

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Панин Михаил Викторович

магистрант

Харитонов Сергей Александрович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»

г. Новосибирск, Новосибирская область

РЕАЛИЗАЦИЯ ОДНОФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МПСУ НА STM32VL DISCOVERY

Аннотация: данная статья описывает реализацию однофазного инвертора напряжения с МПСУ, построенной на микроконтроллере STM32VL Discovery. Кратко рассматривается представленный микроконтроллер и его возможности. Большое внимание уделено системе управления, использующей широтно-импульсную модуляцию. Подробно представлена структура данного алгоритма и описываются предназначения программируемых таймеров используемого микроконтроллера.

Ключевые слова: STM32, однофазный инвертор, микропроцессорная система управления, широтно-импульсная модуляция.

Введение

STM32VLDISCOVERY – недорогой отладочный комплект для начала работы с популярным семейством микроконтроллеров STM32F1x на основе ядра ARM Cortex – M3 от одного из мировых лидеров по производству электронных компонентов – STMicroelectronics. Отличительная особенность комплекта – полноценный инструментарий, включающий в себе оценочную плату, программатор, отладчик с поддержкой самых популярных программных средств разработки от таких фирм как IAR, Keil и Atollic.

Отладочный комплект STM32VLDISCOVERY прост в использовании и является оптимальным решением не только для изучения семейства микроконтроллеров STM32F1x, но также позиционируется как встраиваемый модуль.

В основе STM32VLDISCOVERY заложен 24МГц микроконтроллер STM32F100RBT6B Value Line с 8Кб SRAM, 128Кб flash, многофункциональными таймерами, аналоговой периферией и разнообразными последовательными интерфейсами обмена данных. Наличие встроенного программатора – отладчика ST-LINK позволяет начать разработку собственных приложений без дополнительных затрат.

В данной статье будет показан пример простой реализации преобразователя напряжения (инвертора) с использованием системы управления на STM32VLDISCOVERY.

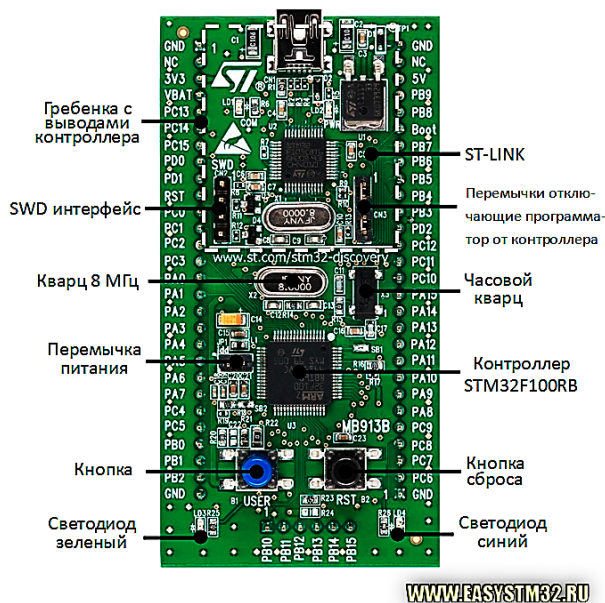


Рис. 1. Общий вид платы STM32VLDISCOVERY

Алгоритм управления

Для управления однофазным инвертором напряжения используется алгоритм синусоидальной широтно-импульсной модуляции (СШИМ). Формирование импульсов управления транзисторами Т1, Т2 и Т3, Т4, соответственно показано на рисунке 2.

Алгоритм управления однофазным инвертором напряжения заключается в том, что формируется пилообразный опорный сигнал U_{op} , а также два модулирующих сигнала: U_{sin_1} , U_{sin_2} . Импульсы управления силовыми ключами формируются посредством сравнения модулирующих сигналов с опорным, причем импульсы управления верхними ключами инвертора ($T1, T3$) вырабатываются в том случае, если модулирующие сигналы больше опорного. Импульсы управления нижними ключами моста инверсны импульсам управления верхними ключами. При микропроцессорной реализации в роли генератора опорного сигнала выступает программируемый таймер, работающий в режиме реверсивного счета.

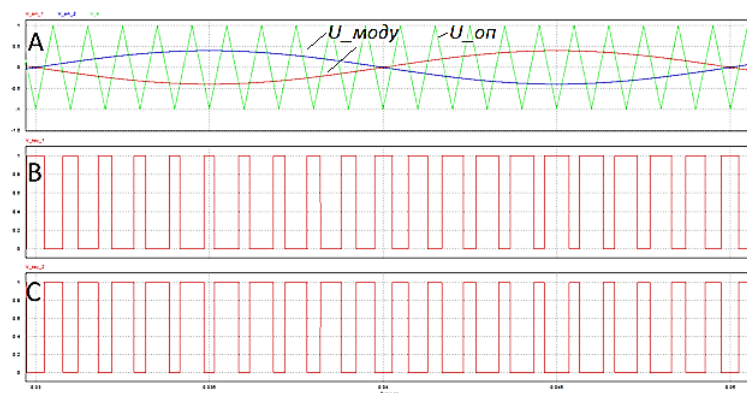


Рис. 2. Временные диаграммы. А: Формирование импульсов управления.

