

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт машиностроения, материалов и транспорта
Высшая школа автоматизации и робототехники

Отчёт
по лабораторной работе №2

Дисциплина: Программирование микроконтроллеров для управления роботами

Тема: Вторичный источник питания

Студент гр. 3331506/70401

Преподаватель

Кондрашова Я.С.

Капустин Д.А.

« » _____ 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАДАНИЕ	3
1. Описание микросхемы.....	4
1.1 Характеристики микросхемы.....	4
1.2 Описание контактов.....	5
1.3 Защита от короткого замыкания.....	6
1.4 Защита от перенапряжения	6
1.5 Защита от превышения температуры.....	7
2. Выбор компонентов	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	12

ЗАДАНИЕ

Вариант задания – 11.

Разработать понижающий-повышающий преобразователь напряжения на основе микросхемы TPS63070 DC/DC 16V/9V. Мощность преобразователя 5Вт. Преобразователь должен обеспечивать работу в диапазоне входных напряжений от 5В до 16В. В устройстве должна присутствовать индикация напряжения питания на выходе. Устройство должно быть защищено от КЗ на выходе источника.

1. Описание микросхемы

1.1 Характеристики микросхемы

Микросхема TPS63070 [1] является понижающим-повышающим DC/DC преобразователем напряжения. Данный тип преобразователя имеет возможность работать как на повышение, так и на понижение напряжения. TPS63070 подходит для применения, когда входное напряжение может быть выше или ниже выходного. Выходной ток может достигать 2А в режиме понижения и в режиме повышения. Преобразователь основан на контроллере с фиксированной частотой широтно-импульсной модуляции (ШИМ), использующем синхронное выпрямление для получения максимальной эффективности. При низком токе нагрузки преобразователь переходит в режим энергосбережения для поддержания высокой эффективности в широком диапазоне тока нагрузки. Конвертер можно отключить, чтобы свести к минимуму разрядка батареи. Во время выключения нагрузка отсоединяется от аккумулятора. Устройство выпускается в корпусе QFN размером 2,5 x 3 мм.

Чтобы регулировать выходное напряжение при всех возможных условиях входного напряжения, устройство автоматически переключается с понижающего режима на повышающий и обратно в соответствии с требованиями конфигурации. Устройство работает как понижающий преобразователь, когда входное напряжение выше выходного напряжения, а в качестве повышающего преобразователя, когда входное напряжение ниже выходного напряжения.

Основные характеристики микросхемы TPS63070 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики микросхемы TPS63070

Характеристика	Значение
Частота переключения f_{sw}	2,4 МГц
Входное напряжение U_{in}	2 - 16 В
Выходное напряжение U_{out}	2,5 - 9 В
Рабочие температуры, °C	от -40 до +125
Минимальная индуктивность	0,7 мкГн

На рисунке 1 представлено условное графическое обозначение микросхемы.

