

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

**Отчет**  
**по лабораторной работе №2**

Тема: Вторичный источник питания

Студент гр. 3331506/70401

Демчева А.А.

Преподаватель

Капустин Д.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

Санкт-Петербург

2020 г.

## Задание

Вариант: 3

Микросхема: LM5164-Q1

Тип: Buck

Задание:

1. Разработать понижающий преобразователь напряжения DC/DC 48В/5В. Мощность преобразователя 5Вт. Преобразователь должен быть защищен от подачи напряжения обратной полярности, подачи напряжения ниже 40В, а также подачи напряжения выше 48В. В устройстве должна присутствовать индикация напряжения питания на выходе. Устройство должно быть защищено от КЗ на выходе источника.

## Выполнение

### 1. Описание микросхемы

LM5164-Q1 — понижающий преобразователь, предназначенный для регулирования входных напряжений. Особенности данной схемы является широкий диапазон входных напряжений (6 – 100 В), встроенная защита от тока короткого замыкания на выходе источника и ограничение входного напряжения по нижнему порогу, а также функция индикации выходного напряжения. Основные характеристики микросхемы приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Основные характеристики микросхемы LM5164-Q

| <i>Характеристика</i> | <i>Значение</i> |
|-----------------------|-----------------|
| Тип корпуса           | SO PowerPad (8) |
| Входное напряжение    | 6 – 100 В       |
| Выходное напряжение   | -1,5 – 100 В    |
| Ток нагрузки          | 1 А             |
| Частота переключений  | До 1 МГц        |

## 2. Расчет дополнительных элементов

### 1) Резистор R5 ( $R_{RON}$ )

Сопротивление резистора  $R_{RON}$  устанавливает частоту переключения преобразователя. С увеличением частоты уменьшаются общие размеры платы, но уменьшается КПД и усиливаются электромагнитные помехи [3]. Поэтому назначим значение средним от максимально возможного для данной платы (согласно [1, п. 7.3.5.], 1 МГц):  $F_{SW} = 500$  кГц.

Тогда сопротивление резистора:

$$R_{RON}(\text{кОм}) = \frac{V_{OUT}(\text{В}) \cdot 2500}{F_{SW}(\text{кГц})} = \frac{5 \cdot 2500}{500} = 25 \text{ кОм}$$

Выберем ближайшее стандартное значение  $R_{RON} = 24$  кОм. Тогда:

$$F_{SW}(\text{кГц}) = \frac{V_{OUT}(\text{В}) \cdot 2500}{R_{RON}(\text{кОм})} = \frac{5 \cdot 2500}{24} = 521 \text{ кГц}$$

### 2) И

Индуктивность пульсации тока примем равной 39% от номинального тока нагрузки при номинальном входном напряжении (1 А) [1, п. 8.2.2.3]:  $\Delta I_L^Y = 390$  мА. Тогда:

$$\begin{aligned} L_0 &= \frac{V_{OUT}}{F_{SW} \cdot \Delta I_L} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(nom)}}\right) = \\ &= \frac{5 \text{ В}}{521 \text{ кГц} \cdot 390 \text{ мА}} \cdot \left(1 - \frac{5 \text{ В}}{48 \text{ В}}\right) = 22 \text{ мкГн} \end{aligned}$$

### 3) Резисторы R8 и R9 ( $R_{FB1}$ и $R_{FB2}$ )

Резисторы  $R_{FB1}$  и  $R_{FB2}$  составляют резистивный делитель, который задает отношение выходного напряжения к напряжению на FB. Согласно [1, п. 7.3.3), величину  $R_{FB1}$  рекомендуется выбирать в диапазоне от 100 кОм до 1 МОм. Примем  $R_{FB1} = 560$  кОм, тогда:

$$R_{FB2} = \frac{1.2 \text{ В}}{V_{OUT} - 1.2 \text{ В}} \cdot R_{FB1} = \frac{1.2 \text{ В}}{5 \text{ В} - 1.2 \text{ В}} \cdot 560 \text{ кОм} = 180 \text{ кОм}$$

