | Pins | CMP | 10b ADC | Timers 8b/16b | ECCP/ CCP | COMM'S |
|------------|------------------|----------------|-------------------|------|-----|------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| PIC12F1822 | 2K | 128 | 256 | 8 | 1 | 4 | 2/1 | 1/0 | UART, I ² C™, SPI |
| PIC16F1823 | 2K | 128 | 256 | 14 | 2 | 8 | 2/1 | 1/0 | UART, I ² C, SPI |
| PIC16F1824 | 4K | 256 | 256 | 14 | 2 | 8 | 2/1 | 1/0 | UART, I ² C, SPI |
| PIC16F1825 | 8K | 512 | 256 | 14 | 2 | 8 | 3/1 | 2/1 | UART, I ² C, SPI |
| PIC16F1826 | 2K | 256 | 256 | 18 | 2 | 12 | 2/1 | 1/0 | UART, I ² C, SPI |
| PIC16F1827 | 4K | 384 | 256 | 18 | 2 | 12 | 4/1 | 2/2 | 2xUART, 2xI ² C, 2xSPI |
| PIC16F1828 | 4K | 256 | 256 | 20 | 2 | 12 | 2/1 | 1/0 | UART, I ² C, SPI |
| PIC16F1829 | 8K | 512 | 256 | 20 | 2 | 12 | 4/1 | 2/2 | 2xUART, 2xI ² C, 2xSPI |

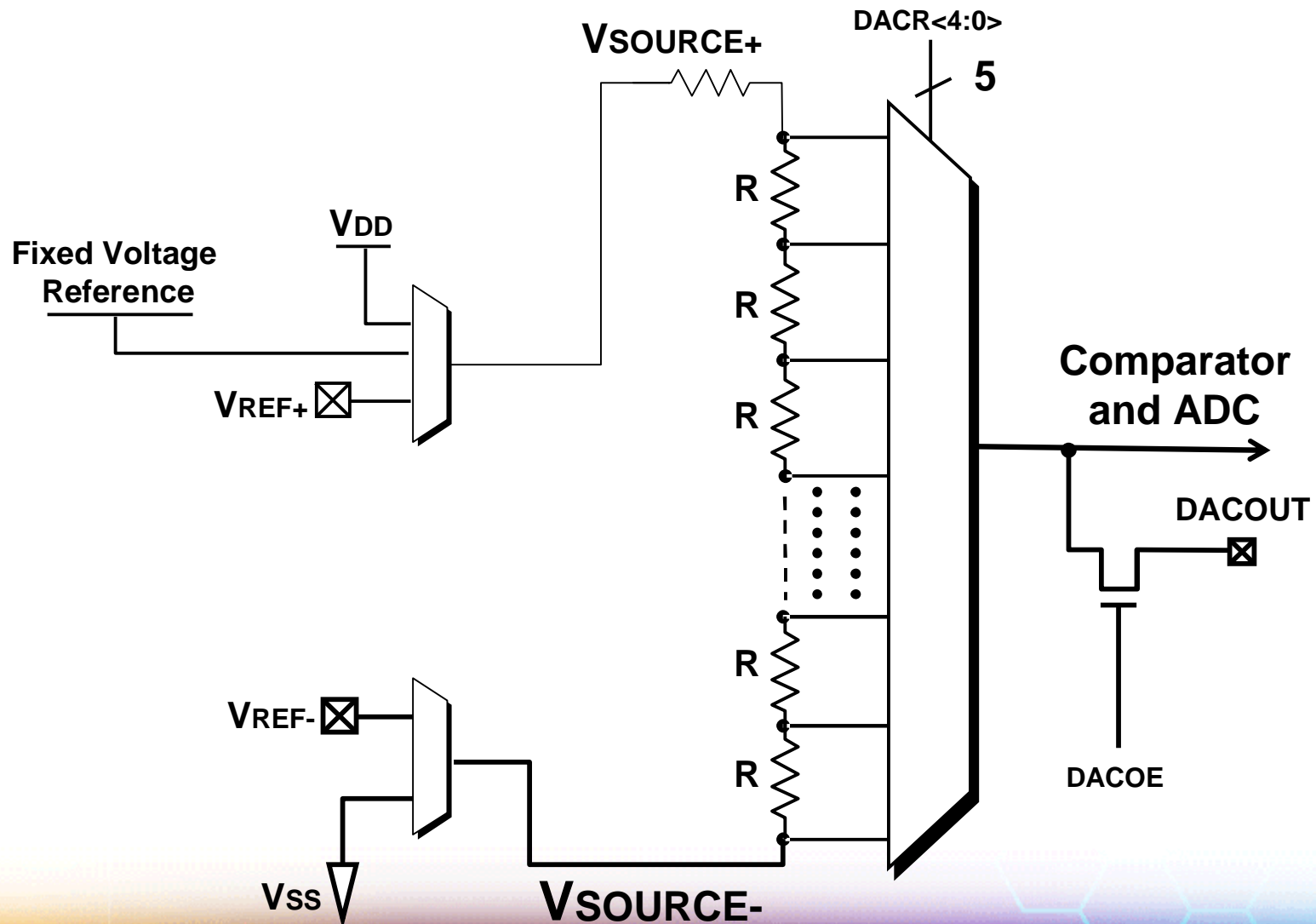
All Available in 'F' (1.8 - 5.5V) or 'LF' (1.8V - 3.6V)

| Регулируемый
ИОН

| Два
независимых
выхода



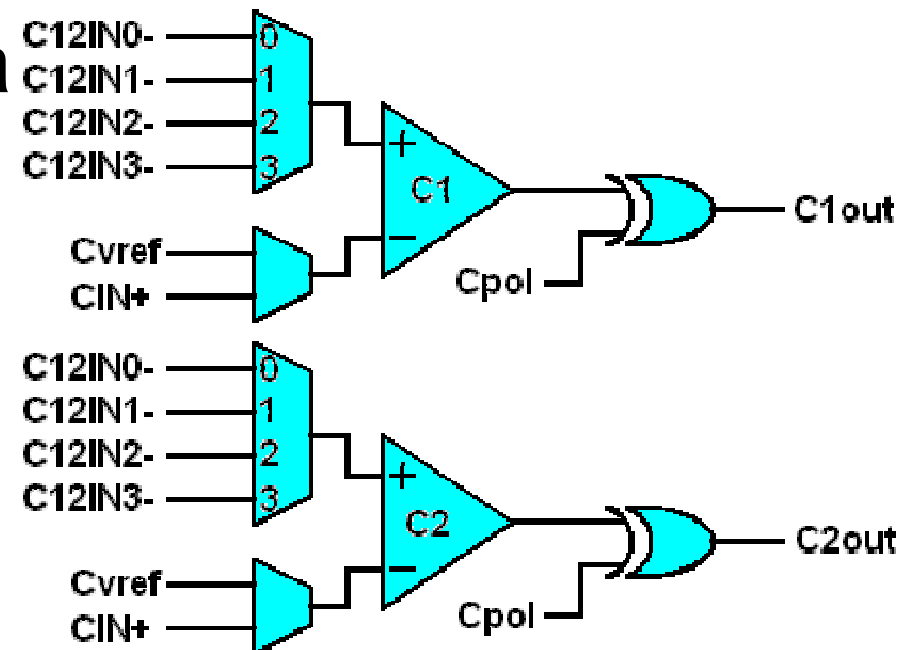
ЦАП



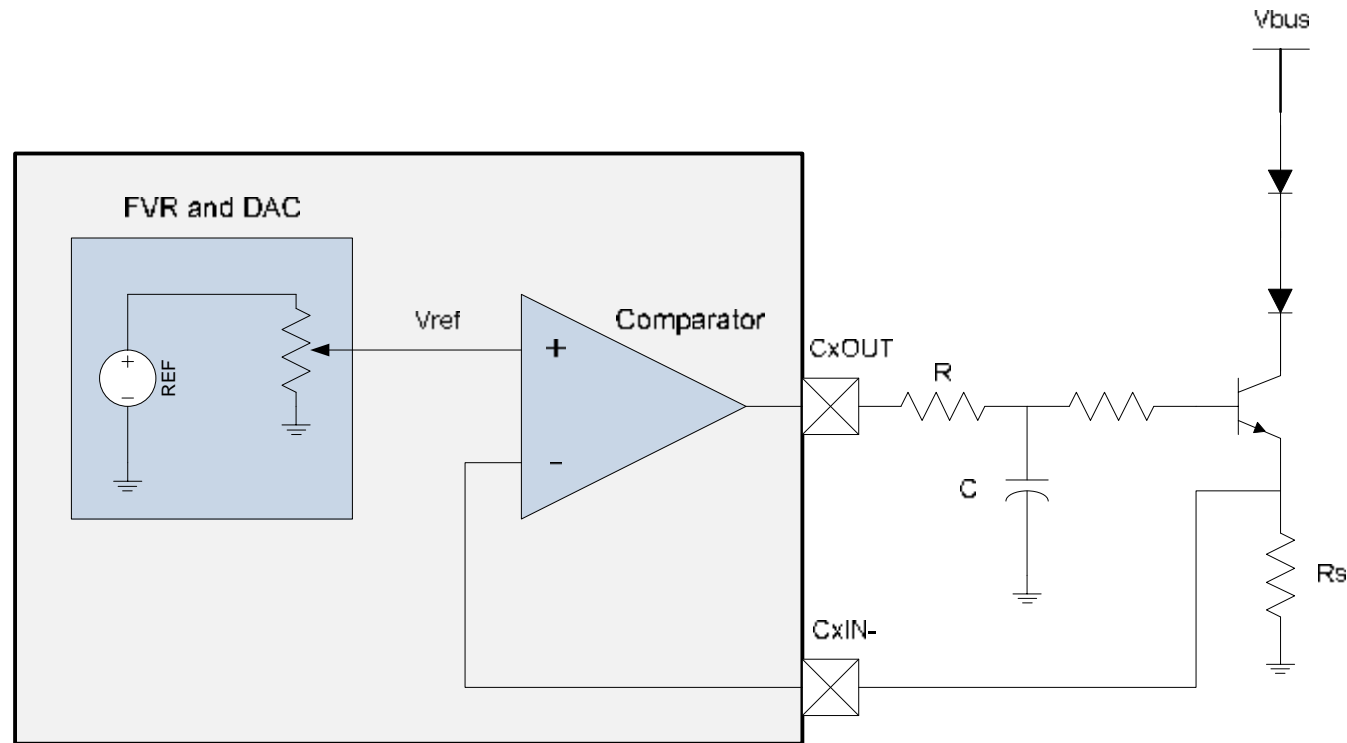
Компараторы

Компараторы

- Два компаратора
- Входной мультиплексор
- Управление полярностью выхода
- Вход ИОН