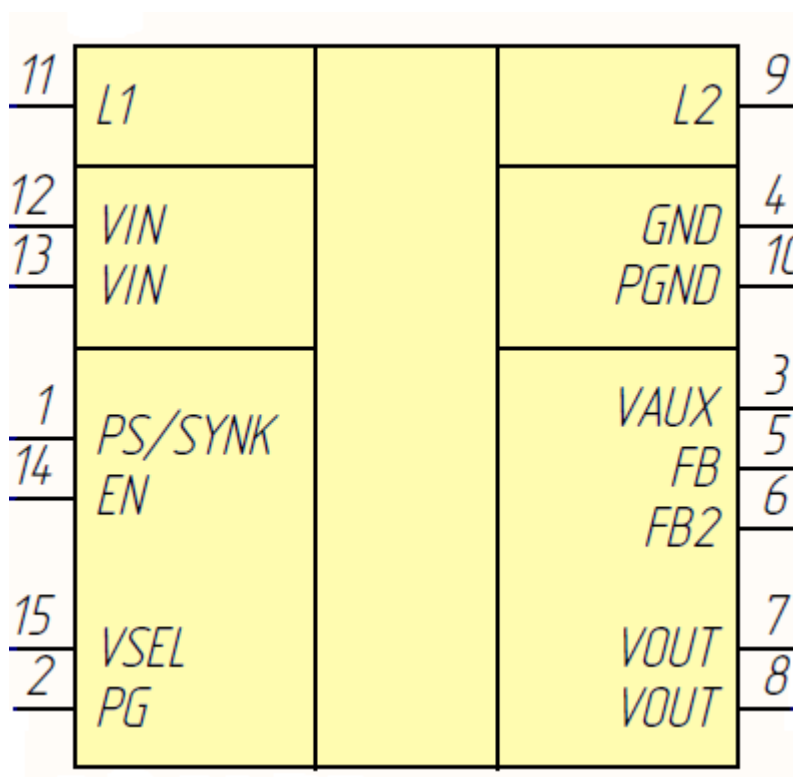


Рисунок 1 - УГО микросхемы TPS63070

1.2 Описание контактов

Далее приведено краткое описание каждого контакта [1, стр. 3]

EN – предназначен для включения микросхемы (высокий уровень – ВКЛ, низкий – ВЫКЛ).

FB – вход обратной связи по выходному напряжению.

GND, PGND – соединяются с землёй.

L1, L2 – контакты для подключения индуктивности.

PS/SYNC – когда контакт установлен на высокий уровень, устройство работает в режиме энергосбережения при низком выходном токе. Режим экономии энергии отключен, когда на контакте низкий уровень. В таком случае устройство работает на фиксированной частоте. [1, стр. 12]

PG – open drain выход, показывает, достигло ли выходное напряжение своего номинального значения. [1, стр. 11]

VIN – подключается к входному напряжению.

VOUT – подключается к выходному напряжению.

VAUX – контакт для подключения конденсатора внутреннего регулятора напряжения.

VSEL – выход изменения напряжения, позволяет динамически выбирать между двумя различными выходными напряжениями. Напряжение устанавливается резистором, который соединен между выводом FB и выводом FB2. Подключен к земле, потому что не используется.

FB2 – выход изменения напряжения. Подключен к земле, потому что не используется

1.3 Защита от короткого замыкания.

TPS63070 имеет собственную защиту от короткого замыкания [1, стр. 12]. Когда выходное напряжение ниже 1,2 В, для выпрямления используются диоды обратного затвора низкого бокового входного транзистора и высокого бокового выходного транзистора. При входном напряжении выше 9 В и выходном напряжении ниже 2,2 В частота переключения уменьшается до половины ее номинального значения.

1.4 Защита от перенапряжения

TPS63070 имеет встроенную защиту от перенапряжения, которая ограничивает выходное напряжение [1, стр. 13]. Напряжение фиксируется на выводе VOUT. В случае, если напряжение на выводе обратной связи

установлено неправильно или соединение разомкнуто, это ограничивает выходное напряжение значением, которое защищает выходной каскад от слишком высокого напряжения, ограничивая его внутренним заданным значением.

1.5 Защита от превышения температуры

Температура соединения устройства контролируется внутренним датчиком температуры. Когда она превышает температуру термического отключения, устройство переходит в режим термического отключения. Питание отключается, и на PG становится низкий уровень. Когда температура опускается ниже величины гистерезиса, преобразователь возобновляет нормальную работу, начиная с плавного пуска.

Гистерезис обычно составляет 20°C.

2. Выбор компонентов

Далее рассмотрим рекомендации по выбору компонентов.

Рекомендуется не подключать EN непосредственно к VIN, а использовать резистор в диапазоне от 1 кОм до 1 МОм. Если к VIN подключено несколько входов, таких как EN и PS/SYNC, резистор может быть общим. [1, стр. 11]

Выход PG нуждается во внешнем подтягивающем резисторе. Этот резистор может быть подтянут на любое напряжение вплоть до максимального номинального выходного напряжения. [1, стр. 11]

Руководство по проектированию предусматривает выбор компонентов для работы устройства в рекомендуемых условиях эксплуатации. Входные и выходные конденсаторы были разделены на небольшой конденсатор размером 0603 близко к выводам устройства и конденсаторы размером 0805 для получения требуемой емкости [1, стр. 11]

Можно запрограммировать выходное напряжение от 2,5В до 9В с помощью резистивного делителя от VOUT до GND. [1, стр. 17] Значение выходного напряжения устанавливается путем выбора резистивного делителя из уравнения 1.

$$R_1 = R_2 \left(\frac{V_{out}}{0.8 V} - 1 \right) \quad (1)$$

В [1, стр. 17] дана таблица со стандартными значениями резисторов в зависимости от выходного напряжения, опираясь на которую они и были выбраны.