В: Импульсы управления 1 ключа. С: Импульсы управления 2 ключа

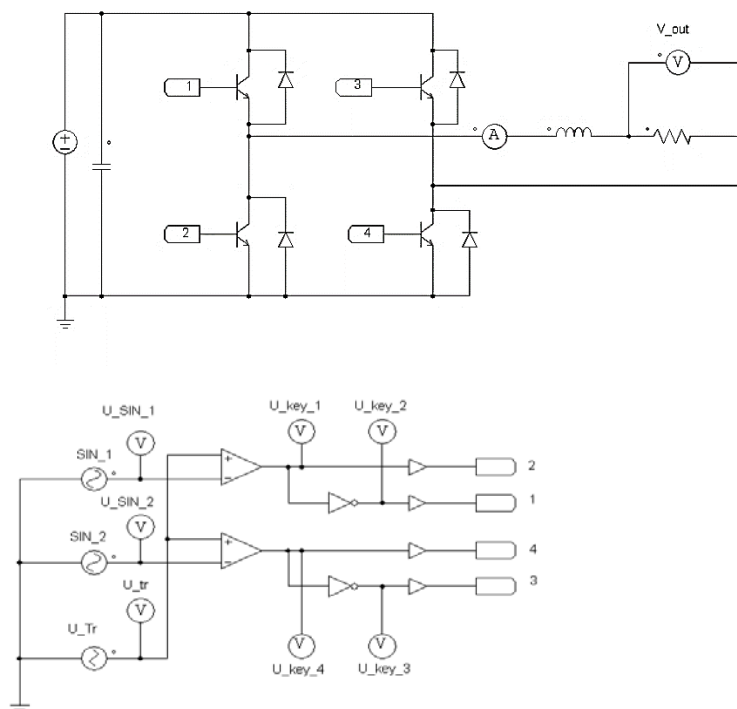


Рис. 3. Схема инвертора и система управления

Результаты моделирования представлены ниже.

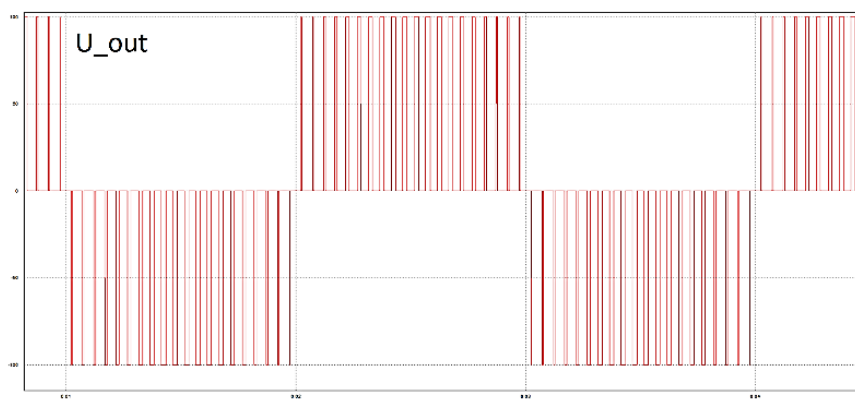


Рис. 4. Напряжение на выходе при активной нагрузке без индуктивности

Блок-схема программы

Генерирование импульсов ШИМ аппаратное, для этого используется TIM2. TIM6 участвует в формировании модулирующих сигналов. TIM7 используется для обеспечения мигания светодиода готовности к работе с частотой 2 Гц.



Рис. 5. Блок-схема программы

Используемая периферия. Расчет частоты таймеров

Однофазный инвертор напряжения управляется с помощью ШИМ.

ШИМ сигнал обеспечивают выводы порта А: PA0, PA1, PA2, PA3.

Выводы порта А (PA8, PA9, PA10, PA11, PA12) используются для обработки кнопок.

На выводах порта С находятся светодиоды, которые зажигаются при появлении сигнала ошибки.

На вывод порта В (PB0 и PB1) приходят сигналы аварии, при возникновении которых, возникает прерывание, в котором микроконтроллер снимает импульсы ШИМ.

Для удобства работы пользователя с МПСУ добавлена индикация. Светодиод VD1(PB6) сообщает, как будет происходить изменение частоты. Светодиод VD1(PB7) сообщает о наличии импульсов управления. Мигает в случае отсутствия импульсов управления, постоянно горит, если импульсы управления поданы на ключи.

Таймер 2:

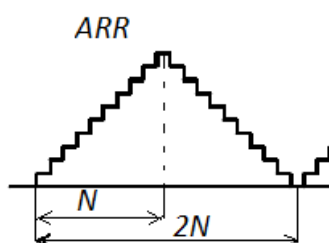


Рис. 6

Для реализации алгоритма управления необходим опорный сигнал треугольной формы как на рисунке, ARR период таймера.