Линейный драйвер на МК

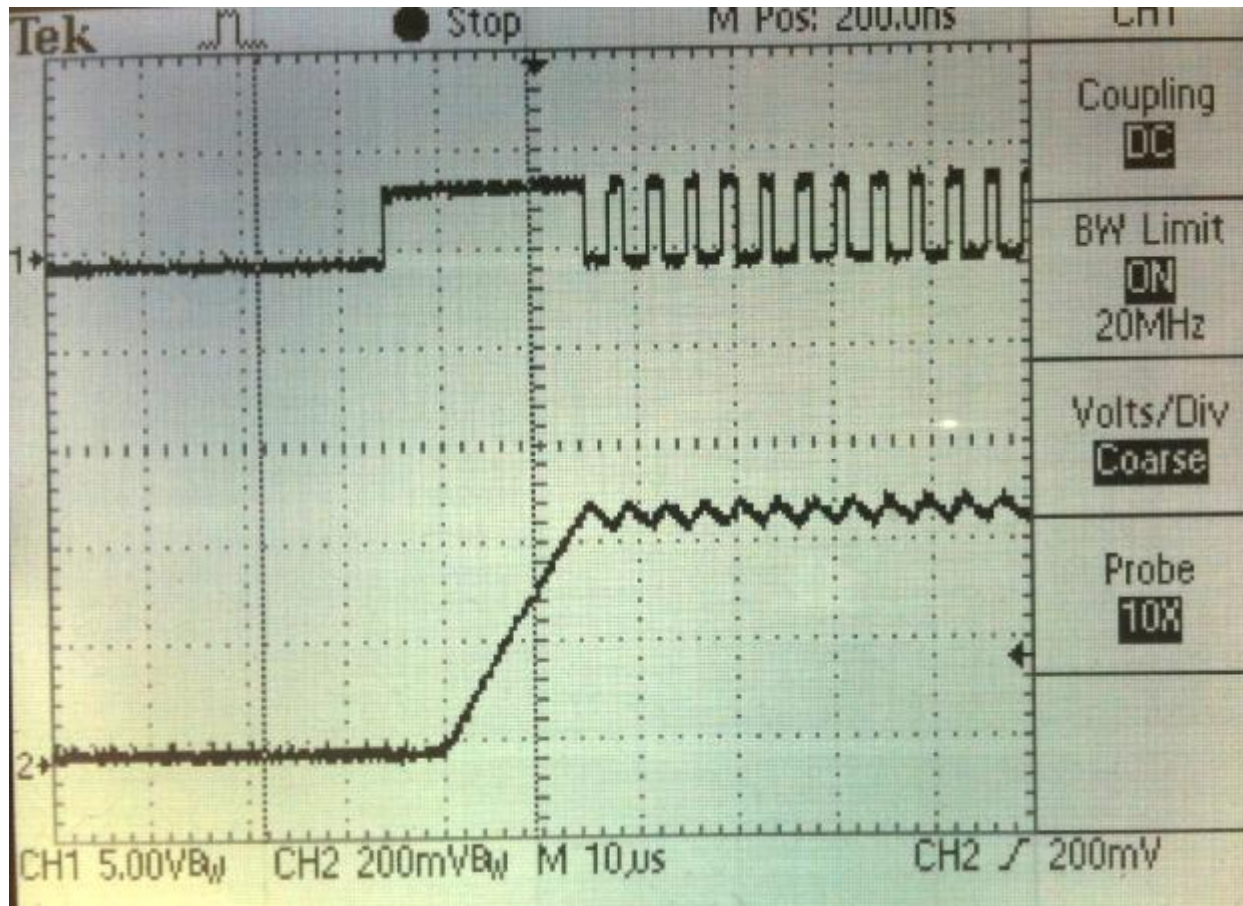


$$I_{LED} \approx \frac{V_{REF}}{R_S}$$

Линейный драйвер на МК

- | Компаратор сравнивает V_{ref} и V_{sense}
- | Выход компаратора переключается для достижения необходимого базового тока
- | RC-фильтр выпрямляет управляющий сигнал
- | ЦАП задает ток

