

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

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2

Дисциплине: Программирование микроконтроллеров для управления роботами

Тема: Вторичный источник питания

Студент гр. 3331506/70401

<подпись>

Р.П. Кочурин

Преподаватель

<подпись>

Д.А. Капустин

« » _____ 2020 г.

Санкт-Петербург

2020

Оглавление

Задание	3
1. Описание микросхем	4
1.1 Защита от напряжения обратной полярности и перенапряжения .	4
1.2 Преобразователь напряжения.....	7
2. Выбор компонентов обвязки	10
2.1 Элементы обвязки LM76002-Q1	10
2.2 Элементы обвязки TPS2660.....	13
2.3 Светодиоды, кнопка и предохранитель	17
Заключение	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	21

Задание

Вариант задания – 13.

Разработать понижающий преобразователь напряжения DC/DC 12В/5В на основе микросхемы LM76002-Q1. Мощность преобразователя 10Вт. Преобразователь должен обеспечивать работу в диапазоне входных напряжений от 10В до 16В. Преобразователь должен быть защищен от подачи напряжения обратной полярности, а также от подачи напряжения больше 16В. В устройстве должно присутствовать индикация напряжения питания на выходе. Выход преобразователя должен быть защищен предохранителем.

1. Описание микросхем

1.1 Защита от напряжения обратной полярности и перенапряжения

Микросхема TPS2660 [1] представляет собой компактный и многофункциональный электронный предохранитель. Широкий диапазон входных напряжений позволяет применять ее во многих популярных цепях постоянного тока. Микросхема защищает нагрузку от напряжения обратной полярности, интегрированные МОП-транзисторы обеспечивают блокировку обратного тока. Также доступны настраиваемые функции для защиты устройства и источника: перегрузка по току, скорость нарастания выходного напряжения, порог низкого напряжения, перенапряжение. Кроме этого, плата имеет встроенную защиту от перегрева. Функции позволяют реализовать горячее подключение. Есть возможность внешнего управления включение/выключением внутренних транзисторов. Для контроля состояния системы устройство обеспечивает выход неисправностей и тока. Настройка поведения устройства в ответ на неисправность тока включает три варианта: автоматический выключатель, защелкивание и автоматический повтор.

Условное графическое обозначение (УГО) микросхемы представлено на рисунке 1. Основные параметры приведены в таблице 1.

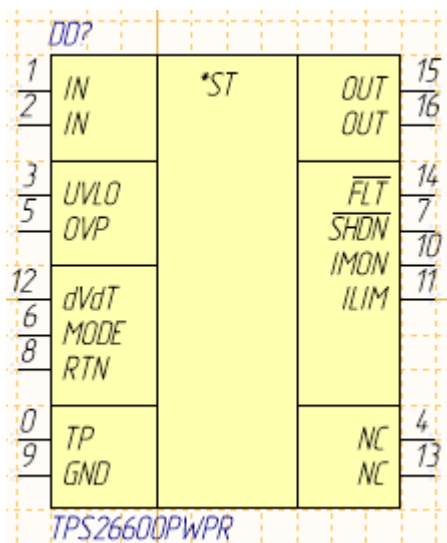


Рисунок 1 – УГО микросхемы TPS2660

Таблица 1 – Параметры микросхемы TPS2660

Параметр	Значение	Размерность
Номинальное напряжение	от 4,2 до 60	В
Максимальное обратное напряжение	-60	В
Номинальный ток	от 0,1 до 2,23	А
Потребление тока (в работе)	300	мкА
Потребление тока (при отключении)	20	мкА
Входное сопротивление	150	МОм
Рабочая температура	-40 до +125	°С
Температура теплового отключения	+157	°С

Входные IN и выходы OUT выводы микросхемы подключаются к источнику питания и нагрузке соответственно.

Вывод RTN является опорным сигналом для внутренних цепей микросхемы. Между RTN и GND находится внутренний блок защиты от напряжения обратной полярности. Подключение RTN к GND отключает эту функцию защиты. Соединение с RTN неактивной площадкой TP под корпусом микросхемы позволит обеспечить лучшие показатели охлаждения. 7

Вывод UVLO – вход компаратора пониженного напряжения. Вывод не должен оставаться плавающим. Если функция не требуется, вывод должен быть подключен к IN. Подключив вывод к RTN непосредственно, можно включить заводской порог блокировки напряжения 15 В. Чтобы установить иной желаемый порог, необходимо соединить UVLO и RTN через резистивный делитель.

