

УДК621

А.И.Власов, В.Ф.Зотин, Л.А.Потапов

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРОВ

Рассмотрены особенности промышленных испытаний микросхем ШИМ-контроллеров. Описаны конструкция и программное обеспечение разработанного тестера.

Ключевые слова: ШИМ-контроллер, тестер, промышленные испытания, интегральные микросхемы, источники напряжения, измерители временных интервалов.

Одним из подходов, позволяющих уменьшить потери на нагрев силовых элементов схем, является применение ключевых режимов работы транзисторов. При таких режимах силовой элемент либо открыт, тогда на нем практически нулевое падение напряжения, либо закрыт, тогда через него практически не идет ток. Изменяя ширину импульса при неизменной частоте импульсов, можно сформировать нужный закон изменения среднего значения напряжения или тока. Такая широтно-импульсная модуляция применяется обычно в импульсных источниках питания, стабилизаторах и преобразователях напряжения. Для обеспечения режима широтно-импульсной модуляции применяют интегральные микросхемы ШИМ-контроллеров, например 1156EY2, UC2825, 1319EY2, UCC39002 и др. Они организуют управление средним значением напряжения на нагрузке путём изменения скважности импульсов, управляющих ключом.

Для примера на рис. 1 представлена функциональная схема ШИМ-контроллера 1156EY2.

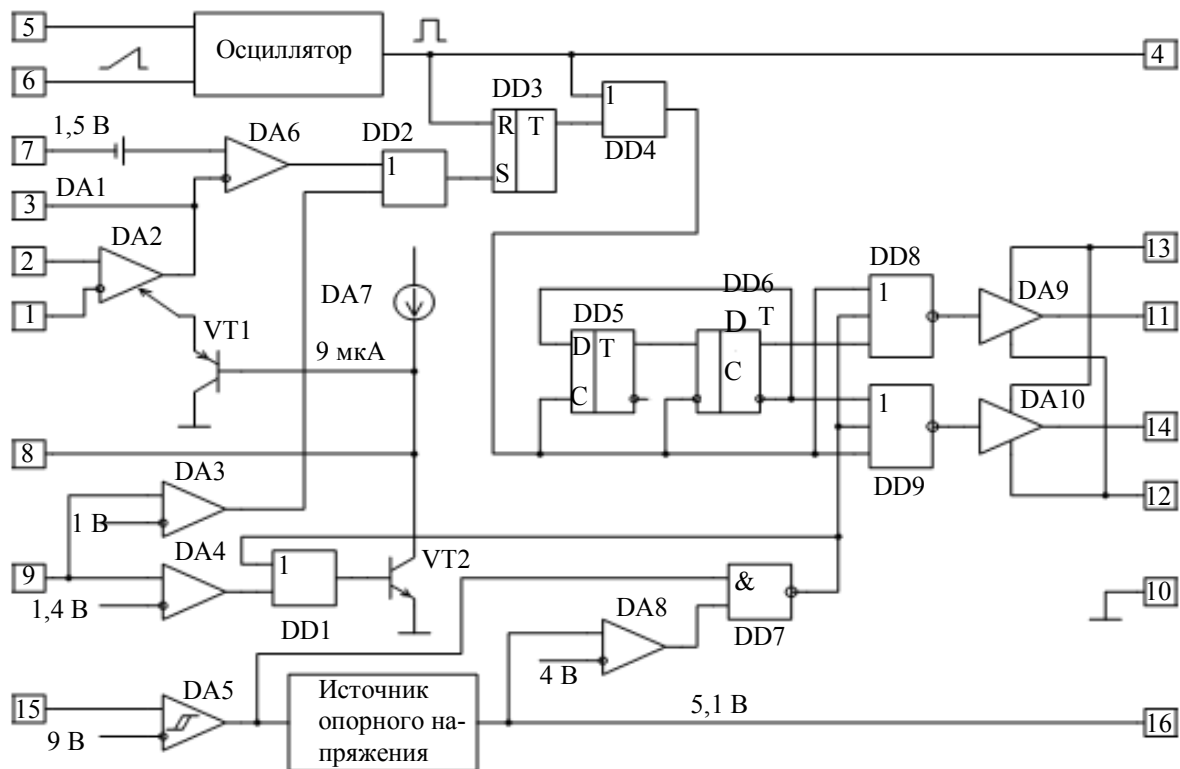


Рис.1. Функциональная схема ШИМ-контроллера 1156EY2

На приемно-сдаточных испытаниях в условиях производства и на входном контроле у потребителя возникает необходимость проверить соответствие выходных параметров