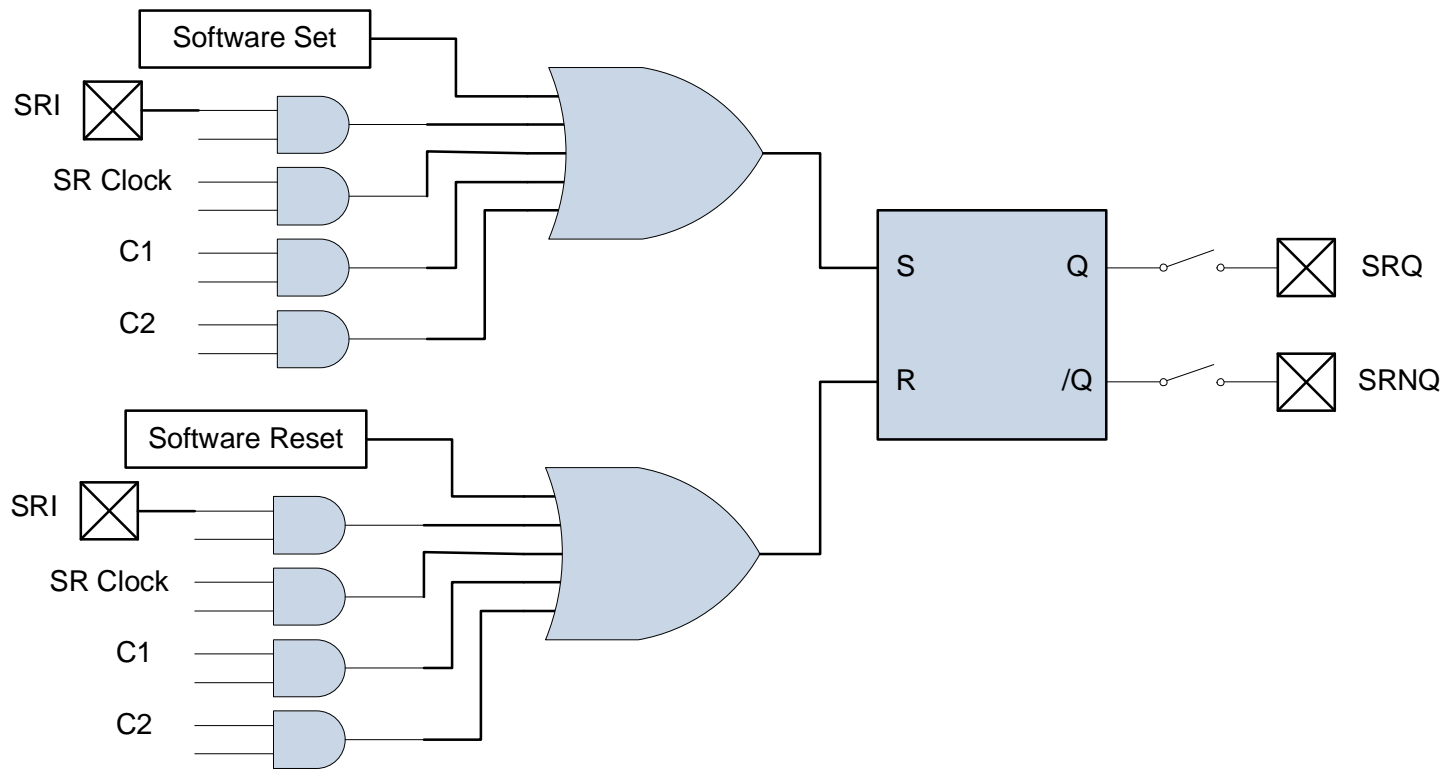
Линейный драйвер на МК



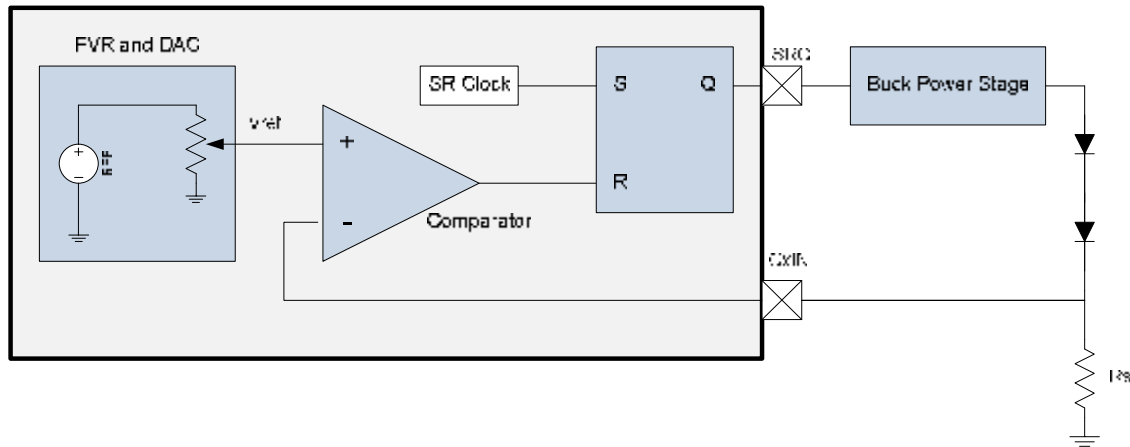
CH1 – Выход компаратора

CH2 – Напряжение на Rs

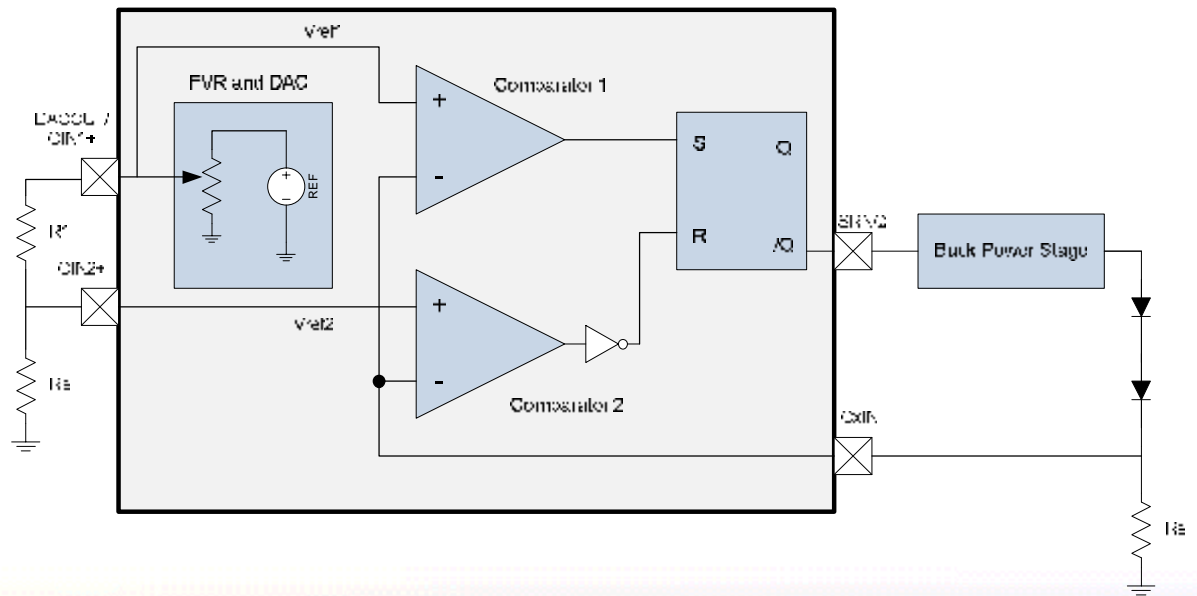
SR-триггер



Драйверы на SR-триггере



Заданная частота



Гистерезис

PIC1xF182x CCP модули

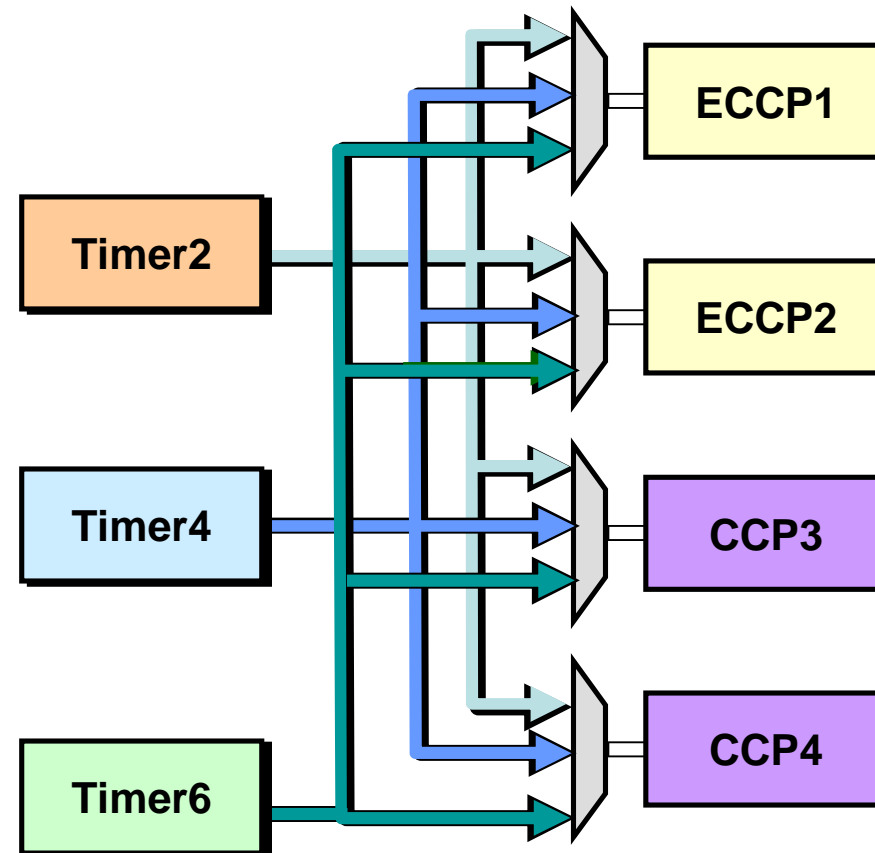
| Таймеры

| 3 8-БИТНЫХ

| ЕССР/ССР

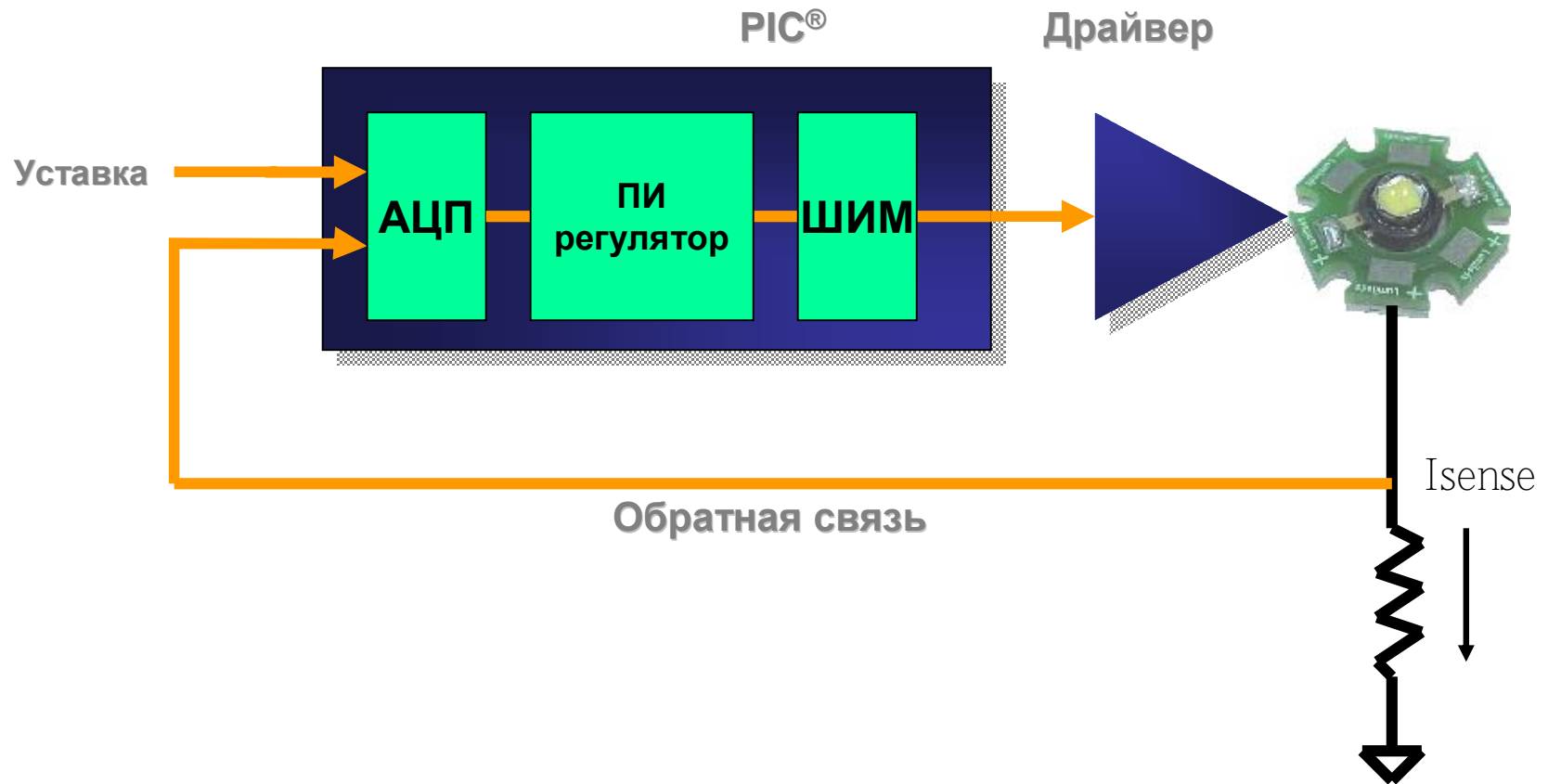
| 2 модуля ЕССР

| 2 модуля ССР



PIC16F1827

Программный контроль



Программный контроль

- | **Требования**
 - | Высокая частота ШИМ для снижения размеров индуктивных элементов
 - | Хорошая точность вычислений
- | **PIC16F1XXX позволяет сделать ШИМ 125 КГц с 8-битным разрешением**
- | **Прерывания от модуля ШИМ для реализации вычислительных алгоритмов**

ПИ регулятор

Шаги алгоритма

- | Измерение текущего значения величины
- | Ошибка = Уставка – Текущее
- | $I = I + \text{Ошибка}$
- | Вычисление пропорциональной и интегральной составляющих
- | Нормирование

$$\text{Выход} = \frac{K_P \cdot \text{Ошибка} + K_I \cdot I}{K}$$

Пропорционально-интегральный регулятор

Структура данных

```
typedef struct {  
    int      Kp;  
    int      Ki;  
    int      OutMax;  
    int      OutMin;  
    char     Setpoint;  
    int      Feedback;  
    int      Error;  
    char     Deadband;  
    long     Integral;  
    long     Output;  
    unsigned Saturated:1;  
} tPIParams;  
  
// Function prototype  
void CalcPI( tPIParams *PIdata);
```

Инициализация

```
// Setup gains for current PI controller  
CurrentControl.Kp = 300;  
CurrentControl.Ki = 40;  
CurrentControl.Deadband = 0;  
CurrentControl.Setpoint = DIM_LOW;  
CurrentControl.OutMax = 110;  
CurrentControl.OutMin = 0;  
CurrentControl.Feedback = 0;  
CurrentControl.Integral = 0;
```

Работа

```
CurrentControl.Feedback = ReadADC();    // Get current feedback  
CalcPI(&CurrentControl);  
WriteDutyCCP1(CurrentControl.Output);
```


Тест ПИ регулятора

- | **PIС16F18ХХ**
 - | Fosc = 32 МГц, 8 MIPS
 - | 16-разрядная математика
 - | Язык С
 - | 1000 Гц ПИ-регулятор = 0.7 MIPS
- | **16 и 32-битные МК позволяют получить гораздо более высокое разрешение**