Вывод OVP – вход компаратора перенапряжения. Соединив вывод с RTN непосредственно, можно включить заводской порог блокировки напряжения 33 В. Для установки желаемого порога, требуется подключить резистивный делитель от IN к RTN.

Вывод dVdT предназначен для задания скорости нарастания выходного напряжения при подаче питания. Если оставить вывод плавающим, то устанавливается скорость нарастания по умолчанию, равная 29,9 В/1,6 мс. Подключив конденсатор между dVdT и RTN, можно запрограммировать и меньшее значение скорости нарастания.

Вывод ILIM служит для установки ограничения выходного тока. Значение устанавливается с помощью резистора между выводом и RTN.

В зависимости от конфигурации вывода MODE возможны несколько вариантов реагирования на перегрузку. В данной работе реализуется режим активного ограничения тока с автоматическим повтором, когда вывод соединяется с RTN непосредственно. Во время перегрузки устройство регулирует ток до установленного уровня, при этом выходное напряжение падает, что приводит к увеличению рассеиваемой мощности в устройстве. Если температура достигнет значения теплового отключения, то устройство выключит внутренние транзисторы. Цикл повторного включения начнется через 512 мс после снижения температуры устройства на 10 градусов ниже значения теплового отключения.

Вывод FLT с открытым стоком утверждает низкий уровень при различных неисправностях (пониженное напряжение, перегрузка и др.), в режиме низкого тока и во время пуска. Сигнал остается утвержденным, пока неисправность не будет устранена и устройство не возобновит нормальную работу. Вывод можно оставить плавающим или подключить к RTN, когда он не используется.

Вывод IMON обладает внутренним источником тока, пропорциональным протекающему от входа к выходу току. Ток на выводе может быть преобразован в напряжение с помощью резистора между IMON и RTN, что может быть использовано внешним микроконтроллером как средство контроля протекающего тока. Если вывод не используется, он должен быть плавающим.

Вывод SHDN служит для отключения внутренних транзисторов и, следовательно, тока нагрузки при подаче на него низкого уровня. Чтобы включить устройство, необходимо подтянуть вывод до напряжения 1 В и выше.

1.2 Преобразователь напряжения

Регулятор LM76002-Q1 представляет собой простой в использовании синхронный понижающий преобразователь напряжения, способный управлять током нагрузки до 2,5 А от входа до 60 В. LM76002-Q1 обеспечивает исключительную эффективность и точность вывода при очень небольшом размере. Используется режим управления пиковым током. Включает в себя дополнительные функции, такие как регулируемая частота переключения, синхронизация, опция FPWM, отметка исправного энергопотребления, включение точности, регулируемый плавный пуск и отслеживание, обеспечивают гибкие и простые в использовании решения для широкого спектра приложений. Автоматическое восстановление частоты при небольшой нагрузке и дополнительное внешнее обеспечение повышают эффективность. Это устройство требует нескольких внешних компонентов и имеет распиновку, предназначенную для простой компоновки печатной платы с лучшими в своем классе характеристиками электромагнитных помех (CISPR25) и тепловыми характеристиками.

Функции защиты включают в себя блокировку при пониженном напряжении на входе, тепловое отключение, поцикловое ограничение тока и защиту от короткого замыкания.

Условное графическое изображение микросхемы представлено на рисунке 2. Основные параметры приведены в таблице 2.

