

Лабораторная работа №3

Тактирование. Питание. Энергопотребление

Задание на ЛРЗ

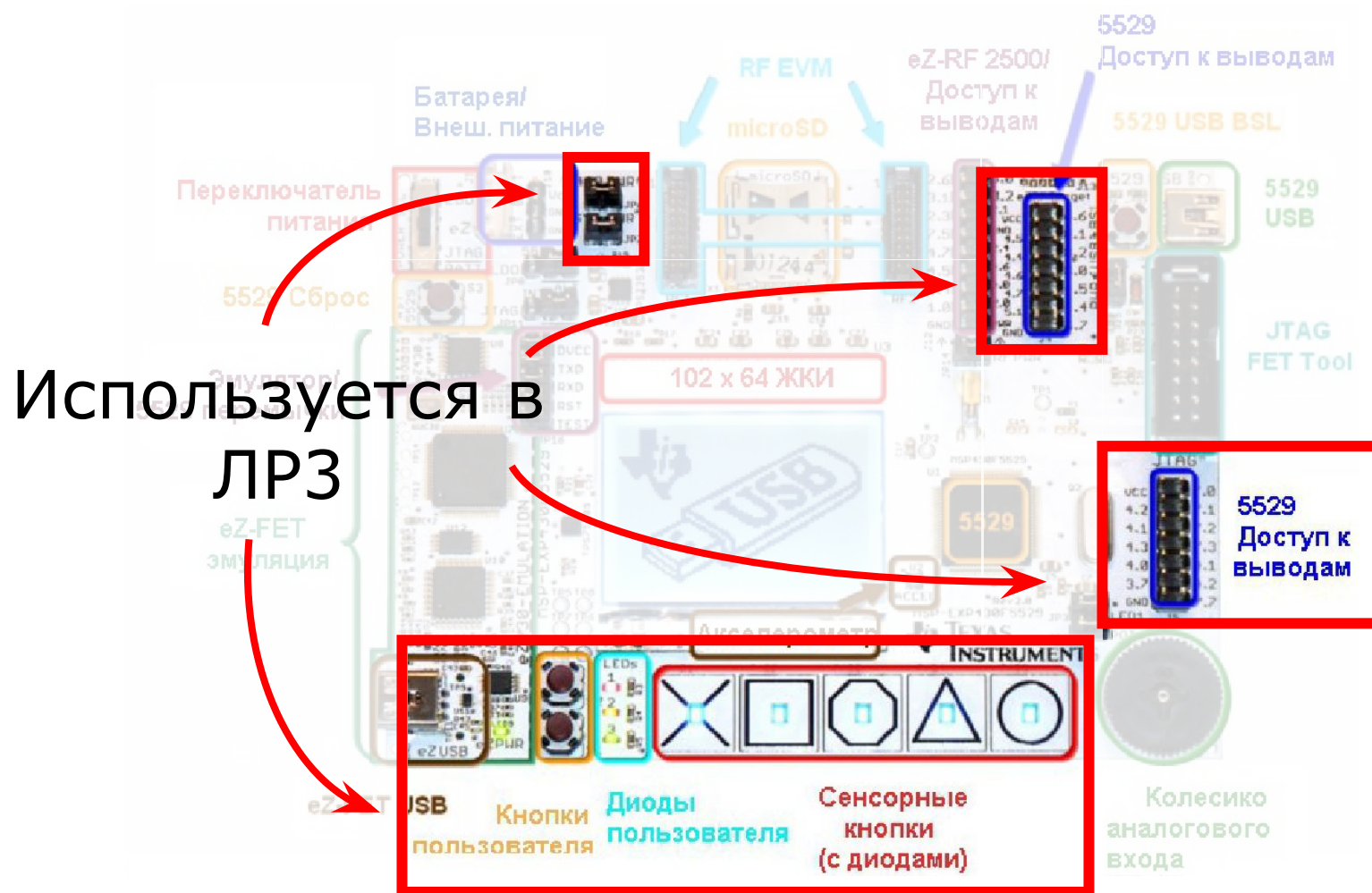
В соответствии с вариантом написать программу, которая по нажатию одной кнопки переключает заданные тактовые частоты и напряжение питания, второй — входит и выходит в заданный режим пониженного энергопотребления