ШИМ-контроллера паспортным значениям [1]. Таких параметров достаточно много. Нужно измерять временные интервалы от 10 нс до 20 мс; скорость нарастания выходного напряжения операционных усилителей от 1 до 10 В/мкс; частоту следования импульсов от 20 до 500 кГц; размах пилообразного напряжения от 1 до 4 В; входное напряжение смещения операционных усилителей (усилителя ошибки и т. п.) от  $-20$  до 20 мВ; входные токи операционных усилителей от  $-4$  до 4 мкА; коэффициент усиления операционных усилителей по напряжению от 54 до 120 дБ; коэффициент ослабления синфазного напряжения операционных усилителей от 75 до 150 дБ; коэффициент ослабления напряжения питания операционных усилителей от 54 до 120 дБ; частоту единичного усиления операционных усилителей от 0,1 до 10 МГц; постоянные напряжения от 0,2 до 20 В; постоянные токи от 2 до 200 мА.

Большое количество выходных параметров и измерительных схем требует разработки специализированного тестера. Чтобы обеспечить высокую точность измерений всех параметров, требуется разработать соответствующие измерители временных интервалов, скорости нарастания выходного напряжения операционных усилителей, частоты следования импульсов, размаха пилообразного напряжения и др. Кроме того, в условиях промышленного производства необходимы высокая скорость сборки соответствующих схем измерения и подключения измерителей, обеспечение разбраковки по нескольким группам, документирование результатов испытаний и многое другое.

Для этого был разработан и изготовлен автоматизированный тестер АТИШИМК-М, представляющий собой микропроцессорную систему из управляющей ЭВМ и нескольких встроенных микроконтроллеров. В качестве управляющей ЭВМ использован персональный компьютер. Однокристальные микроконтроллеры встроены в программируемые источники напряжений и токов, а также в каждый тест-адаптер. Тестер имеет двухуровневую систему программного управления. Верхний уровень образован ЭВМ, а нижний – микроконтроллерами.

Под управлением ЭВМ в тестере осуществляется сборка соответствующих схем для измерения различных параметров, подключение необходимых источников питания и измерителей, сравнение измеренных параметров с заданными значениями, разбраковка испытуемых микросхем, обрабатываются и документируются результаты испытаний.

Структурная схема тестера представлена на рис.2.

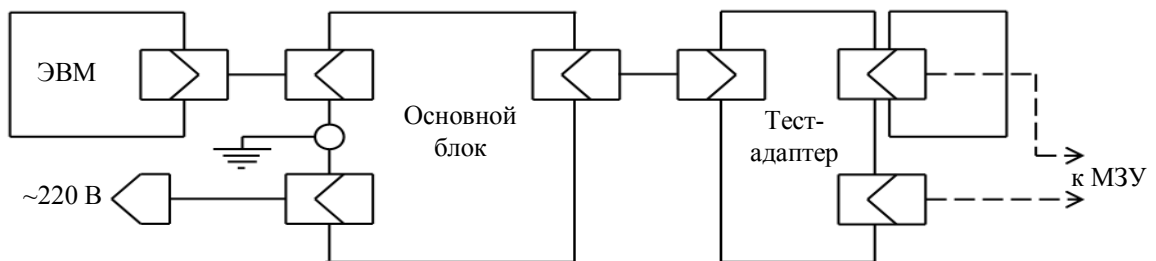


Рис.2. Структурная схема тестера

В состав тестера входят основной блок, сменные тест-адаптеры и контактирующие устройства. Рабочий режим тестера обеспечивается подключением к основному блоку внешней ЭВМ, одного из тест-адаптеров и контактирующего устройства (при разбраковке отдельных ИС в корпусах). Тестер обеспечивает автоматизированные измерения параметров интегральных схем (ИС) и разбраковку их в следующих вариантах: отдельные ИС в корпусах; пластины ИС на многозондовой установке (МЗУ); ИС в корпусах на сортировщике.