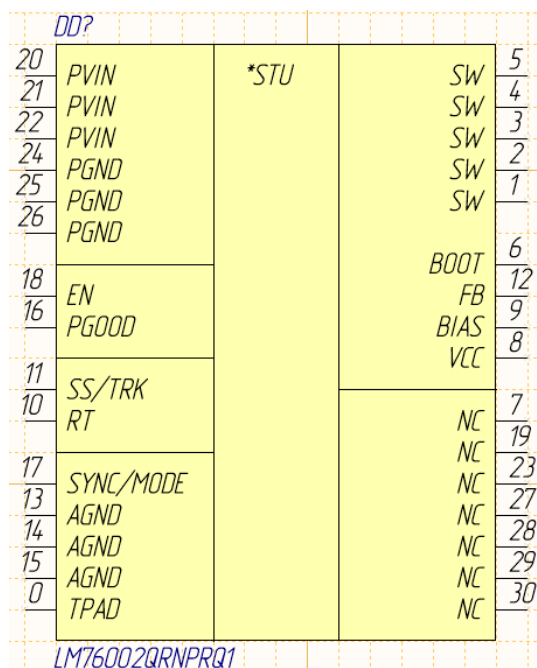


Рисунок 2 – УГО микросхемы LM76002-Q1

Таблица 1 – Параметры микросхемы LM76002-Q1

Параметр	Значение	Размерность
Входное напряжение	от 4,2 до 60	В
Выходное напряжение	от 1 до $0,95 V_{IN}$	В
Номинальный ток	до 2,5	А
Частота переключения	от 300 до 2200	кГц
Рабочая температура	-40 до +125	°С
Температура теплового отключения	+150	°С

Входные PVIN и выходные SW выводы микросхемы подключаются к источнику питания и внешней индуктивности соответственно.

Вывод EN предназначен для блокировки пониженного напряжения. Для установки минимального рабочего напряжения следует использовать резистивный делитель от V_{IN} к GND. Если вывод не требуется, его можно подключить к V_{IN} , что установит порог входного напряжения 1,204 В.

Вывод PGOOD используется для проверки достижения необходимого напряжения на выходе.

Вывод SS/TRK предназначен для управления временем плавного пуска. Если вывод оставить плавающим, то время пуска обычно составляет 6,3 мс.

Вывод RT используется для задания частоты переключений. Если вывод оставить плавающим, то будет задана частота по умолчанию 500 кГц. Для того, чтобы задать частоту переключений, подключается резистор между выводом и землёй GND.

Вывод SYNC/MODE предназначен для того, чтобы синхронизовать частоту переключений с внешним сигналом в пределах от 300 кГц до 2,2 МГц. При использовании внешнего сигнала необходима подтяжка к земле.

Вывод VCC предназначен для питания внутренних цепей микросхемы.

Вывод BIAS предназначен для уменьшения разницы входного и выходного напряжений внутреннего блока микросхемы LDO.

Вывод FB предназначен для обратной связи по выходному напряжению.

Вывод BOOT предназначен для повышения уровня напряжения устройстве переключения питания выше, чем V_{IN} . Для этого используется конденсатор, который соединяется с выводом и SW.

2. Выбор компонентов обвязки

2.1 Элементы обвязки LM76002-Q1

Проведём расчёт и выбор элементов обвязки микросхемы LM76002-Q1 согласно документации[2]. Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для LM76002-Q1

Параметр	Значение	Размерность
Номинальное входное напряжение	12	В
Диапазон входного напряжения	от 10 до 16	В
Выходное напряжение	5	В
Ток нагрузки	2	А

Для задания выходного напряжения используется делитель напряжения для вывода FB между выходным напряжением V_{OUT} и землёй GND. Резистор R_{FBB} рассчитываются по следующей формуле

$$R_{FBB} = \frac{V_{FB}}{V_{OUT} - V_{FB}} R_{RFT},$$

где V_{FB} – значение напряжения выводе FB, из документации на микросхему[2] следует, что $V_{FB} = 1$ В;

V_{OUT} – значение выходного напряжения, $V_{OUT} = 5$ В;

R_{RFT} – первый резистор в делителе напряжений, рекомендуется взять резистор из следующего диапазона значений 10..100 кОм , пусть $R_{RFT} = 100$ кОм .

Значение сопротивления R_{FBB} будет равно

$$R_{FBB} = \frac{1}{5-1} 100 = 25 \text{ кОм.}$$

Для получения заданного значения было взято два резистора RC0603FR-0724KL ф. YAGEO Corp. и RC0603FR-071KL ф. YAGEO Corp. номиналами 24 кОм и 1 кОм соответственно с номинальным напряжением 75 В и мощностью 0,1 Вт.

Сравнив фигуры 25 и 27 документации микросхемы LM76002-Q1[1] было решено взять наименьшую частоту переключений так как при максимальной нагрузке в 2 А будет наибольшая эффективность

$$f_{sw} = 300 \text{ кГц}.$$

Чтобы задать такую частоту между выводом RT и землёй GND необходимо поставить резистор R_T , рассчитанный по следующей формуле:

$$R_T(\text{k}\Omega) = \frac{38400}{f_{sw}(\text{kHz}) - 14.33}.$$

Численное значение резистора будет:

$$R_T = \frac{38400}{300 - 14.33} = 134,421 \text{ кОм}.$$

Для задания такого сопротивления было взято два резистора RC0603FR-07130KL ф. YAGEO Corp. и RC0603FR-074K42L ф. YAGEO Corp. номиналами 130 кОм и 4,42 кОм соответственно с номинальным напряжением 75 В и мощностью 0,1 Вт.