НЕЛЬЗЯ ИСПОЛЬЗОВАТЬ:

Высокоуровневые библиотеки

Заголовочные файлы, кроме `<msp430.h>`

Плата MSP-EXP430F5529



Алгоритм сдачи ЛР3

1. Продемонстрировать работу программы
2. Измерить частоты MCLK с помощью осциллографа в каждом из режимов работы (одновременно с пунктом 1)
3. Измерить ток потребления микроконтроллера в каждом из режимов работы
4. Измерить ток потребления платы в каждом из режимов работы
5. Измерить напряжение питания V_{CC} в каждом из режимов
6. Показать расчеты частоты

Демонстрация работы программы. Кнопки

- S1 – изменение тактовой частоты (F1/F2)
- S2 – вход/выход в режим низкого энергопотребления (ACTIVE/LPM)

Демонстрация работы программы. Индикация

- LED1 – активный режим
- LED3 – режим низкого энергопотребления
- LED4 – высокое напряжение питания
- LED5 – низкое напряжение питания
- LED8 – выход таймера

Демонстрация работы программы. Режимы работы

4 режима работы программы:

1. F1 + ACTIVE
2. F1 + LPM
3. F2 + ACTIVE
4. F2 + LPM

Демонстрация работы программы. Изменение напряжения

- Индикация на соответствующих LED
- Демонстрация содержимого регистра PMMCTL0 (биты PMMCOREV)

Варианты реализации изменения напряжения:

- Одной частоте соответствует высокое напряжение, другой – низкое
- Переключение напряжения для каждой частоты (повторное нажатие на S1)

Аргументировать выбранный вариант реализации и соответствие частоты и напряжения!!!

Демонстрация работы программы.

Таймер

- Тактовая частота, указанная в задании, должна быть заведена на таймер (любой, удобный для использования)
- При невозможности выбора заданной частоты в качестве источника тактирования таймера, выбрать другой источник (например, ACLK или SMCLK), который необходимо сконфигурировать аналогичным образом
- Частота должна быть пропорционально поделена так, чтобы изменение частоты было видно наглядно (деление частоты производится средствами таймера)
- Для мигания светодиодом можно использовать выход таймера (но не обязательно)

Особенности реализации ЛРЗ

- Использовать принципы программирования устройств с низким энергопотреблением
- Напряжение и тактовая частота должны быть согласованы
- Переключение режимов питания должно осуществляться пошагово

Принципы программирования устройств с низким энергопотреблением

Максимально длительное время нахождения в режимах пониженного энергопотребления

Использование прерываний для управления ходом выполнения программ и «пробуждения» контроллера

Включение периферии только по мере необходимости

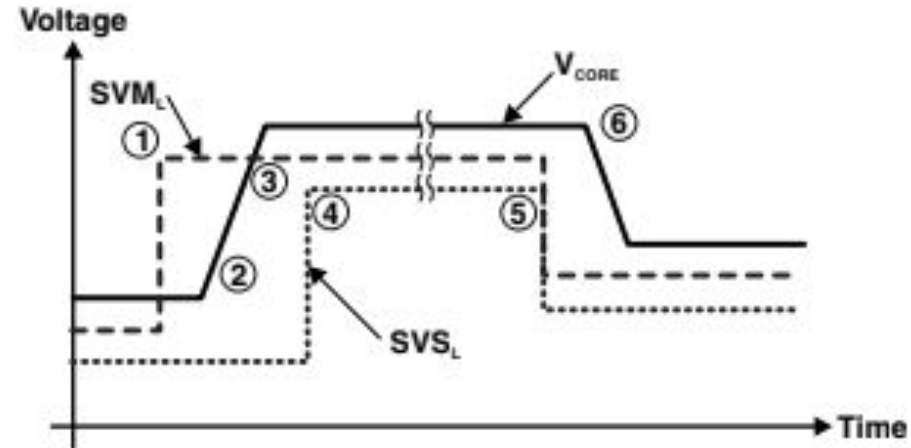
Использование вместо программно реализуемых функций встроенные периферийные модули с низким энергопотреблением

Использование вычисляемых переходов и быстрых табличных вычислений вместо опроса флагов и длительных программных вычислений