Конструктивно основной блок тестера выполнен в виде комплектного настольного устройства и содержит 10 функциональных модулей:

- U1 – преобразователь интерфейса USB2.0/RS485(IC);

- U2, U3, U4 – вторичные источники постоянного напряжения (+5, +12, +24, +9, –9 В);
- U5 – измеритель постоянного напряжения и тока;
- U6, U7, U9, U10 – группа программируемых источников постоянного напряжения ( $U_{IN1}$ ,  $U_{IN2}$ ,  $U_{LV}$  с общим минусовым выводом ( $U_{INLV}$ );  $U_{KL}$ ,  $U_{CC}$ ,  $U_{KP}$ ); U8 – программируемый источник тока J.

С целью большей универсальности тестера модули выполнены в виде съемных плат, закрепляемых в крейте (корзине).

Тест-адаптеры кроме программируемых коммутационных устройств и формирователей логических и импульсных сигналов содержат встроенные специализированные измерители и измерительные преобразователи: измеритель временных интервалов, измеритель размаха переменного (в том числе пилообразного) напряжения, измеритель входного напряжения смещения операционных усилителей, измеритель входных токов операционных усилителей, измеритель коэффициента усиления операционных усилителей по напряжению, измеритель коэффициента ослабления синфазного напряжения операционных усилителей, измеритель коэффициента ослабления напряжения питания операционных усилителей, измеритель частоты единичного усиления операционных усилителей, измеритель скорости нарастания выходного напряжения операционных усилителей.

Особую сложность вызывает измерение длительности фронтов одиночных импульсов в диапазоне от 10 нс с разрешением до 2 нс. Для измерения очень малых временных интервалов изготовлен измеритель на основе микросхемы FPGA семейства «CycloneII» фирмы «ALTERA». Формируя несколько тактовых сигналов, сдвинутых по фазе на заданную величину, и используя встроенный умножитель частоты PLL с одновременным измерением длительности четырьмя счетчиками, удалось путем усреднения обеспечить измерение длительности фронтов одиночных импульсов в диапазоне от 10 нс с разрешением до 1 нс.

Управляющая ЭВМ и модули тестера образуют локальную сеть. Взаимодействие между управляющей ЭВМ и модулями тестера в понятиях модели открытых систем ISOOSI реализуется на физическом, канальном и прикладном уровнях. Физический уровень реализован на базе интерфейса стандарта RS-485. Сигналы интерфейса формируются микросхемами MAX481 для модулей без гальванической развязки и микросхемами ADM2483BRWZ для модулей с гальванической развязкой. Обмен происходит в режиме «запрос–ответ» с одним ведущим – управляющей ЭВМ. Для устранения коллизий, возможных при сбоях контроллера, предусмотрен таймаут – критическое время, в течение которого линия связи может быть занята на передачу отдельным контроллером. Передача осуществляется побайтно, байты формируются модулями UART контроллеров и содержат бит четности.

Сигналы интерфейса управляющей ЭВМ формируются из гальванически развязанного сигнала интерфейса USB микросхемой FT232RL и формирователем MAX481.

На канальном уровне управляющая ЭВМ формирует пакет данных, содержащий следующие поля: ПА – преамбула, код 0xAA; АДМ – адрес модуля; КК – код команды; ДЛ – длина пакета данных; ДАННЫЕ – параметры команды; КС – контрольная сумма пакета CRC16. Ответ контроллера состоит из кода принятой команды и данных в зависимости от принятой команды.

На прикладном уровне сетевого взаимодействия выполняется система команд управления модулями. Команды разбиты на три группы: широковещательные, общие, специальные.