Рассчитаем интервал значений катушки индуктивности из ограничения среднего пульсирующего тока катушки от 20% до 40% от максимального тока нагрузки по следующей формуле:

$$\frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot D}{0,4 \cdot f_{sw} \cdot I_{L-MAX}} \leq L \leq \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot D}{0,2 \cdot f_{sw} \cdot I_{L-MAX}},$$

где D – коэффициент заполнения, $D = V_{OUT} / V_{IN} = 5/12 = 0,417$;

I_{L-MAX} – максимальный ток нагрузки, $I_{L-MAX} = 2 \text{ А}$.

Определим численные рамки диапазона индуктивности

$$\frac{(12 - 5) \cdot 0,417}{0,4 \cdot 300000 \cdot 2} \leq L \leq \frac{(12 - 5) \cdot 0,417}{0,2 \cdot 300000 \cdot 2}$$

$$12,15 \cdot 10^{-6} \leq L \leq 24,31 \cdot 10^{-6},$$

таким образом выбираем катушку индуктивности SRP7028A-220M ф. Bourns, Inc. с номиналом 22 мкГн и током насыщения 3,5 А.

Рассчитаем пульсации тока с выбранной катушкой индуктивности

$$\Delta i_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \cdot D}{L \cdot f_{SW}} = \frac{(12 - 5) \cdot 0,417}{22 \cdot 10^{-6} \cdot 300000} = 0,442 \text{ А.}$$

Рассчитаем значение пикового тока

$$I_{L-PEAK} = I_{LOAD-MAX} + \frac{\Delta i_L}{2} = 2 + \frac{0,442}{2} = 2,22 \text{ А.}$$

Рассчитаем ёмкость на выходе по пульсациям на конденсаторе

$$C_{OUT} > \frac{1}{f_{SW} \cdot r \cdot (\Delta V_{OUT} / I_{OUT})} \cdot \left[\left(\frac{r^2}{12} \cdot (1 + D') \right) + (D' \cdot (1 + r)) \right],$$

где r – коэффициент пульсации тока катушки индуктивности,

$$r = \Delta i_L / I_{OUT} = 0,442 / 2 = 0,221;$$

$$D' = 1 - D = 1 - 0,417 = 0,583;$$

ΔV_{OUT} – целевая пульсация напряжения на конденсаторах, пусть будет составлять 3% от номинального выходного $\Delta V_{OUT} = 0,03 \cdot 5 = 0,15 \text{ В.}$

Рассчитаем значение ёмкости выходных конденсаторов

$$C_{OUT} > \frac{1}{300000 \cdot 0,221 \cdot (0,15/2)} \cdot \left[\left(\frac{0,221^2}{12} \cdot (1 + 0,583) \right) + (0,583 \cdot (1 + 0,221)) \right]$$

$$C_{OUT} > 144 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Таким образом выбираем с запасом четыре конденсатора CC0603MRX5R5BB476 ф. YAGEO Corp. с номиналом 47 мкФ, типом диэлектрика X5R и номинальным напряжением 6,3 В.

Руководствуясь рекомендациями в документации, на выводе BOOT выберем конденсатор CL10B474KO8VPNC ф. Samsung electro-mechanics с номиналом 0,47 мкФ, типом диэлектрика X7R и номинальным напряжением 16 В.

Аналогично с предыдущим конденсатором выбираем на вывод VCC конденсатор CC0603KRX7R6BB225 ф. YAGEO Corp. с номиналом 2,2 мкФ, типом диэлектрика X7R и номинальным напряжением 10 В.

Аналогично выбираем для вывода BIAS конденсатор CC0603KRX7R8BB105 ф. YAGEO Corp. с номиналом 1 мкФ, типом диэлектрика X7R и номинальным напряжением 25 В.

Аналогично выбираем конденсаторы на входе два конденсатора CC1206KKX7R0BB225 номиналом 2,2 мкФ и конденсатор CC0603KRX7R0BB104 номиналом 0,1 мкФ ф. YAGEO Corp., 1 мкФ, типом диэлектрика X7R и номинальным напряжением 100 В.

