

**Тестер ЭРЭ с AVR микроконтроллером
и минимумом дополнительных элементов**

Component Tester firmware

для Atmega 328/324/644/1284 с символьным или графическим дисплеем
(с) 2012-2017 Markus Reschke (madires@theca-tabellaria.de)

Русский перевод (indman)

18 октября 2017 г.

Содержание

Описание	3
Рекомендации по безопасности.....	3
Лицензия.....	3
Дополнительная правовая оговорка	3
Отличия от версии ПО Karl-Heinz Kübbeler	3
Исходный код.....	4
Создание прошивки.....	4
I2C/SPI	5
Дисплеи	6
HD44780	6
ILI9341/ILI9342	7
ST7565R	7
ST7735	7
ST7920	8
PCD8544	8
Кнопки тестирования и управления	8
Кнопка "Тест"	8
Поворотный энкодер (аппаратная опция).....	9
Кнопки управления +/- (альтернатива энкодеру).....	9
Сенсорный экран	9
Запуск.....	10
Тестирование.....	10
Выключение	10
Меню.....	10
ШИМ генератор.....	11
Генератор прямоугольного сигнала.....	11
Тестирование стабилитронов (аппаратная опция)	11
Внутрисхемное измерение ESR	12
Частотомер (аппаратная опция)	12
Базовый вариант частотомера	12
Расширенный вариант частотомера	12
Тест поворотного энкодера	12
Контрастность дисплея	12
Детектор RC IR	13
Тестирование оптронов.....	13
Тестирование сервоприводов RC	14
Самотестирование	15
Автокорректировка	15
Сохранение/Загрузка	15
Информация о корректировке	16
Выход.....	16
Резисторы	16
Конденсаторы	16
Индуктивности.....	17
Разряд компонентов	17
ADC супердискретизация	17
Прямое падение напряжения VBE (BJTs)	17
Отображение результатов на дисплее	17
Отдельные компоненты	18
Нестандартные транзисторы BJT	18
Диоды CLD.....	18
Неподдерживаемые компоненты	18
Известные проблемы.....	18
Журнал изменений	19

Описание

Тестер компонентов основан на базе проекта Markus Frejek [1 и 2] и его преемника Karl-Heinz Kübbeler [3 и 4]. Это альтернативное программное обеспечение для текущей схемы Karl-Heinz с некоторыми изменениями в пользовательском интерфейсе и методами, используемыми для тестирования и измерения. Karl-Heinz выпускает официальные релизы, поддерживающие также более старые процессоры ATmega, данная же версия работает на процессорах ATmega с 32 кБайт памяти и выше. Основной интерфейс прошивки на английском и немецком языках, но другие языковые пакеты могут быть легко добавлены.

Подсказка: *запускайте режим автокорректировки при первом запуске, а также, если Вы сделали какую-либо модификацию, обновление прошивки или применили другие тестовые контакты (зажимы).*

Рекомендации по безопасности

Тестер компонентов - это не профессиональный цифровой измеритель! Это простой тестер для измерения некоторых деталей. Тестовые контакты не имеют защиты и не допускают работу на напряжениях выше, чем 5В. Не используйте тестер для цепей под высоким напряжением! Просто используйте его для демонтированных электронных компонентов!

Если Вы тестируете конденсатор, обязательно разрядите его прежде, чем подключить! Это не просто безопасность, Ваша жизнь может находиться в опасности, если Вы соедините тестовые контакты с цепью под напряжением или источником питания (особенно в электросети)!

Лицензия

Автор исходного кода не предоставил информации о лицензии, которая ограничивает использование микропрограммного обеспечения. Он только утверждал, что это открытый источник и любой коммерческий пользователь должен связаться с ним. К сожалению, мы (Karl-Heinz и я) не нашли способа связаться с ним. Поэтому я выбрал лицензию с открытым исходным кодом 01.01.2016. Если автор исходников не свяжется с нами, чтобы изъяснить свои пожелания до этого срока. Так как исходный код этой прошивки был обработан и переписан с массой новых функций, я думаю, что такой подход оправдан.