Рекомендуется использовать комбинацию конденсаторов на входе. Керамический конденсатор небольшого размера как можно ближе к VIN блокирует высокочастотный шум, а более крупный ставится параллельно для хорошего переходного поведения регулятора. [1, стр. 19]

Как и на вход, на выход рекомендуется ставить комбинацию конденсаторов. Небольшой для подавления высокочастотных помех и более крупные для низкой пульсации выходного напряжения и стабильной работы.

Лучше всего использовать конденсатор размером 0603, близкий к выводам микросхемы, и несколько конденсаторов размером 0805. [1, стр. 19] Большие конденсаторы вызовут меньшую пульсацию выходного напряжения, а также меньшее падение выходного напряжения во время переходных процессов нагрузки.

Для высокой эффективности индуктор должен иметь низкое сопротивление постоянному току, чтобы минимизировать потери проводимости. Индуктор определяет значение индуктивности пульсации тока. Чем больше значение индуктора, тем меньше пульсационный ток индуктора и тем меньше потери проводимости преобразователя. И наоборот, больше значения индуктора вызывают более медленную переходную реакцию нагрузки. [1, стр. 18] Для использования рекомендован ряд индуктивностей, представленный на рисунке 2.

INDUCTOR VALUE	COMPONENT SUPPLIER ⁽¹⁾	SIZE (LxWxH /mm)	Isat/DCR
1.2 μ H	Coilcraft, XFL4015-122ME	4 x 4 x 1.5	4.5 A / 18.8 m Ω
1.5 μ H	Coilcraft, XFL4020-152ME	4 x 4 x 2.1	4.6 A / 14.4 m Ω
1.0 μ H	Coilcraft, XFL4020-102ME	4 x 4 x 2.1	5.4 A / 10.8 m Ω
1 μ H	Murata, 1277AS-H-1R0M	3.2 x 2.5 x 1.2	3.7 A / 45 m Ω

Рисунок 2 - Рекомендуемые индуктивности

В [1, стр. 4] дано значение эффективной индуктивности 1,5мкГн. Проверим, можно ли его использовать.

Минимальное входное напряжение должно быть выше рассчитанного по формуле 2.

$$I_{PEAK} = \frac{I_{out}}{\eta * (1 - D)} + \frac{V_{in} * D}{2 * f * L} \quad (2)$$

$$\text{где } D = \frac{V_{out} - V_{in}}{V_{out}} = \frac{9 - 5}{9} = 0.444$$

$$I_{PEAK} = \frac{2}{0.9 * (1 - 0.444)} + \frac{5 * 0.444}{2 * 2.4 * 2.5} = 4.182 \text{ A}$$

Исходя из результата расчётов, можно выбрать индуктивность XFL4020-152ME.

Компоненты, выбранные исходя из описанных выше рекомендаций представлены в таблице 2.

Таблица 2 – выбранные компоненты

Компонент	Наименование	Значение	Количество
Индуктивность	XFL4020-152ME	1,5 мкГн \pm 20 %	1
Конденсатор	CC0402KRX5R8BB104	100 нФ 25 В \pm 10 %	1
Конденсатор	CC0603KRX5R8BB106	10 мкФ 25 В \pm 10 %	2
Конденсатор	CC0805KRX5R7BB226	22 мкФ 16 В \pm 10 %	3
Конденсатор	CC1206KRX7R8BB475	10 мкФ 25 В \pm 10 %	2
Резистор	RC0603FR-0710KL	10 кОм \pm 1 % 0,1 Вт	1
Резистор	RC0603FR-0739KL	39 кОм \pm 1 % 0,1 Вт	1
Резистор	RC0603FR-07100KL	100 кОм \pm 1 % 0,1 Вт	1
Резистор	RC0603FR-07402RL	402 кОм \pm 1 % 0,1 Вт	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе лабораторной работы был разработан понижающий-повышающий преобразователь напряжения DC/DC 16В/9В на основе микросхемы TPS63070. Дано описание микросхемы, выполнен выбор электронных компонентов.

Результатами выполнения лабораторной работы являются принципиальная электрическая схема, файлы проекта Altium Designer, файлы производства, перечень электронных компонентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. TPS63070 2-V to 16-V Buck-Boost Converter With 3.6-A Switch Current datasheet (Rev. B), URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps63070.pdf>