2.2 Элементы обвязки TPS2660

Проведём расчёт и выбор элементов обвязки микросхемы TPS2660 согласно документации [1]. Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для TPS2660

Параметр	Значение	Размерность
Номинальное входное напряжение	12	В
Нижний порог входного напряжения	10	В
Верхний порог входного напряжения	16	В
Сопротивление нагрузки на старте	8	Ом
Ток нагрузки	2	А

Рассчитаем сопротивление резистора для установки предела тока на выводе LIM по формуле

$$R_{I_{lim}} = \frac{12}{I_{lim}},$$

где I_{lim} – ток нагрузки, $I_{lim} = 2$ А.

Численное значение сопротивления резистора будет

$$R_{I_{lim}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ кОм}.$$

Возьмем ближайшее стандартное значение номинала $R_{I_{lim}} = 6,04$ кОм. Выберем резистор RC0603FR-076K04L ф. YAGEO Corp. с номинальным напряжением 75 В и мощностью 0,1 Вт.

Найдем сопротивления резисторов в делителе напряжения для установки порога пониженного напряжения и порога перенапряжения путем решения следующих уравнений

$$V_{UVLOR} = \frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot V_{UV},$$

$$V_{OVPR} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot V_{OV}$$

где V_{UVLOR} – внутренний порог пониженного напряжения, $V_{UVLOR} = 1,19$ В;

V_{OVPR} – внутренний порог перенапряжения, $V_{OVPR} = 1,19$ В.

Для заданных исходных данных $V_{UV} = 10$ В и $V_{OV} = 16$ В.

Чтобы раскрыть неопределимость, введем следующее соотношение, определяющее ток через резисторы делителя напряжения

$$I_{R123} = \frac{V_{IN}}{R_1 + R_2 + R_3},$$

где V_{IN} – номинальное входное напряжения, $V_{IN} = 12$ В.

Согласно документации, значение тока должно быть в 20 раз или более превышающим ток утечки на выводах UVLO и OVP. Ток утечки на выводах имеет наибольшее значение 100 нА, тогда ток через резисторы определим следующим образом

$$I_{R123} = 200 \cdot 100 \cdot 10^{-9} = 20 \text{ мкА}.$$

Найдем суммарное сопротивление резисторов

$$R_1 + R_2 + R_3 = \frac{12}{20 \cdot 10^{-6}} = 600 \text{ кОм}.$$

Определим сопротивление резистора R_3

$$R_3 = \frac{1,19}{16} \cdot 600 \cdot 10^3 = 44,6 \text{ кОм}$$

Определим сопротивление резистора R_2

$$R_2 = \frac{1,19}{10} \cdot 600 \cdot 10^3 - 44600 = 26,8 \text{ кОм}$$

Найдем сопротивление резистора R_1 из суммы сопротивлений

$$R_1 = (600 - 44,6 - 26,8) \cdot 10^3 = 528,6 \text{ кОм}$$

Возьмем ближайшие стандартные значения номиналов $R_1 = 523 \text{ кОм}$, $R_2 = 26,7 \text{ кОм}$ и $R_3 = 44,2 \text{ кОм}$. Выберем резисторы RC0603FR-07523KL, RC0603FR-0726K7L и RC0603FR-0744K2L ф. YAGEO Corp. с номинальным напряжением 75 В и мощностью 0,1 Вт.

Тогда действительные значения порога пониженного напряжения и перенапряжения равны

$$V_{UV} = 1,19 \cdot \frac{593,9 \cdot 10^3}{70,9 \cdot 10^3} = 9,96 \text{ В},$$

$$V_{UV} = 1,19 \cdot \frac{593,9 \cdot 10^3}{44,2 \cdot 10^3} = 15,98 \text{ В}.$$

Сбой питания обнаруживается на спадающем фронте напряжения, при такой ситуации порог пониженного напряжения на 7,5% меньше рассчитанного. Его можно определить по формуле

$$V_{PFAIL} = 0,925 \cdot V_{UV} = 0,925 \cdot 9,96 = 9,21 \text{ В}.$$

Для выбора конденсатора на выводе dVdT рассчитаем время нарастания выходного напряжения по уравнению

$$t_{dVdt} = C_{OUT} \cdot \frac{V_{IN}}{I_{inrush}},$$

где C_{OUT} – емкость нагрузки, $C_{OUT} = 47 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$;

I_{inrush} – пусковой ток.