Лицензия зарегистрирована под EUPL V.1.1

Дополнительная правовая оговорка

Название продукта или название компаний – возможно торговые марки соответствующих владельцев.

Отличия от версии ПО Karl-Heinz Kübbeler

Karl-Heinz написал действительно полную документацию на тестер, рекомендую прочитать её. Я объясню Вам существенные отличия от официального выпуска:

- - пользовательский интерфейс, никаких проблем!;
- - поддержка дисплеев с сенсорным управлением
- - функция разрядки подключенного элемента;
- - измерение сопротивления;
+ специальный метод тестирования для сопротивлений менее 10 Ом (вместо того, чтобы использовать проверку ESR);
- - измерение ёмкости;
+ измерение ёмкости от 5pF;
+ дополнительный метод тестирования для конденсаторов от 4.7µF до 47µF;
+ метод корректировки/компенсации;
- - диоды;

- + автоопределение;
- - биполярные плоскостные транзисторы (BJTs);
 - + V_f определяется для более подходящего (виртуального) I_b на основе hFE ;
 - + обнаружение германиевых биполярных плоскостных транзисторов с высоким током утечки (JFETs);
 - + обнаружение JFETs с очень низким $IDSS$;
- - тиристоры (симисторы);
 - + обнаружение MT1 и MT2;
- - детектор RC IR и декодирование;
- - проверка оптронов;
- - тестирование сервоприводов RC
- - работа схемы возможна на тактовой частоте процессора 20 МГц
- - структурированный исходный код;
- - ещё изменения, о которых я не могу вспомнить сейчас.

Более подробное описание деталей в разделах ниже.

Исходный код

Была сделана глубокая оптимизация, добавлено больше комментариев и переменных, реструктурированы функции. Большие функции разделены на несколько меньших частей. Я надеюсь, что теперь код прост для чтения и поддержки.

Создание прошивки

Сначала отредактируйте `makefile`, уточните Вашу модель процессора, частоту, тип резонатора и настройки программатора. Все другие настройки перемещены в основной файл `config.h`, а конфигурация процессора в файл - `config<mcu>.h`.

В `config.h` выбирают аппаратные и программные опции, язык интерфейса и изменяют любые значения по умолчанию при необходимости. Все настройки и значения описаны в файле, поэтому я не буду обсуждать их здесь подробно.

Аппаратные опции:

- поворотный энкодер или кнопки управления
- 2.5-вольтовый источник опорного напряжения
- защитное реле (разряжает конденсаторы)
- измерение напряжения стабилизации для стабилитронов
- частотомер (базовый и расширенный варианты)
- детектор/декодер IR для пультов дистанционного управления (аппаратный модуль приемника IR)
- поддержка аппаратного калибровочного конденсатора (только с ATmega644/1284) для корректировки смещений напряжения.
- шина I2C (программная и аппаратная поддержка)

Внешний 2.5-вольтовый источник опорного напряжения должен быть использован только, если он в 10 раз более точный, чем стабилизатор напряжения. Иначе это приведёт к худшим результатам. Если Вы используете микросхему MCP1702 с типичным допуском 0.4% как стабилизатор напряжения, Вам действительно не нужен 2.5-вольтовый источник опорного напряжения.

Опции программного обеспечения:

- ШИМ генератор (2 варианта)
- измерение индуктивности
- измерение ESR и внутрисхемное измерение ESR
- проверка поворотного энкодера
- генератор прямоугольного сигнала (требуются доп. кнопки)

- детектор/декодер IR для пультов дистанционного управления (модуль приемника IR подключён к схеме)
- проверка оптронов
- проверка сервоприводов (требуется доп. кнопки и дисплей больше чем 2-х строчный)
- обнаружение UJTs
- цветовое кодирование тестовых контактов (для цветного графического дисплея)

Выберите необходимые опции внимательно, чтобы они соответствовали Вашим потребностям, а также ресурсам процессора, т.е. размеру RAM, EEPROM и флэш-памяти. Если скомпилированная прошивка превышает размер флэш-памяти процессора, попытайтесь отключить некоторые опции, в которых Вы не нуждаетесь.