Отклик ПИ регулятора

2-кратное увеличение, $f_{PI} = 1000$
Гц



Для защиты можно применить
компараторы и автоотключение ШИМ

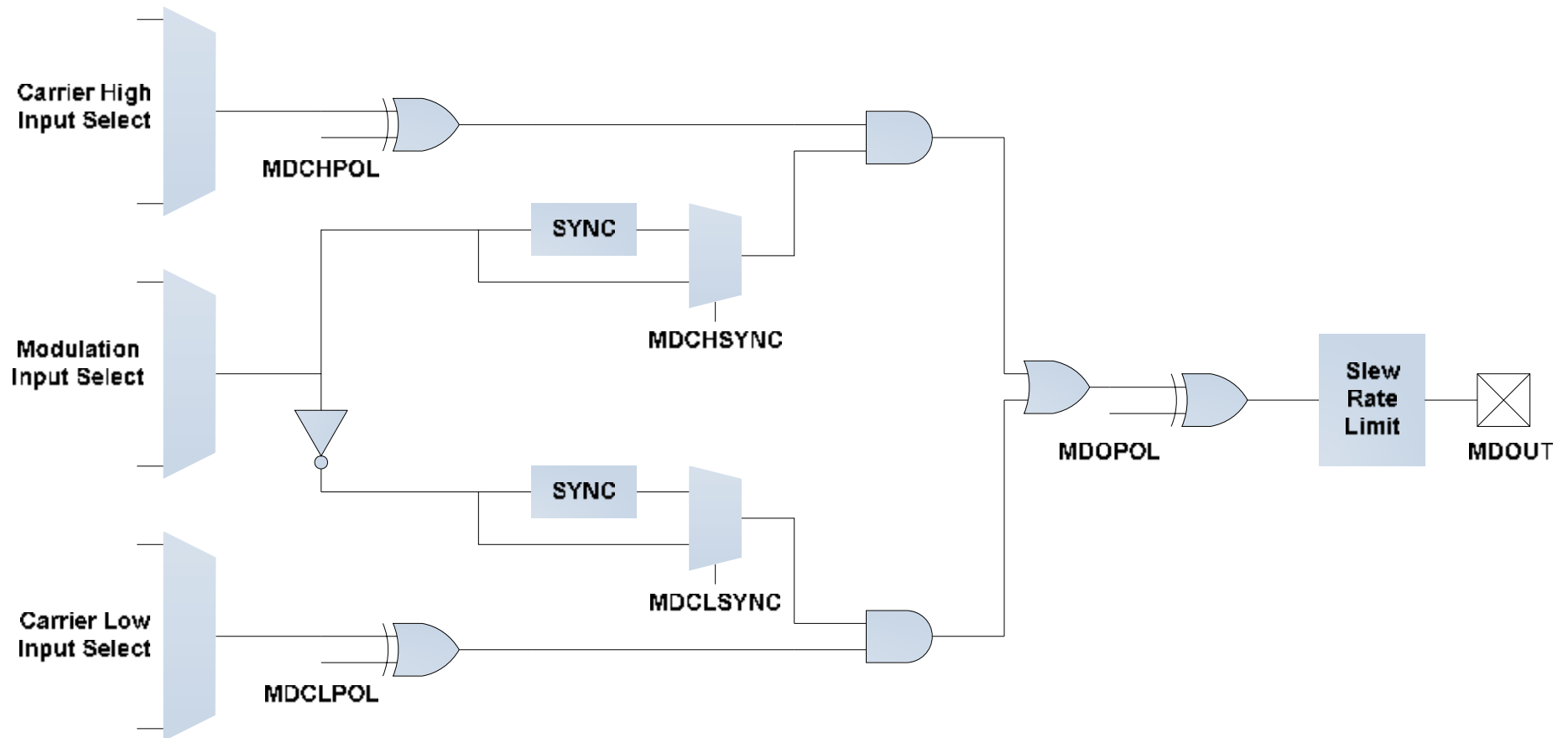
Вентильный драйвер

- | **Разные топологии (повышающий или SEPIC) требуют разного управления**
- | **Выходной ток не увеличивается в фазе накопления**
- | **Решение – использовать фиксированное время накопления**

Data Signal Modulator

- | **Что это такое?**
 - | Переключает 2 цифровых несущих
 - | Модулирующий вход выбирает несущую
- | **DSM формирует:**
 - | Амплитудная манипуляция (ASK)
 - | Частотная манипуляция (FSK)
 - | Фазовая манипуляция (PSK)
 - | Пользовательские битовые потоки

Data Signal Modulator



Data Signal Modulator

| **Входные несущие:**

- | Внешний вход
- | Модуль тактовых частот
- | Модуль ССР
- | Последовательные данные MSSP, USART
- | Бит регистра
- | «земля»

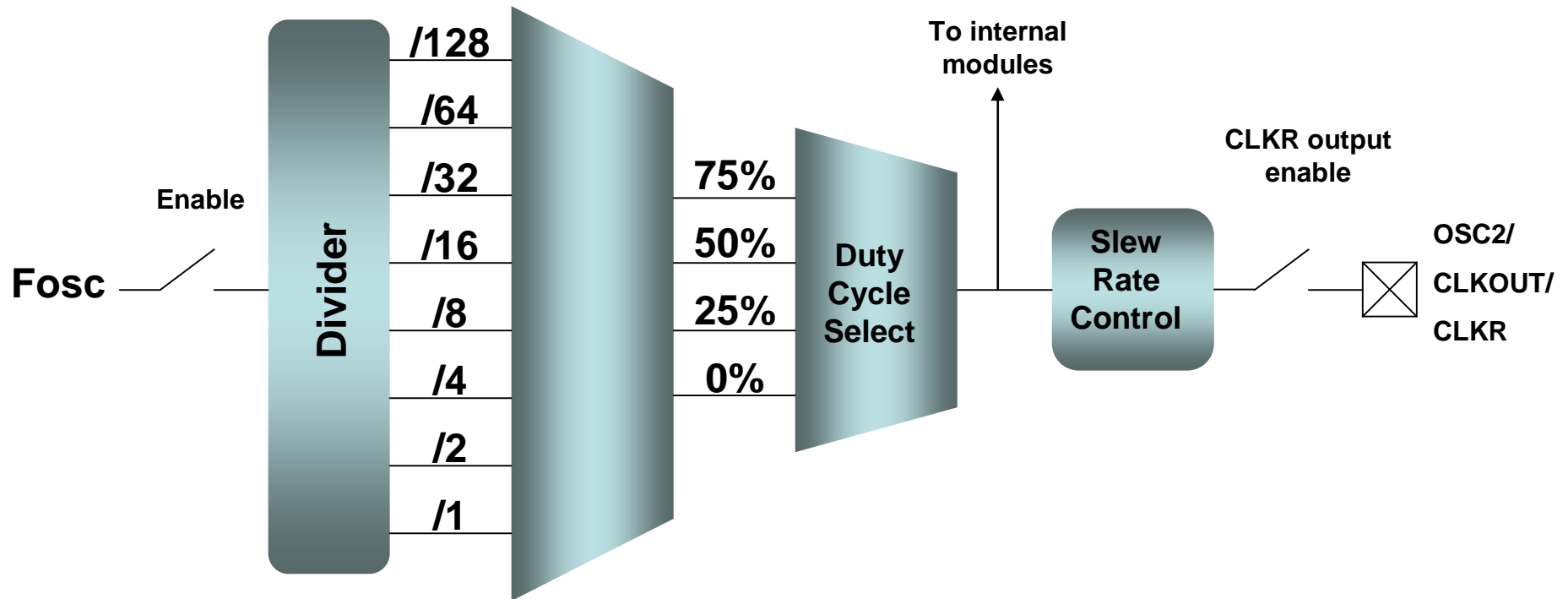
| **Модулирующий вход:**

- | То же самое, что и несущие
- | Компараторы

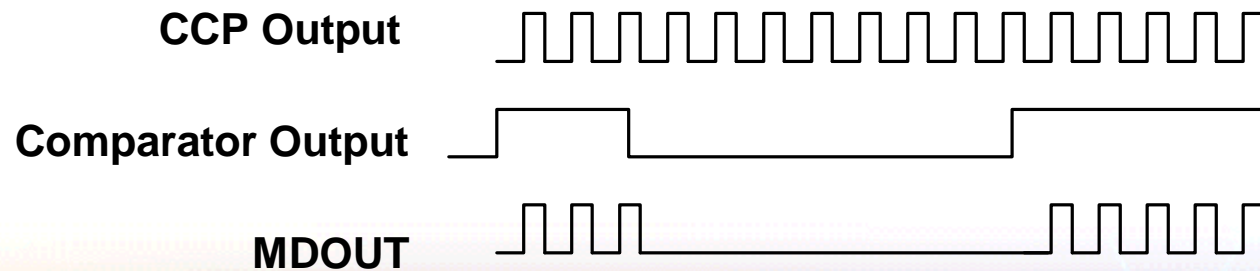
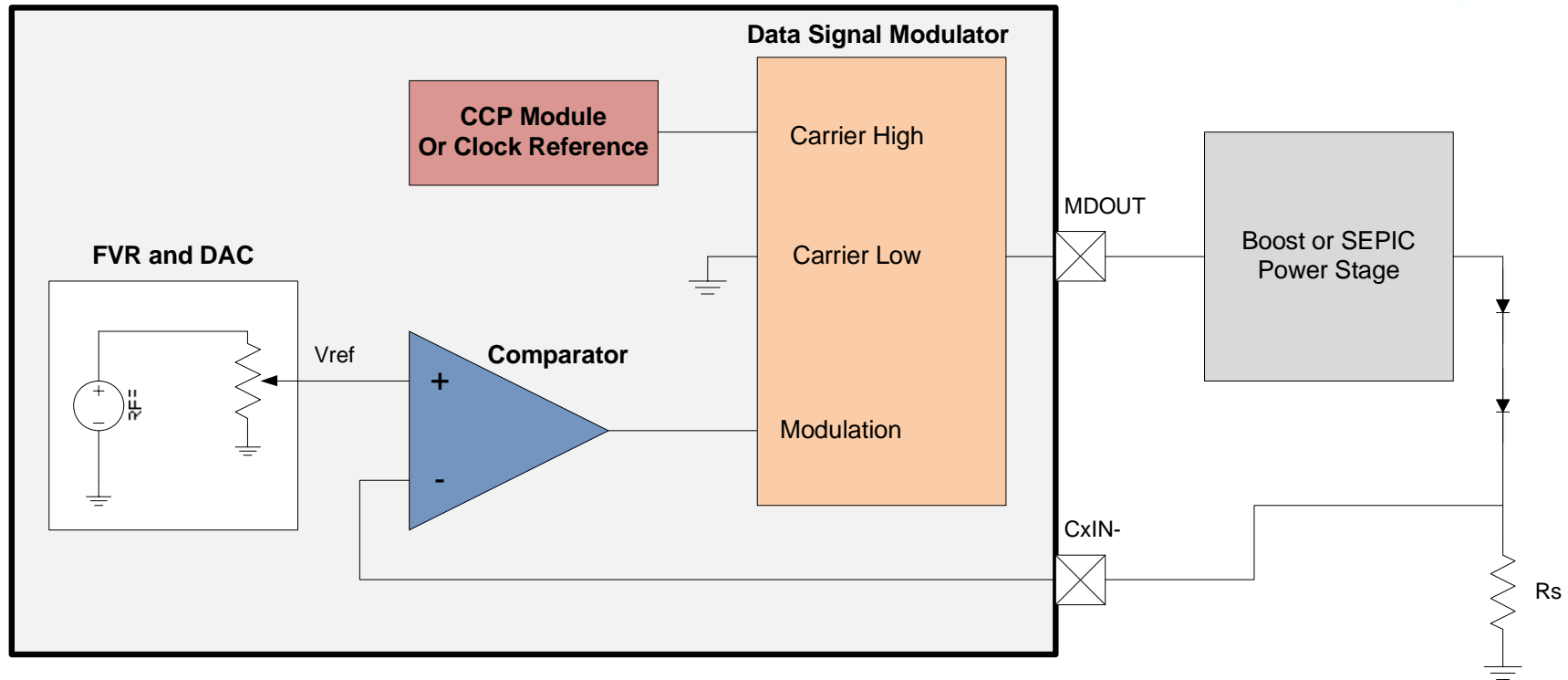
| **Выходы источников несущих сигналов могут быть запрещены**