Возьмем значение пускового тока $I_{inrush} = 0,1 \text{ А}$. Тогда время нарастания будет

$$t_{dVdt} = 47 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{12}{0,1} = 6 \text{ мс}.$$

Емкость конденсатора вычисляет по формуле

$$C_{dVdt} = \frac{t_{dVdt}}{8 \cdot 10^6 \cdot V_{IN}} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^6 \cdot 12} = 63 \text{ пФ}.$$

Возьмем ближайшее стандартное значение номинала $C_{dvdt} = 82$ пФ .
 Выберем конденсатор CC0603JRNPO7BN820 с типом диэлектрика C0G и номинальным напряжением 16 В.

Согласно рекомендациям в документации, выберем в качестве входного конденсатора CC1206KKX7R0BB105 с номиналом 1 мкФ , типом диэлектрика X7R и номинальным напряжением 100 В. Рассчитаем полную рассеиваемую мощность устройства на старте по следующим формулам

$$P_{Dinrush} = 0,5 \cdot V_{IN} \cdot I_{inrush},$$

$$P_{Dload} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_{IN}^2}{R_L},$$

$$P_{Dstartup} = P_{Dinrush} + P_{Dload},$$

где $P_{Dinrush}$ – рассеиваемая мощность без нагрузки;

P_{Dload} – рассеиваемая мощность с нагрузкой;

R_L – сопротивление нагрузки на старте, $R_L = 8$ Ом Ом.

Поставив значения вычислим полную рассеиваемую мощность

$$P_{Dinrush} = 0,5 \cdot 12 \cdot 0,1 = 0,6 \text{ Вт},$$

$$P_{Dload} = \frac{1}{6} \cdot \frac{12^2}{8} = 3 \text{ Вт},$$

$$P_{Dstartup} = 0,6 + 3 = 3,6 \text{ Вт}.$$

Рассеиваемая мощность в течение времени нарастания выходного напряжения не должна превышать предела теплового отключения. Желательно иметь также минимальный запас в 30%, чтобы учесть возможное изменение параметров системы. Судя по графику, приведенному на рисунке 3 [1, с. 32], запуск устройства при $P_{Dstartup} = 3,6$ Вт , $t_{dvdt} = 6$ мс и температуре $T = 45^\circ\text{C}$ пройдет успешно.

В случае короткого замыкания или превышения тока нагрузки на выходе микросхемы могут возникать отрицательные скачки напряжения. Для улучшения переходных процессов поставим диод Шоттки поперек выхода. Выберем диод SL13-E3/5AT ф. Vishay Intertechnology, Inc. с импульсным обратным напряжением 30 В.

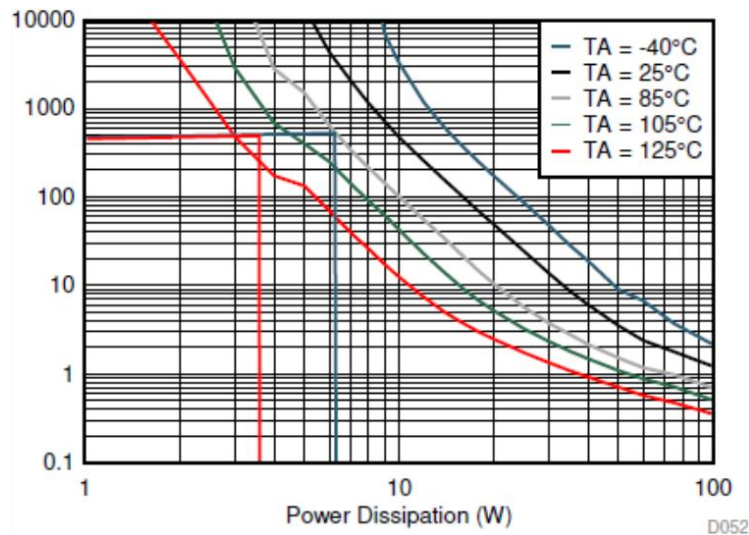


Рисунок 3 – График теплового отключения

Для подавление переходных процессов при превышении максимальных номинальных значений устройства на входе установим двухсторонний стабилитрон. Выберем сборку 1.5SMC62CA ф. Littelfuse, Inc. с напряжением стабилизации 53 В.