Широковещательные команды адресуются всем модулям и не требуют ответа от модулей (команда «comReset» – «Сброс»).

Общие команды выполняются контроллерами всех модулей и служат для отладки и чтения параметров модуля.

Специальные команды зависят от назначения модуля.

Алгоритм функционирования управляющих программ контроллеров представлен на рис. 3.

Прием пакета с командой от управляющей ЭВМ выполняется по прерыванию от UART. Программа обработки прерывания общая для всех модулей. Для управления источниками в модулях используется микросхема ЦАП DAC7611. Для измерения в модулях используется микросхема АЦП ADS1110 с последовательным интерфейсом I2C.

Программы управляющей ЭВМ состоят из трех основных модулей: программа тестирования и настройки модулей тестера testmod.exe (рис. 4); программа – редактор программ тестирования с функцией отладки atirpwm.exe; рабочая программа тестирования – в составе atirpwm.exe.

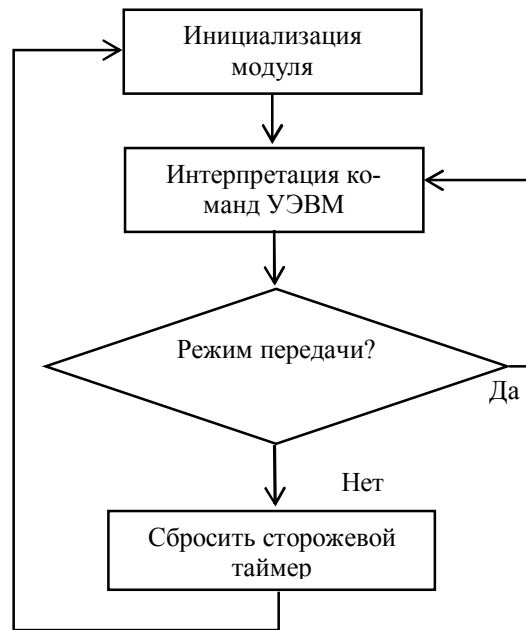


Рис. 3. Алгоритм функционирования управляющих программ таймера

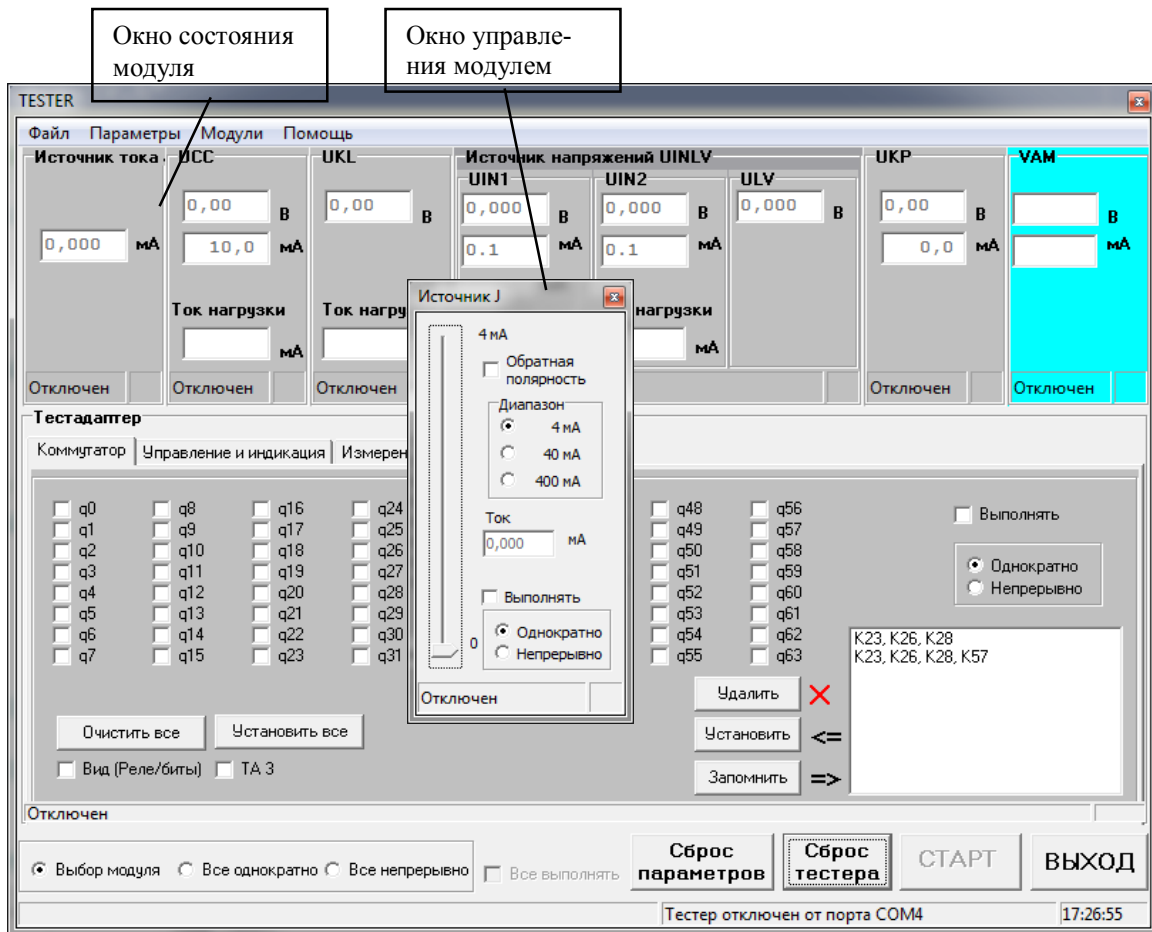


Рис. 4. Окно программы тестирования и настройки

После запуска программы testmod.exe автоматически выполняется поиск модулей тестера. Состав тестера считывается из файла конфигурации tester.ini, содержащего, в частности, список подключенных модулей и имя порта связи. Если модуль включен в конфигурацию тестера, в основном окне программы появляются окна состояния модуля.

В режиме управления выполняется обмен со всеми модулями с периодом 50 мс, если установлен флажок «Выполнять». При однократном выполнении флажок после обмена снимается. Режим выполнения может задаваться индивидуально для каждого модуля при установленном переключателе «Выбор модуля» или для всех модулей одновременно переключателями «Все однократно», «Все непрерывно», «Все выполнять». В окне управления тест-адаптером имеется возможность запомнить состояния реле, которые сохраняются также в файле конфигурации. Управление памятью реле осуществляется кнопками «Удалить», «Установить», «Запомнить».

Для тестирования аппаратуры модулей в программе предусмотрен режим прямого управления, который вызывается из пункта меню «Модули/Прямое управление».

Для загрузки кодов в конфигурационную память FPGA предусмотрен режим, вызываемый из пункта меню «Модули/Загрузка FPGA». В окне загрузки по кнопке «Файл» задается имя файла кодов конфигурации, по кнопкам «Запись в EEPROM» и «Загрузка» данные из файла записываются в EEPROM и выдается команда конфигурирования, по кнопке «Загрузка из EEPROM» выдается команда конфигурирования.

Программа редактирования тестовых программ имеет три режима: режим редактирования, режим отладки, рабочий режим.

Для обеспечения высокой точности измерений параметров ШИМ-контроллеров предусматривается плановая калибровка источников напряжения, тока и соответствующих измерителей.

Изготовленный тестер существенно повысил производительность труда. При испытании микросхем на МЗУ время определения всех параметров одной микросхемы ШИМ-контроллера составляет несколько секунд. За это время подключаются источники питания и соответствующие измерители, собираются более десятка схем для измерения, измеряются и сравниваются с эталонными более двух десятков величин. Не намного больше время испытаний отдельных микросхем в корпусах и на сортировщике при разбраковке по группам.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышева, И.А. Технология производства интегральных микросхем / И.А. Малышева.– М.: Радио и связь, 1991.–240с.

Материал поступил в редколлегию 7.04.14.