□

□

#### 4) Выходной конденсатор $C_6$ ( $C_{out}$ )

Конденсатор  $C_{out}$  ограничивает пульсации напряжения на выходе преобразователя. Величина пульсаций, согласно [1, п. 8.2.2.4] составляет:

$$V_{OUT(ripple)} = 0,5\% \cdot V_{OUT} = 0,005 \cdot 12 = 25 \text{ мВ}$$

Определим его ёмкость выходного конденсатора:

$$C_{out} \geq \frac{\Delta I_L}{8 \cdot F_{SW} \cdot V_{OUT(ripple)}} = \frac{390 \text{ мА}}{8 \cdot 521 \text{ кГц} \cdot 25 \text{ мВ}} = 3,7 \text{ мкФ}$$

Выберем конденсатор на **10 мкФ, 25 В, X7R**.

#### 5) Входной конденсатор $C_2, C_3$ ( $C_{out}$ )

Входной конденсатор необходим для ограничения пульсаций входного напряжения. Согласно [1, п. 8.2.2.5], выбираем керамический конденсатор с ёмкостью в 2,2 мкФ или больше и номинальным напряжением, в два раза превышающим входное: **2,2 мкФ, 100 В, X7R**.

#### 6) Резистор $R_{10}$ ( $R_{ESR}$ )

Резистор  $R_{ESR}$ , наряду с выходным конденсатором, составляет схему формирования пульсации напряжения на узле обратной связи. Величину сопротивления  $R_{ESR}$  определим по формуле [1, п. 8.2.2.5]:

$$R_{ESR} \geq \frac{V_{OUT}}{2 \cdot V_{IN} \cdot F_{SW} \cdot C_{out}} = \frac{5 \text{ В}}{2 \cdot 48 \text{ В} \cdot 521 \text{ кГц} \cdot 10 \text{ мкФ}} = 10 \text{ мОм}$$

Таким образом, назначаем  **$R_{ESR} = 1 \text{ Ом}$** .

#### 7) Входной ток

По графику на рисунке 1 определим КПД преобразователя при  $V_{IN} = 48 \text{ В}$  и токе нагрузки 1 А,  $\eta = 91 \%$ .

Тогда средний входной ток преобразователя [1, п. 9]:

$$I_{IN} = \frac{V_{OUT} \cdot I_{OUT}}{V_{IN} \cdot \eta} = \frac{5 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}}{48 \text{ В} \cdot 0,91} = 114 \text{ мА}$$

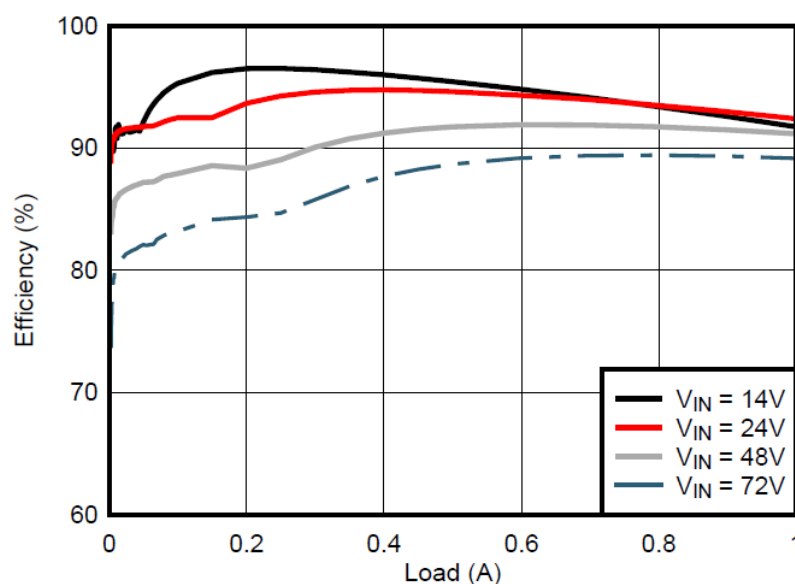


Рисунок 1 — Зависимость КПД преобразователя от нагрузки

### 3. Защитные схемы

#### 1) Защита от подачи напряжения обратной полярности

В качестве защиты от подачи напряжения обратной полярности была использована схема с n-канальным полевым транзистором. Транзистор был выбран таким образом, чтобы  $V_{DS} = 100 \text{ В} > V_{IN} = 48 \text{ В}$ ,  $V_{GS} = 20 \text{ В} < V_{IN} = 48 \text{ В}$ .