2.3 Светодиоды, кнопка и предохранитель

Устройство имеет два сигнальных светодиода. Первый на выходе микросхемы TPS2660, второй – на выходе микросхемы LM5160-Q1. Таким образом, по сигналу светодиодов можно судить о работе той или иной микросхемы. Выберем светодиоды TLMG1100-GS08 и TLMS1000-GS08 ф. Vishay Intertechnology, Inc. соответственно. Рассчитаем резистор для каждого светодиода. Сопротивление и мощность резистора вычисляется по следующим формулам

$$R = \frac{V_s - V_{led}}{I_{led}},$$

$$P = I^2 R,$$

где V_s – напряжения питания;

V_{led} – номинальное падения напряжения на светодиоде;

I_{led} – номинальный прямой ток светодиода;

I – прямой ток светодиода.

Для светодиода TLMG1100-GS08 с номинальным падением напряжения 2,1 В и прямым током 30 мА при максимальном напряжении питания 15,98 В вычислим сопротивление резистора

$$R = \frac{15,98 - 2,1}{30 \cdot 10^{-3}} = 463 \text{ Ом}.$$

Возьмем с запасом стандартное значение номинала резистора $R = 1 \text{ кОм}$.

Тогда ток через светодиод равен

$$I_{led} = \frac{15,98 - 2,1}{1 \cdot 10^3} = 0,014 \text{ А}.$$

Определим необходимую мощность резистора

$$P = (0,014)^2 \cdot 1 \cdot 10^3 = 0,2 \text{ Вт}.$$

Возьмем с запасом значение мощности резистора $P = 1 \text{ Вт}$. Выберем резистор AA1218FK-071KL ф. YAGEO Corp. с номинальным напряжением 200 В и мощностью 1 Вт.

Для светодиода TLMS1000-GS08 с номинальным падением напряжения 1,8 В и прямым током 15 мА при максимальном напряжении питания 5 В вычислим сопротивление резистора

$$R = \frac{5 - 1,8}{15 \cdot 10^{-3}} = 213 \text{ Ом}.$$

Возьмем стандартное значение номинала резистора $R = 220 \text{ Ом}$.

Тогда ток через светодиод равен

$$I_{led} = \frac{5 - 1,8}{220} = 0,015 \text{ А}.$$

По формуле (31) определим необходимую мощность резистора

$$P = (0,015)^2 \cdot 220 = 0,05 \text{ Вт}.$$

Возьмем значение мощности резистора $P = 0,1 \text{ Вт}$. Выберем резистор RC0603FR-07220RL ф. YAGEO Corp. с номинальным напряжением 75 В и мощностью 0,1 Вт.

Для возможности перезагрузки микросхемы TPS2660 свяжем ее вывод SHDN с GND через тактовую кнопку. Для предотвращения дребезга контактов кнопки подключим параллельно ей конденсатор. Выберем тактовую кнопку FSM4JSMA ф. TE Connectivity и конденсатор CC0603KRX7R0BB104 с номиналом 0,1 мкФ, типом диэлектрика X7R и номинальным напряжением 100 В.

На выходе микросхемы LM5160-Q1 перед разъемом установим предохранитель – диод Шоттки. С учетом возможных напряжений и тока нагрузки выберем диод SS3P4L-M3/87A ф. Vishay Intertechnology, Inc. с импульсным обратным напряжением 40 В, максимальным допустимым прямым током 3 А и пиковым падением напряжения 0,47 В.

Заключение

В ходе лабораторной работы был разработан понижающий преобразователь напряжения. Дано описание ключевых компонентов и обоснование выбора элементов обвязки, рассчитана стоимость изготовления печатной платы. Предоставлены принципиальная электрическая схема, файлы производства, перечень электронных компонентов и файлы проекта Altium Designer.

Выполнение работы позволило получить практические навыки проектирования преобразователей напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. TPS2660x 60-V, 2-A Industrial eFuse With Integrated Reverse Input Polarity Protection datasheet (Rev. G), URL: <https://www.ti.com/product/TPS2660?HQS=TI-null-null-octopart-df-pf-manuf-ww>
2. LM7600x-Q1 3.5-V to 60-V, 2,5-A/3,5-A Synchronous Step-Down Voltage Regulator datasheet (Rev. C), URL: <https://www.ti.com/product/LM76002-Q1>