- | Все связи внутри контроллера

Модуль тактовых частот



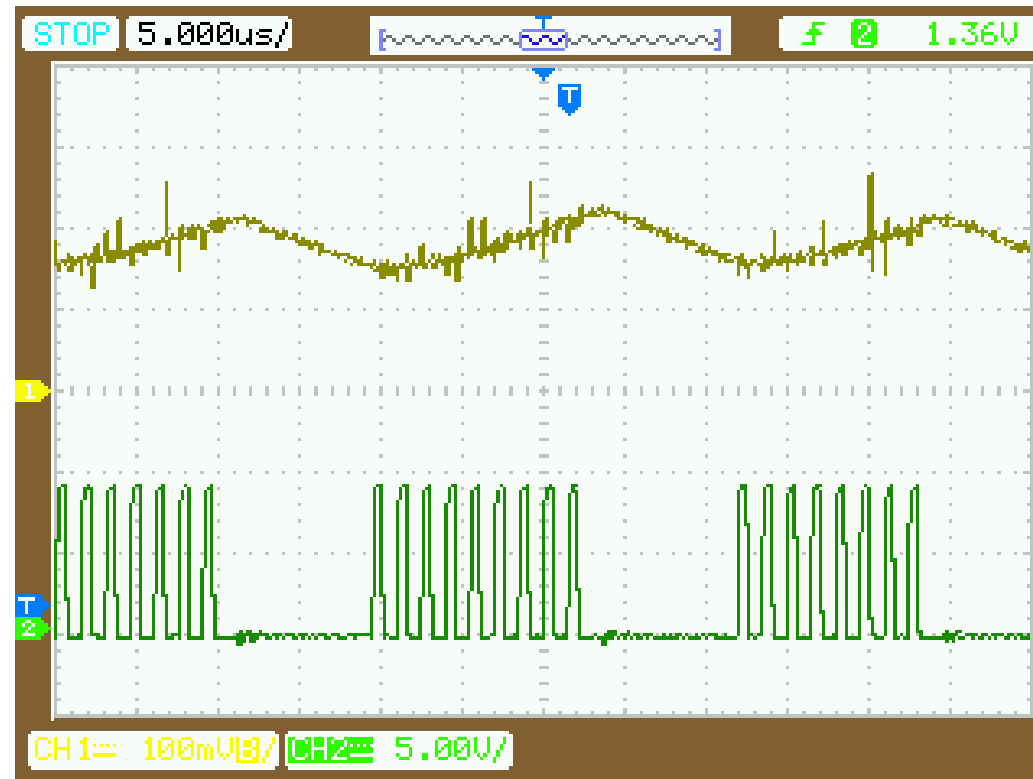
Вентильный драйвер



Вентильный драйвер

Выходной ток

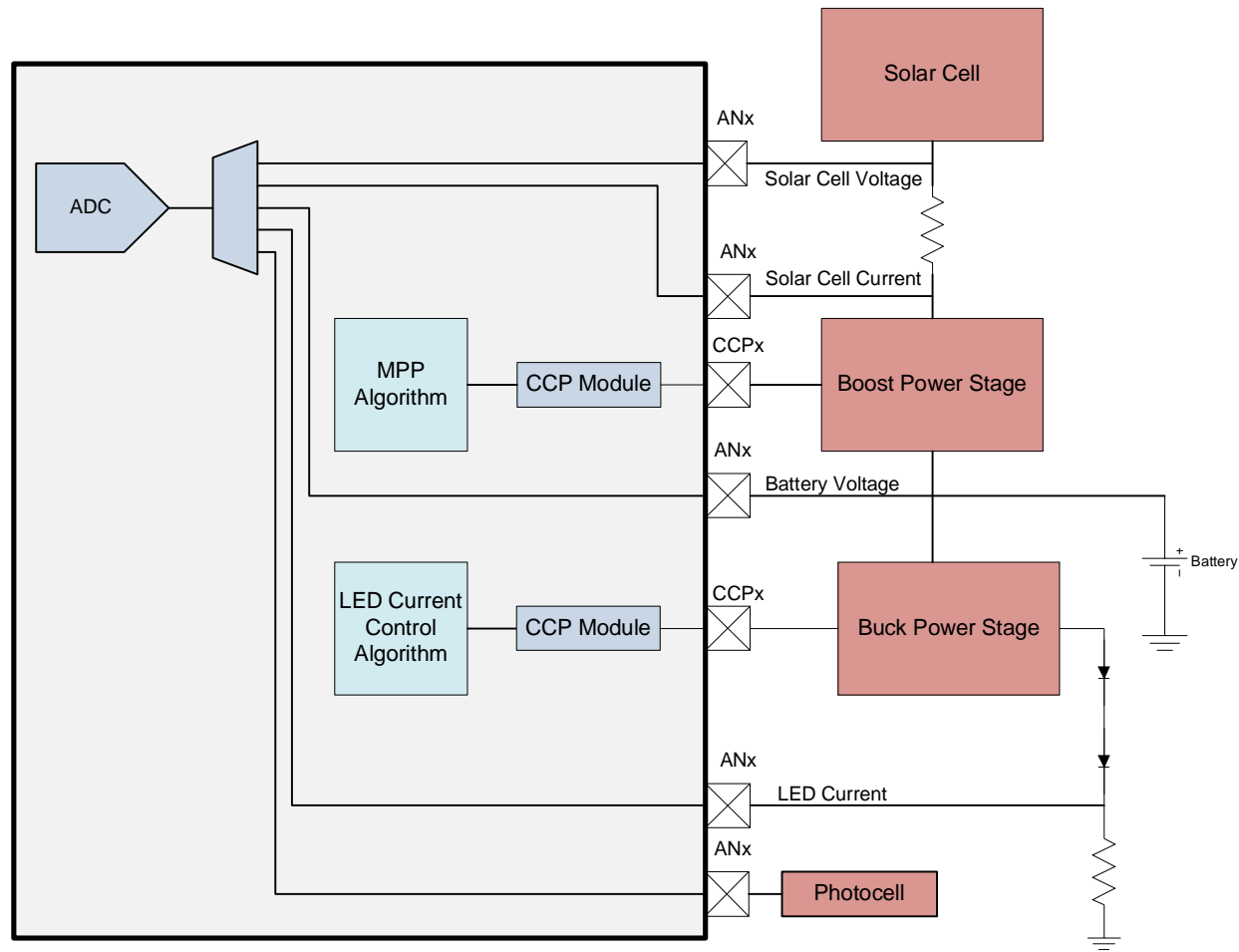
Управление FET



Перезаряжаемые источники

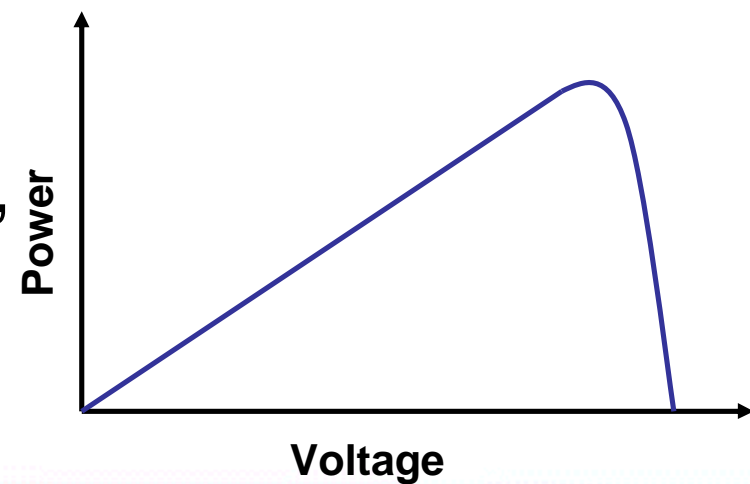
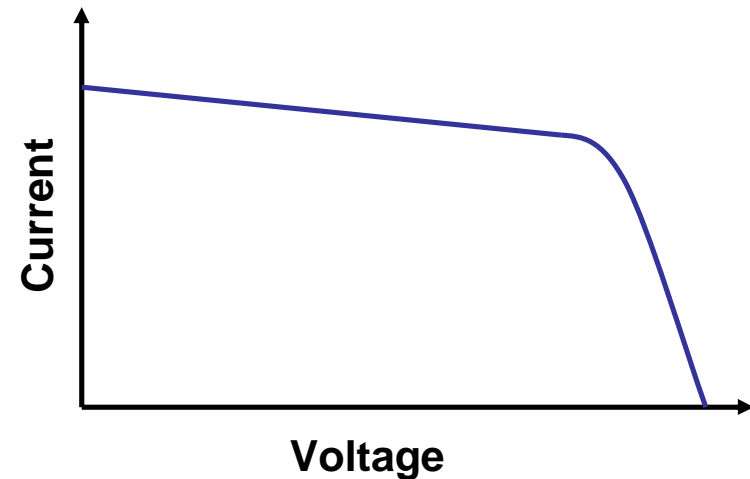
- | **Пример – солнечные батареи**
 - | Разные стадии преобразования энергии, контролируемые одним МК
 - | Поддержка максимальной мощности солнечных батарей
 - | Управление током заряда батареи
 - | Управление током светодиода

Солнечные батареи + аккумулятор + светодиод



Точка максимальной мощности (MPP)

- | Алгоритм держит максимальную мощность солнечных батарей
- | Поисковый алгоритм
 - | Увеличить напряжение, пока мощность растет
 - | Уменьшить напряжение, когда мощность падает



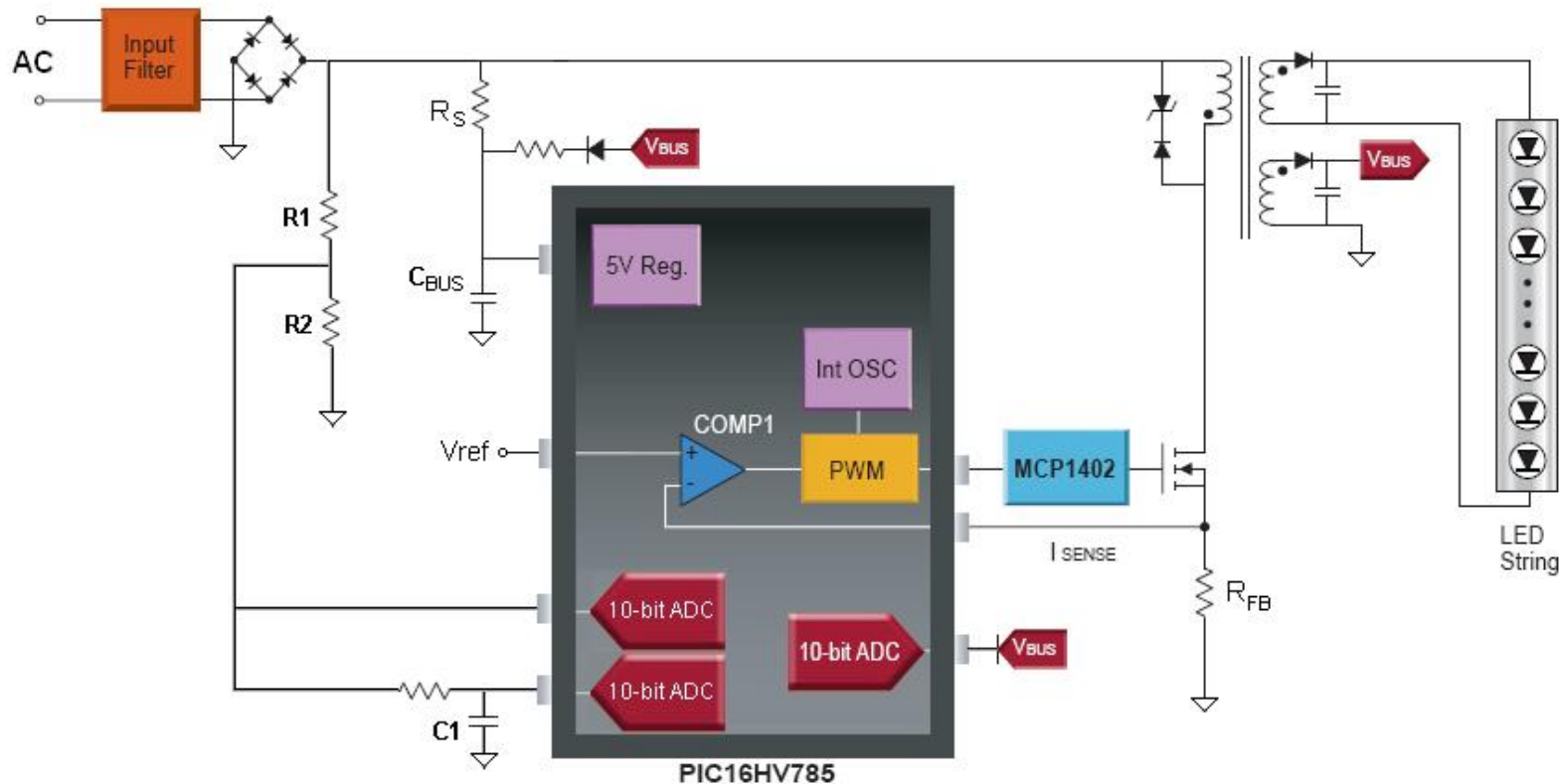
Сетевые ИП для светодиодов

| Решаемые вопросы

- | AC-DC преобразование
- | DC-DC преобразование со стабилизацией тока
- | Изоляция
- | Эффективность
- | Корректор коэффициента мощности