В стандартном режиме напряжение затвор-исток равно номинальному напряжению стабилизации транзистора  $V_{GS} = U_{тр} = 18 \text{ В}$ , что превышает пороговое напряжение включения транзистора  $V_{GS(th)} = 3,2 \text{ В}$ . Следовательно, транзистор открыт, ток протекает свободно в нужном направлении.

При подаче обратного напряжения  $V_{GS(th)} < 0$ , следовательно, транзистор закрыт, схема защищена.

Диод Шоттке, подключенный параллельно, при обратном подключении ограничивает протекание тока в незащищенной ветке.

Стабилитрон позволяет поддерживать постоянную величину напряжения при изменяющемся токе. Был выбран таким образом, чтобы его

номинальное напряжение стабилизации  $V_{ст} = 18 \text{ В}$  было несколько меньше напряжения затвор-исток транзистора  $V_{GS} = 20 \text{ В}$

Резистор обеспечивает падение напряжения от входной величины до напряжения стабилизации при токе, равным номинальному току стабилизации  $I_{ст} = 25 \text{ мА}$ :

$$R = \frac{V_{in} - V_{ст}}{I_{ст}} = \frac{48 \text{ В} - 18 \text{ В}}{0,025 \text{ А}} = 1,2 \text{ кОм}$$

## **2) Защита от КЗ на выходе источника**

В преобразователе предусмотрена встроенная защита, подключение дополнительных элементов не требуются.

## **3) Защита от подачи напряжения выше 48 В**

Для защиты схемы от перенапряжения параллельно нагрузке была подключена микросхема TP16630. Она также обеспечивает защиту от пониженного напряжения, поэтому во использовании встроенной функции UVLO преобразователя отпадает. Ниже приведен расчет дополнительных компонентов для защитной схемы.

3.1) Согласно [2, п. 10.2.2.1],  $R_{ILIM}$  (**R6**) задает ограничение по току перенапряжения:

$$R_{ILIM} = \frac{18}{I_{LIM}} = \frac{18}{1 \text{ А}} = 18 \text{ кОм}$$

3.2) Конденсатор на выводе  $C_{dVdT}$  (**C4**) определяет скорость нарастания выходного напряжения при включении питания:

$$t_{dVdT} = \frac{V_{in} \cdot C_{out}}{I_{INRUSH}} = \frac{48 \text{ В} \cdot 4,4 \text{ мкФ}}{300 \text{ мА}} = 0,7 \text{ мс}$$

$$C_{dVdT} = \frac{t_{dVdT}}{20,8 \cdot V_{in}} = 705 \text{ пФ}$$

Выбираем ближайший стандартный конденсатор **680 пФ, 50 В, X7R**.

**3.3)** Входной конденсатор по рекомендациям [2, п. 10.2.2.3.1] должен быть номиналом не меньше 0,1 мкФ.

Выбираем 2,2 мкФ, 100 В, X7R.

## Список источников

1. LM5160-Q1 Wide Input 65-V, 2-A Synchronous Buck / Fly-Buck™ DC/DC Converter [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm5160-q1.pdf?ts=1610929630617>

(дата обращения: 15.01.21)

2. TPS2660х 60-V, 2-A Industrial eFuse With Integrated Reverse Input Polarity Protection [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps2660.pdf?ts=1610953500353&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FTPS2660](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps2660.pdf?ts=1610953500353&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FTPS2660)

(дата обращения: 15.01.21)

3. Новаковски Р., Кинг Б. Вопросы проектирования высокочастотных DC/DC-преобразователей с высоким входным напряжением [Текст] // Компоненты и технологии, СПб., 2012. №5(130). С. 137-140.