Избегать частых вызовов подпрограмм, чтобы снизить накладные расходы

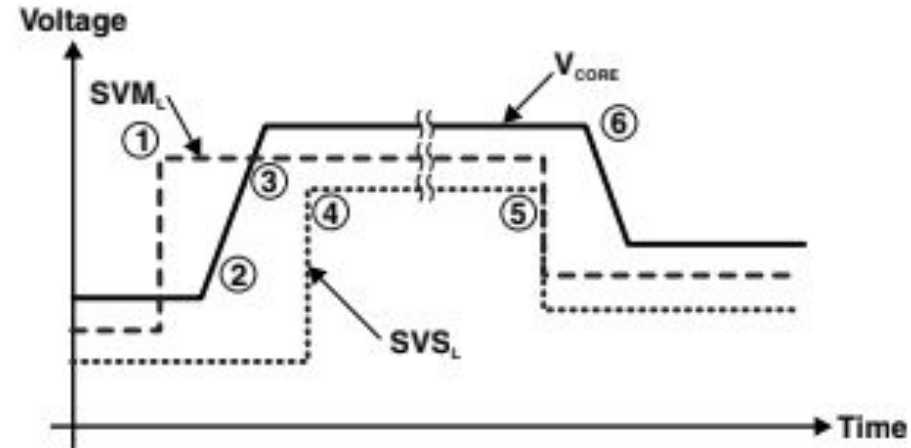
Использовать одноктактные регистры ЦПУ в длинных процедурах
Отключать неиспользуемые сегменты памяти

Повысить уровень питания



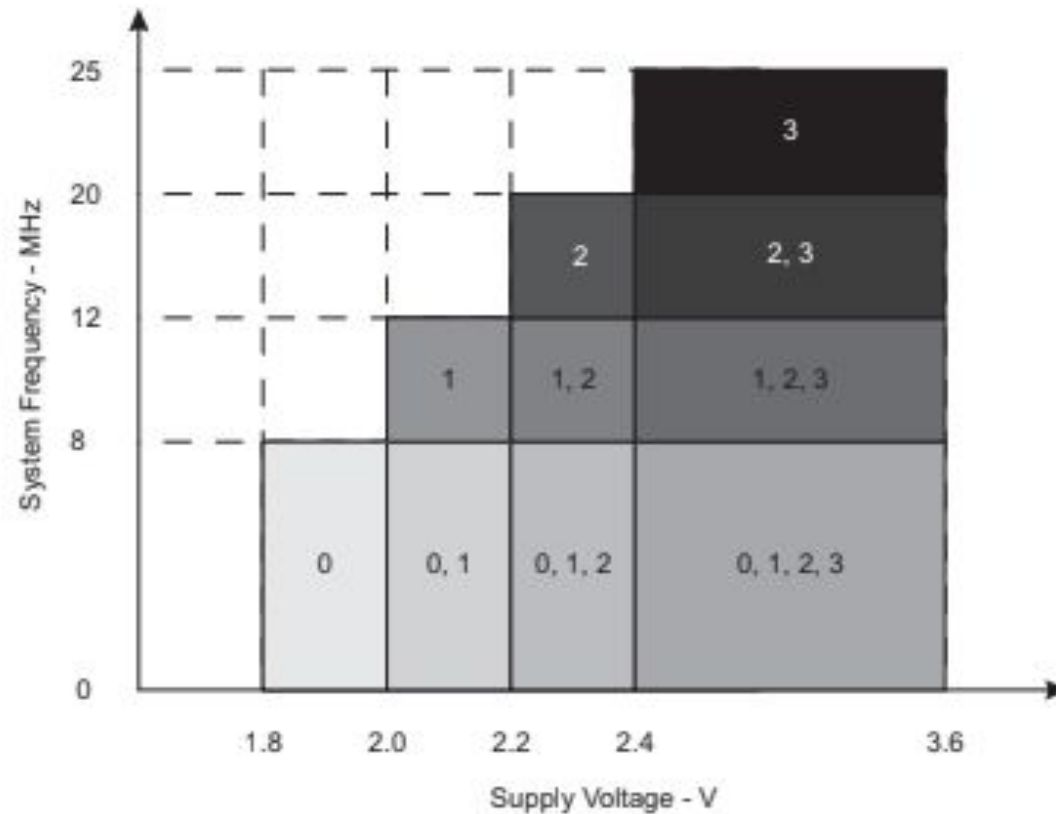
- изменить верхний уровень монитора и супервизора
- изменить нижний уровень монитора (1)
- дождаться поднятия напряжения до нижнего уровня монитора
- изменить уровень питания (2)
- дождаться поднятия напряжения до нижнего уровня монитора (3)
- изменить нижний уровень супервизора(4)