Таймер 2 создает опорные пилообразные сигналы (на рисунке сбоку). По заданию кратность = 30, следовательно, частота опорного пилообразного сигнала равна $30 * 50 = 1.5$ кГц.

Таймер тактируется от шины с частотой 24 МГц, установлен делитель на 2 (формула делителя $n+1$), значение таймера счетчика увеличиваются с частотой 12 МГц. Тогда количество тактов равно: $2N = F_{\text{такт}}/F_{\text{имп}}$; $N = 4000$.

Если установлен бит ССхР то ШИМ сигнал инверсный. Биты ССхЕ разрешают генерировать ШИМ сигналы, если бит не установлен, то ШИМ импульсы отсутствуют. Биты ОСхМ устанавливают режим работы ШИМ.

Таймер 6:

Таймер участвует в формировании модулирующего синусоидального сигнала, в каждом прерывании изменяется номер элемента массива, значение этого элемента вносится в регистр сравнения. Когда номер элемента достигает максимума, его сбрасывают (перемещаемся в начало массива синусоиды), таким образом, происходит формирование синусоидального сигнала.

Массив синусоиды содержит 200 значений, максимальное значение частоты 50 Гц, следовательно, прерывание должно генерироваться с частотой $50 \cdot 200 = 10\,000$ Гц.

Рассчитанный необходимый период таймера: $N = 2400$.

Таймер 7:

Необходим для формирования частоты мигания светодиода 2Гц, когда МПСУ находится в режиме ожидания или когда пришел сигнал ошибки.

Светодиод должен мигать с частотой 2 Гц. Предделитель таймера равен 24 000. Тогда рассчитанный необходимый период таймера: $N = 500$.

Экспериментальные данные.

Для проверки и отладки МПСУ был собран макет (рисунок 7). В модели используется отладочная плата STM32VL discovery, логические элементы hef4011bp (2И-НЕ), кнопки. Мост собран на биполярных n-p-n транзисторах BC547 и диодах.

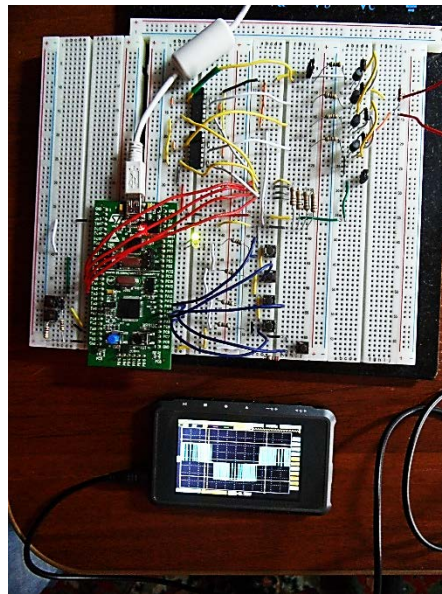


Рис. 7. Макет однофазного инвертора

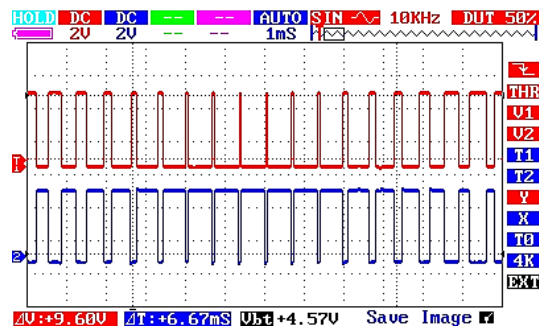


Рис. 8. Импульсы управления первым и вторым ключом

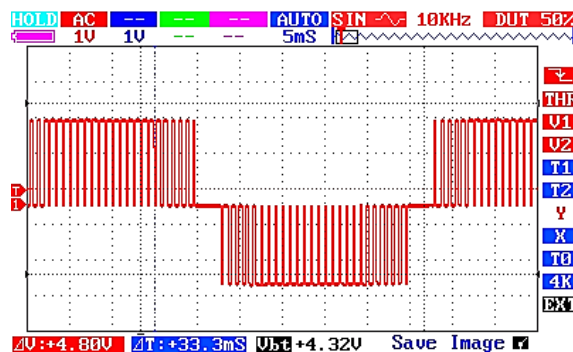


Рис. 9. Напряжение на нагрузке

Экспериментальные графики совпадают с результатом моделирования (рисунк 4).

Заключение

По результатам работы была создана модель однофазного инвертора напряжения. Основываясь на результатах моделирования, была разработана МПСУ

и собран макет устройства. Результаты эксперимента повторяют результаты моделирования.

Список литературы

1. Англоязычное руководство к отладочным микроконтроллерам семейства STM32F1x stm32f100 reference manual.
2. STM32F4Discovery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.easystm32.ru
3. ChipSpace [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.chipspace.ru
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.panin-m.narod.ru