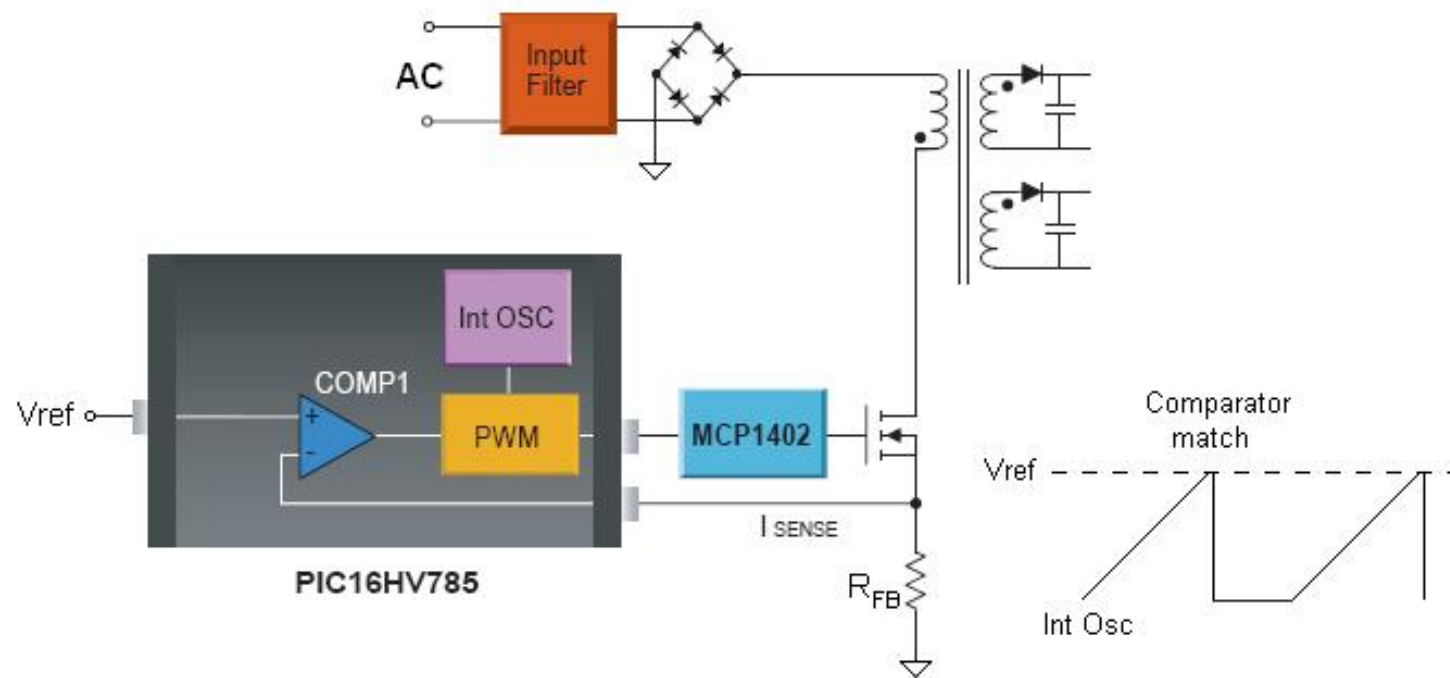
| Обратноходовый преобразователь – хорошее решение

Обратноходовый преобразователь



Обратноходовый преобразователь

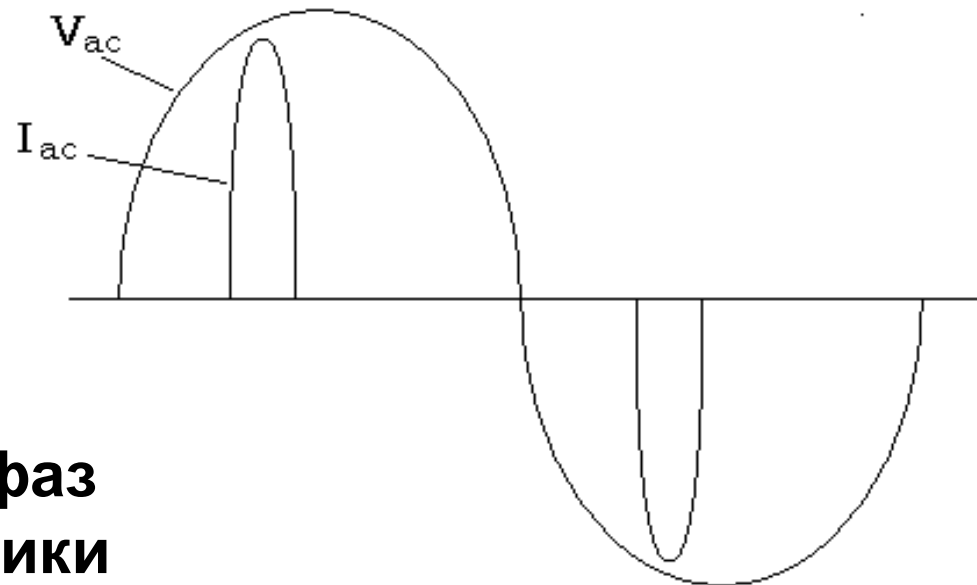
Основы работы



Полностью аппаратная работа!

Обратноходовый преобразователь

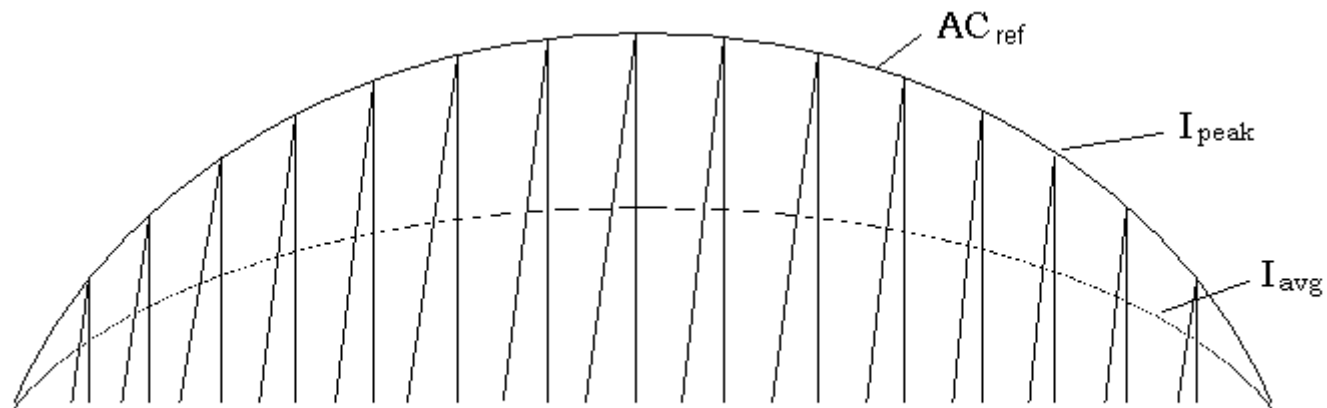
Коэффициент мощности



Сдвиг фаз
Гармоники

Обратноходовый преобразователь

Коррекция КМ

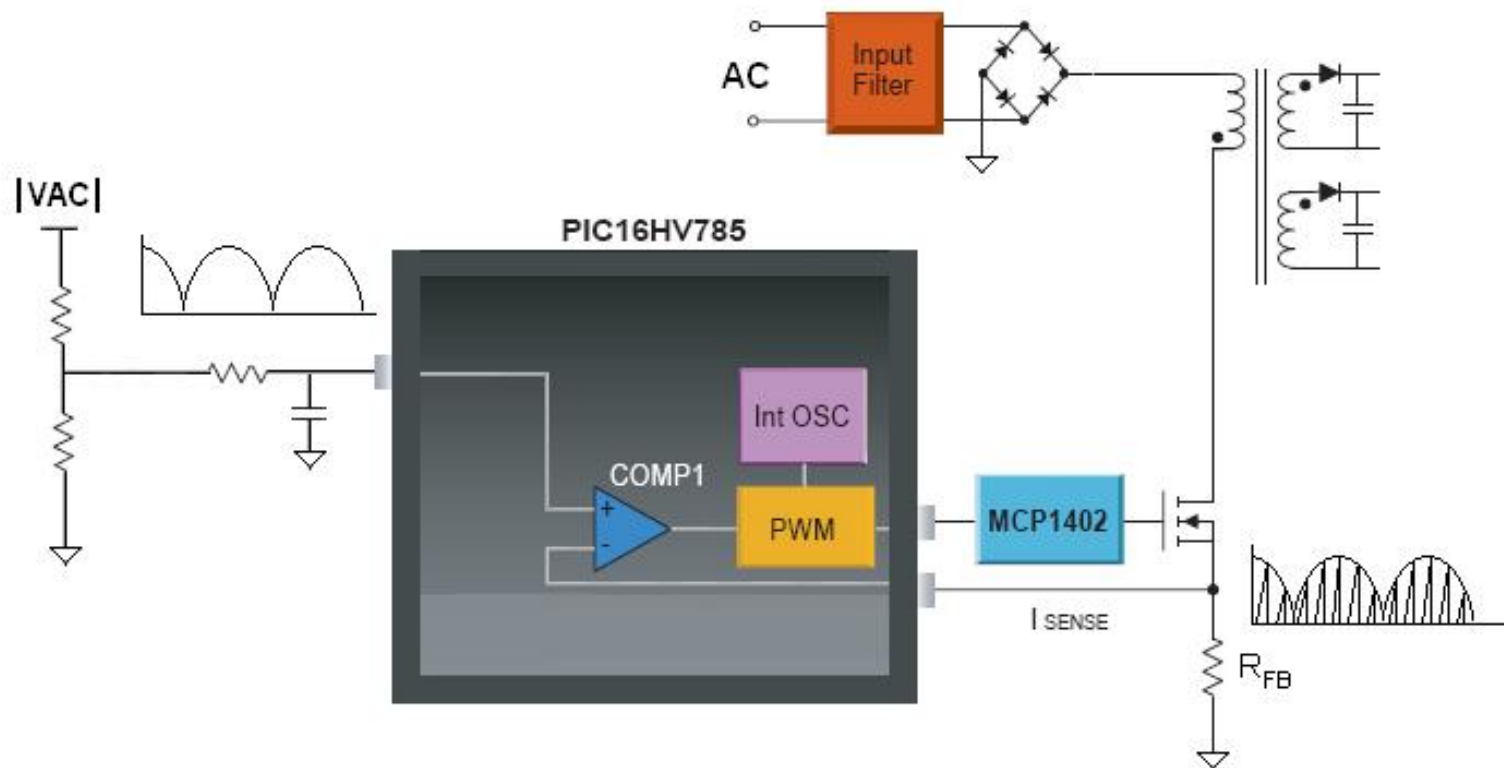


Current, I_{peak} , as a function of the AC reference voltage.