Понизить уровень питания

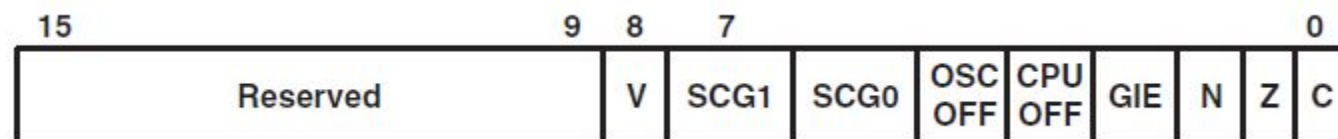


- изменить нижний уровень монитора и супервизора(5)
- изменить уровень питания (6)
- (*)изменить верхний уровень монитора и супервизора

Согласование питания и тактовой частоты



Регистр состояния SR



Режим	Сигналы				Биты SR			
	V _{CORE}	CPU/MC LK	FLL	ACLK	SCG1	SCG0	OSCOFF	CPUOFF
LPM0	On	Off	Off	On	0	0	0	1
LPM1	On	Off	Off	On	0	1	0	1
LPM2	On	Off	Off	On	1	0	0	1
LPM3	On	Off	Off	On	1	1	0	1
LPM4	On	Off	Off	On	1	1	1	1

LPM 4.5 = отключить регулятор напряжения (PMMREGOFF = 1) + LPM4

Функции для работы с регистром SR

Установка битов маски

Сброс битов маски

`__bis_SR_register`

`__bic_SR_register`

`__bis_SR_register_on_exit`

`__bic_SR_register_on_exit`

Используется только в обработчиках прерываний.
Изменение значений осуществляется ПОСЛЕ возврата
из обработчика прерываний.

Источники тактирования

XT1 - 32кГц ("часовой" кварцевый генератор)