Доступные языки интерфейса:

- Английский
- Немецкий
- Чешский (поддержка Кара)
- Итальянский (поддержка Gino_09@EEVblog)
- Испанский (поддержка pepe10000@EEVblog)
- Русский (поддержка indman@EEVblog и hapless@@EEVblog) - 8x16 горизонтальный шрифт и кириллица для дисплеев на базе HD44780.

Есть альтернативный русский перевод (var_russian_2.h). Если Вы предпочитаете его, просто переименуйте файл в var_russian.h. Десятичная часть обозначена точкой, но Вы можете изменить её на запятую, если сделать соответствующую настройку.

Определенные настройки процессора, назначения контактов и тип дисплея, редактируются в файле конфигурации - config<mcu>.h:

- ATmega328 - config_328.h
- ATmega324/644/1284 - config_644.h (осторожно с этими настройками!)

Дисплей должен иметь, по крайней мере, 2 строки по 16 символов в каждой. Для графических дисплеев выбирают шрифт, который является достаточно компактным, чтобы соответствовать программным требованиям. После редактирования makefile, config.h или config<mcu>.h выполните команду 'make' для компиляции встроенного микропрограммного обеспечения. Makefiles обеспечивает следующие дополнительные действия:

- clean - удаление все объектов и микропрограммных файлов
- fuse - установка фьюзов для ATmega
- upload - загрузка прошивки в ATmega

I2C/SPI

Некоторым дисплеям и другим аппаратным средствам необходимы протоколы I2C или SPI для соединения с процессором. Поэтому прошивка включает драйверы для обоих протоколов. Программный и аппаратный режимы работы могут обеспечить назначения различных контактов для разных тестеров и поддержку драйверов шины. Программный режим может использовать любые контакты ИО на том же порту, в то время как аппаратный режим использует специальные контакты шины процессора. Недостаток программного режима - низкая скорость. Аппаратный режим намного быстрее. Вы можете легко определить различие в скоростях при подключении жидкокристаллических цветных дисплеев.

LCD модули с интерфейсом SPI могут управляться аппаратным SPI или с использованием программной эмуляции. Тестер на ATmega328 поддерживает только программную эмуляцию SPI из-за особенности схемы. ATmega324/644/1284 с большим количеством портов

ввода-вывода позволяет использовать программную эмуляцию SPI а также намного более быстрый аппаратный SPI.

Драйверы SPI или I2C включены в LCD модули и могут быть настроены в разделе конфигурации дисплея - config-<MCU>.h. Альтернативно, Вы можете также включить I2C и SPI в config.h, настроить порты и конфигурацию в специальных разделах - config-<mcu>.h (смотрите I2SPORT или SPIPORT).

Дисплеи

В данный момент поддерживаются следующие LCD контроллеры:

- HD44780 (символьный дисплей)
- ILI9341/ILI9342 (графический дисплей 240x320 или 320x240)
- ST7565R (графический дисплей 128x64)
- ST7735 (цветной графический дисплей 128x160)
- ST7920 (графический дисплей 128x64)
- PCD8544 (графический дисплей 84x48)

Забойтесь о правильном напряжении питания LCD дисплея и допустимых логических уровнях на его шинах! Используйте преобразователь уровней при необходимости. Если дисплей ничего не показывает, проверьте правильность подключения и попробуйте различные настройки контрастности в файле(config<mcu>.h).

Подсказка для ATmega328:Если Вы подключаете поворотный энкодер к PD2/PD3, пожалуйста, соедините вывод /CS модуля с PD5 и установите LCD_CS в config_328.h (применяется к графическим дисплеям). Иначе импульсы с поворотного энкодера, вмешавшись в шину данных, приведут к ошибкам в работе дисплея.