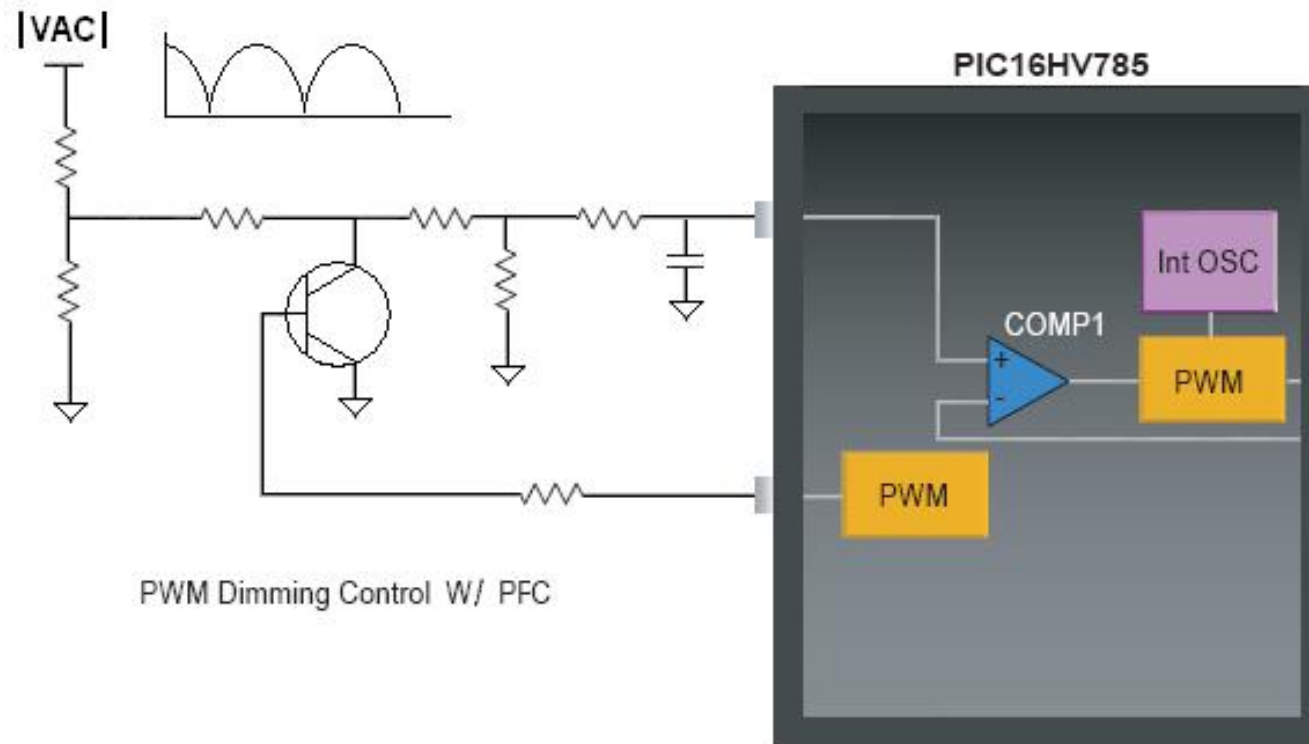
Ток и напряжение должны совпадать по фазе

Обратноходовый преобразователь

Корректор КМ



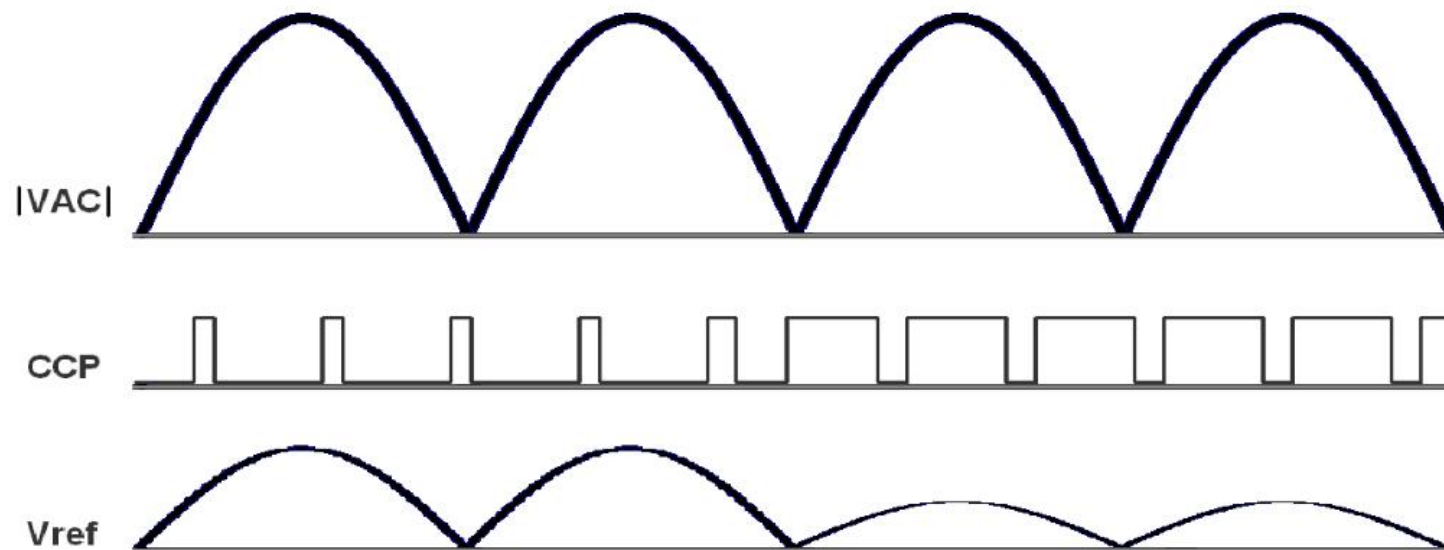
Обратноходовый преобразователь Управления яркостью



**С помощью ШИМ задается опоры, и,
соответственно, выходная мощность**

Обратноходовый преобразователь

Корректор КМ и управления яркостью





MICROCHIP *2010*

MASTERS Conference

Управление яркостью и цветом

Яркость и цвет

- | **Яркость в зависимости от тока**
 - | Аналоговый драйвер – изменять опорное напряжение
 - | Цифровой драйвер – изменять уставку
- | **ШИМ**
 - | Включать/выключать светодиод быстрее, чем может заметить человеческий глаз
 - | Скважность ШИМ задает видимую яркость
 - | Ток светодиода не меняется!

Диапазон яркости

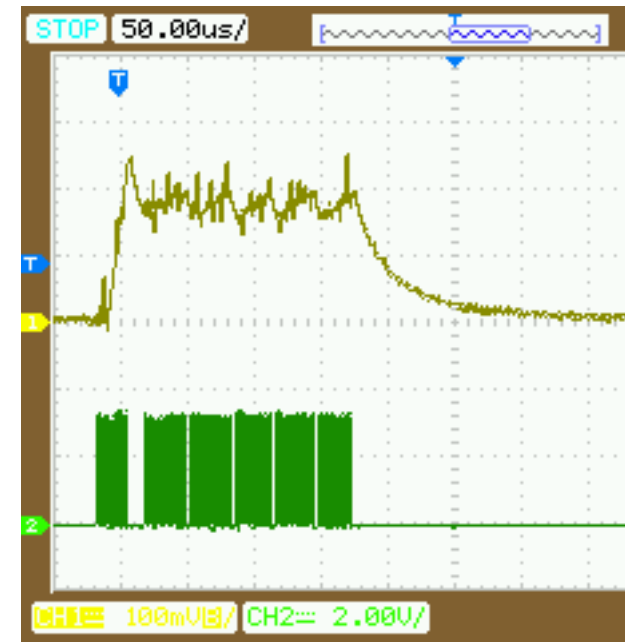
- | Глаз сильнее замечает изменения в малой яркости
- | Изменения яркости не критично для большинства приложений
- | Важно для некоторых применений
 - | Приборная панель автомобиля
 - | Точное управление цветом и яркостью

Выбор ШИМ

- | **Программный**
 - | Не более 7- 8 бит
 - | Зависит от ресурсов процессора
- | **Аппаратный**
 - | **PIC16/PIC18** – 10-битный с помощью ССР/ЕССР
 - | **PIC24/dsPIC33/PIC32** – 16-битный с помощью ОС

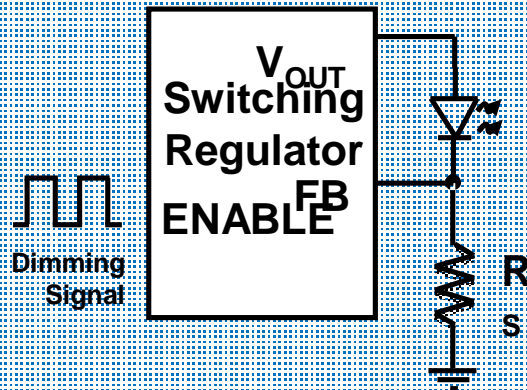
Способы управления

- | Модулировать опоры
- | Управлять токовой обратной связью
- | Управлять ШИМом DC/DC преобразователя
- | Время реакции не всегда будет хорошим