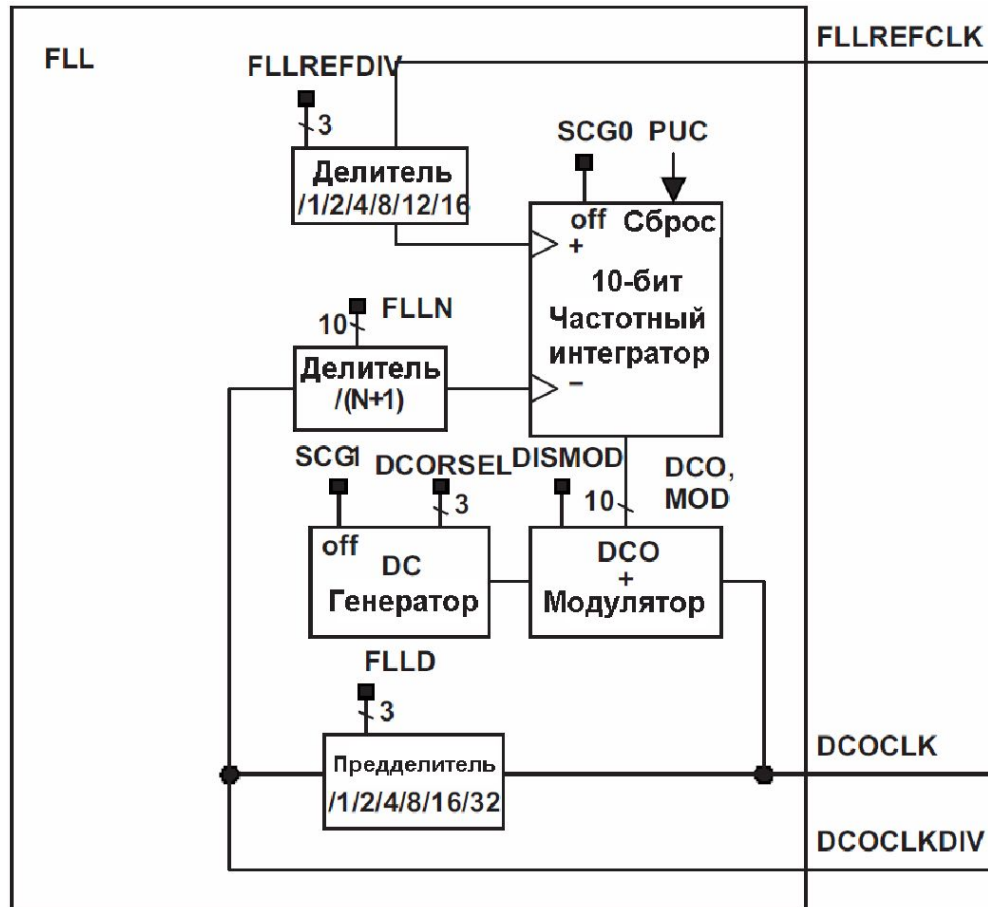
XT2 - 4-32 МГц

REFOCLK - 32кГц

VLOCLK - 9,4кГц

DCO - программируемый генератор

Блок автоподстройки частоты (FLL)



FLLREFCLK:

XT1CLK = 32768 Гц

REFOCLK = 32768 Гц

XT2CLK = 4 ... 32 МГц

Установка DCOCLK

$$\text{DCOCLK} = \text{FLLREFCLK} / \text{FLLREFDIV} \cdot (\text{FLLN} + 1) \cdot \text{FLLD}$$

UCSCTL2: FLLN и FLLD

UCSCTL3: FLLREFCLK(SELREF) и FLLREFDIV

Не забыть выбрать диапазон DCORSEL в регистре
UCSCTL1

Пример

Установить DCOCLK = 327 кГц

FLLREFCLK = 32768 Гц

FLLREFDIV = 1

FLLD = 2

FLLN = 4

UCSCTL3 = SELREF__XT1CLK;

UCSCTL3 |= FLLREFDIV__1;

UCSCTL2 = FLLD__2;

UCSCTL2 |= FLLN2;

$$32768/1 \cdot (4+1) \cdot 2 = 327 \text{ кГц}$$

Измерение частоты MCLK с помощью осциллографа

- Если в задании указана тактовая частота не MCLK, то тогда MCLK необходимо сконфигурировать так же, как и указанную в задании
- Порт 7.7 сконфигурировать для работы с периферией, направление – выход
- Подключить осциллограф к выводу 7.7 разъема J5 и вывода GND разъема J4 либо J5
- Допускается небольшое отклонение частоты (в пределах нескольких кГц) от заданного значения

Измерение тока потребления микроконтроллера и платы

Отключить напряжение питания платы

Разомкнуть перемычку J6 (в случае тока контроллера) или J7 (в случае тока платы)

Подключить мультиметр к освободившимся контактам

Включить напряжение питания платы

Пояснить полученные значения токов

Измерение напряжения

Подключить мультиметр к выводам Vcc и GND разъема
J4 либо J5

Пояснить полученное значение напряжения

Вопросы на защите

1. Принципы программирования устройств с низким энергопотреблением (и их использование в коде ЛРЗ)
2. Тактирование (внутренние генераторы и кварцевые резонаторы и условия их работы, работа управляемого цифрового генератора и блока автоподстройки частоты, синхросигналы и их назначение)
3. Режимы пониженного энергопотребления (характеристика режимов, условия входа/выхода)
4. Управление питанием (режимы, работа супервизора и монитора, алгоритм изменения напряжения)
5. Действия после подачи питания, сигналы сброса устройства и условия их генерации
6. Механизм измерения токов и напряжений, аргументация полученных значений

Обязательные вопросы

1. Что такое супервизор и монитор питания? Их назначение и отличие.
2. Какие есть режимы пониженного энергопотребления?
3. Характеристика LPM0 и LPM4 (что отключается и по каким сигналам можно выйти из LPM)
4. Какие есть внутренние тактовые генераторы? Их частоты
5. Какие есть тактовые частоты? что они тактируют.
6. Принцип работы блока автоподстройки частоты (FLL)

Вопросы?