HD44780

HD44780 использует 4-битный режим. Назначение контактов :

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию
		ATmega328
DB4	LCD_DB4	PD0
DB5	LCD_DB5	PD1
DB6	LCD_DB6	PD2
DB7	LCD_DB7	PD3
RS	LCD_RS	PD4
R/W		GND
E	LCD_EN1	PD5

Вы можете также управлять данным жидкокристаллическим дисплеем через подключаемый I2C модуль PCF8574.Адрес I2C также должен быть настроен.

Назначение контактов для дисплея с подключенным модулем PCF8574:

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию
DB4	LCD_DB4	PCF8574_P4
DB5	LCD_DB5	PCF8574_P5
DB6	LCD_DB6	PCF8574_P6
DB7	LCD_DB7	PCF8574_P7
RS	LCD_RS	PCF8574_P0
R/W	LCD_RW	PCF8574_P1
E	LCD_EN1	PCF8574_P2
LED	LCD_LED	PCF8574_P3

ILI9341/ILI9342

ILI9341/ILI9342 использует SPI режим.

Назначение контактов:

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию	Примечание
			ATMega328
/RES	LCD_RES	PD4	опционально
/CS	LCD_CS	PD5	опционально
D/C	LCD_DC	PD3	
SCK	LCD_SCK	PD2	
SDI	LCD_SDI	PD1	
SDO	LCD_SDO	PD0	Только для ILI9341

Вы можете управлять настройками “х/у” - поворот и “х” - смещение, чтобы добиться корректной ориентации изображения для Вашего дисплея. И не забывайте устанавливать координаты по “у” и “х” на основе контроллера (ILI9341 240x320 и ILI9342, 320x240). ILI9341/ILI9342 - контроллер цветного дисплея, Вы можете выбрать одноцветную или многоцветную палитру, изменив настройки параметра "LCD_COLOR" в разделе дисплея config.h. Ввиду относительного большого числа пикселей, работа дисплея несколько медленная. Весь экран полностью обновляется с частотой приблизительно 3 секунды с кварцем на 8 МГц при использовании программной эмуляции SPI.

ST7565R

ST7565R использует 4/5 строчный SPI режим.

Назначение контактов:

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию	Примечание
/RES	LCD_RESET	PD0	опционально
A0	LCD_A0	PD1	
SCL(DB6)	LCD_SCL	PD2	
SI(DB7)	LCD_SI	PD3	
/CS1	LCD_CS	PD5	опционально

Вы можете управлять настройками “х/у” - поворот и “х” - смещение, чтобы добиться корректной ориентации изображения для Вашего дисплея.

ST7735

ST7735 использует SPI режим.

Назначение контактов:

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию	Примечание
/RESX	LCD_RES	PD4	
/CSX	LCD_CS	PD5	опционально
D/CX	LCD_DC	PD3	
SCL	LCD_SCL	PD2	
SDA	LCD_SDA	PD1	

Вы можете управлять настройками “х/у” - поворот, чтобы добиться корректной ориентации изображения для Вашего дисплея.

Если активировать параметр LCD_LATE_ON, тестер запускается с очищенным дисплеем, вызывающим небольшую задержку при включении питания. Иначе Вы можете наблюдать при старте некоторые случайные пиксели(шум) на экране.

ST7920

ST7920 использует параллельный 4-х битный режим или SPI.

Назначение контактов для параллельного 4-х битного интерфейса :

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолча-	Примечание
---------	---------------	------------	------------

		нию	
/XRESET	LCD_RESET	Vcc	опционально
E	LCD_EN	PD5	
RS	LCD_RS	PD4	
RW	LCD_RW	GND	опционально
D4	LCD_DB4	PD0	
D5	LCD_DB5	PD1	
D6	LCD_DB6	PD2	
D7	LCD_DB7	PD3	

Назначение контактов для SPI:

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию	Примечание
/XRESET	LCD_RESET	PD4	опционально
CS (RS)	LCD_CS	PD5	опционально
SCLK (E)	LCD_SCLK	PD2	
SID (RW)	LCD_SID	PD1	

Из-за неудачной адресации для ST7920 могут применяться только шрифты шириной 8 пикселей.