Способы управления

Enable Dimming

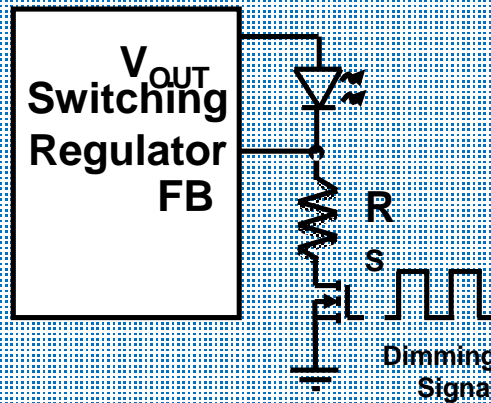


I_F On/Off through Enable/Disable

Simple implementation

Typically slow current transitions

Series Dimming

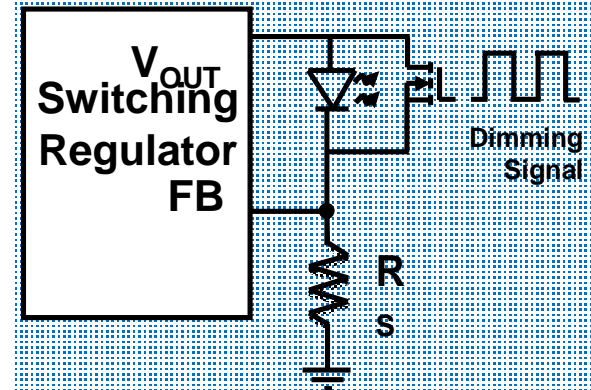


I_F On/Off through the series FET

Good current transitions

V_{OUT} overshoots

Shunt Dimming



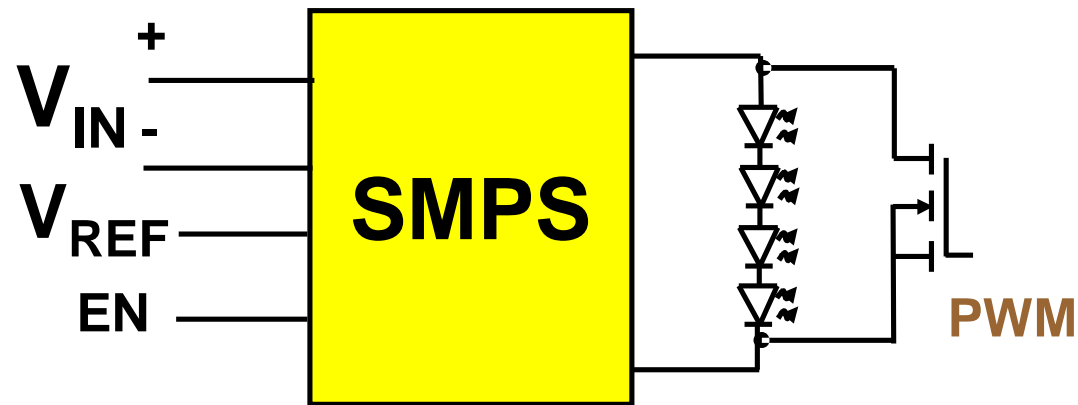
I_F On/Off through the shunt FET

Fast current transitions

Power dissipation in shunt FET

Способы управления

Дополнительный ключ для быстрой реакции



Параллельное включение

| Возможности:

- | Максимальное напряжение
- | Избыточность
- | Световые схемы

| **Дополнительный ключ на каждой линейке позволяет увеличить гибкость**

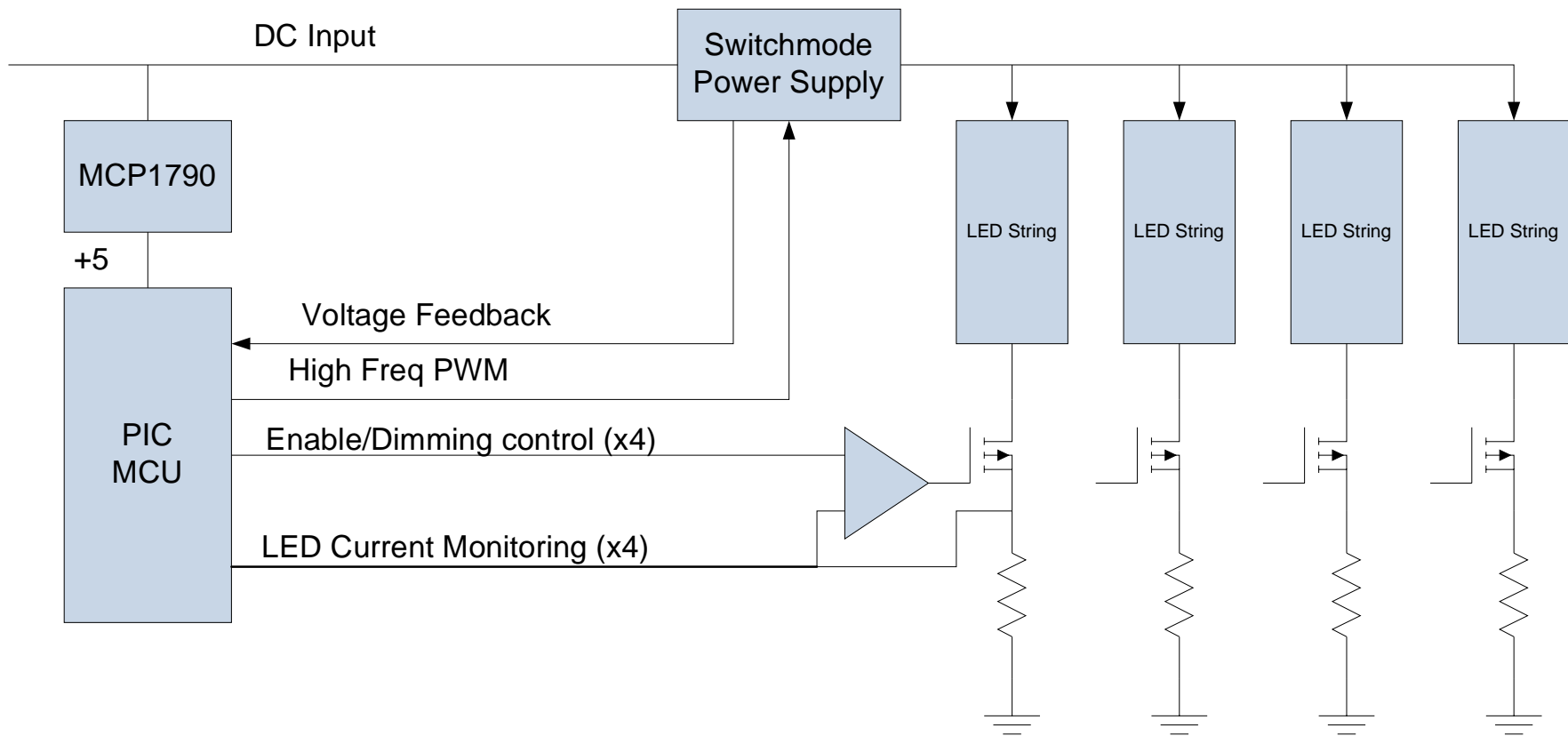


MICROCHIP 2010

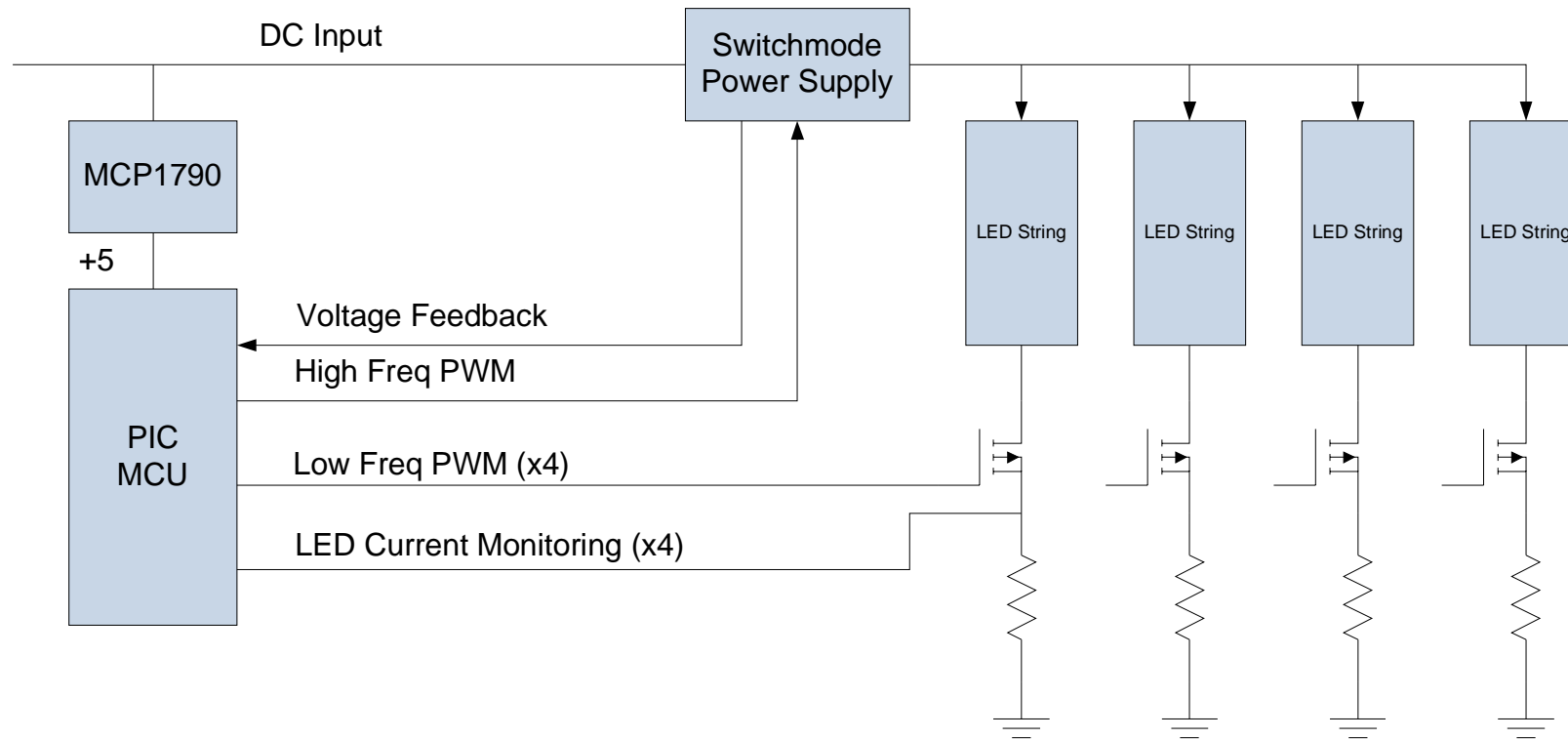
MASTERS Conference

Параллельное включение

Параллельное включение



Параллельное включение



Итого

- | **Светодиоды требуют драйверы**
- | **На основе PIC можно сделать драйвер с интеллектуальными функциями**
- | **Различные варианты**

Дополнительная информация

- | **AN874 – “Buck Configuration High-Power LED Driver”**
- | **AN1074 – “Software PWM Generation for LED Dimming and RGB Color Applications”**
- | **AN1138 – “A Digital Constant Current Power LED Driver”**
- | **AN1211 – “Maximum Power Solar Converter”**
- | **AN1257 - Closed Loop Chromaticity Control: Interfacing a Digital RGB Color Sensor to a PIC24 MCU**
- | **AN1261 – “Dimming Power LEDs Using a SEPIC Converter and MCP1631 PIC Attach PWM Controller”**
- | **AN1271 – “Offline Power Converter for High-Brightness LEDs Using the PIC16HV785 Microcontroller”**



MICROCHIP *2010*

MASTERS Conference

Спасибо!