Чтобы справиться с горизонтальной 16-ти битной адресацией, я должен был добавить экранный буфер для символов.

PCD8544

PCD8544 использует SPI режим.

Назначение контактов:

Дисплей	Config<mcu>.h	По умолчанию	Примечание
/RES	LCD_RES	PD4	
/SCE	LCD_SCE	PD5	опционально
D/C	LCD_DC	PD3	
SCLK	LCD_SCLK	PD2	
SDIN	LCD_SDIN	PD1	

Так как у дисплея есть всего 84 пикселя в горизонтальной развертке, Вы получите только 14 символов в строке при использовании шрифта 6x8. Таким образом, 2 символа не могут быть выведены на экран. Смягчить этот недостаток можно, если попробовать сократить некоторые тексты в variables.h.

Кнопки тестирования и управления

Основное управление тестера - тестовая кнопка, но дополнительные опции управления также поддерживаются для более удобного использования.

Кнопка "Тест"

Кнопка "Тест" запускает тестер, а также управляет пользовательским интерфейсом. Для этого тестер различает кратковременные и длительные нажатия кнопки (0.3 с). Короткое нажатие обычно используется для продолжения работы или выбора пункта меню. Долгое нажатие выполняет зависящее от контекста действие. Если тестер будет ожидать, пока Вы нажмете кнопку, то он подскажет Вам это, выводя на экран курсор в последней позиции во второй строке (нижний правый угол) LCD дисплея. Немигающий курсор сигнализирует о том, что больше информации будет выведено на экран, а мигающий сообщает Вам, что тестер возобновит циклическое тестирование. Курсор не задействован в меню и некоторых опциях, потому что это необходимо для правильного нажатия кнопки.

Поворотный энкодер (аппаратная опция)

С поворотным энкодером Вы получите некоторую дополнительную функциональность в пользовательском интерфейсе, но это зависит от контекста. Дополнительная функциональность, если она используется, описана в разделах ниже.

Некоторые функции используют изменение скорости вращения энкодера, чтобы поддерживать дополнительные изменения или регулировку значений.

Алгоритм для поддержки энкодера основан на подсчёте кода Грэя за один импульсный шаг или остановку (ENCODER_PULSES). Большинство энкодеров выдают 2 или 4 кодовых импульса за один шаг. Количество шагов или остановок за полный оборот на 360 угловых ступеней также приняты во внимание (ENCODER_STEPS). Вы можете использовать это значение, чтобы точно настроить обнаружение угловой скорости и оптимизировать обратную связь. Более высокое значение замедляет скорость, более низкое значение – увеличивает её. В случае, если необходимо изменить направление вращения на обратное, просто поменяйте назначение выходов процессора для контактов А и В в файле конфигурации config_<mcu>.h.

Изменение угловой скорости измеряет время для двух шагов. Вы должны повернуть энкодер, по крайней мере, на два шага для средней скорости. Для более высокой скорости - на три шага. Одиночный шаг приводит к самой низкой скорости.

Кнопки управления +/- (аппаратная опция)

Если Вы предпочитаете кнопки вместо энкодера, можете добавить две альтернативные. Кнопки имеют такое же подключение, что и энкодер (резисторы подтягивания, низкий уровень). Длительное нажатие кнопки увеличит "скорость", пока Вы продолжаете её удерживать.

Сенсорный экран (аппаратная опция)

Альтернативная опция управления - сенсорный экран.

Обратите внимание на то, что экран должен быть достаточно большой, с поддержкой приблизительно 8 текстовых строк по 16 символов в каждой. Чтобы оставить драгоценное информационное пространство на дисплее, пользовательский интерфейс не отображает иконки сенсора управления. Для этого есть невидимые сенсорные зоны слева и справа (каждая шириной в 3 символа), а также в верхней и нижней части дисплея (высотой в 2 строки) и один в центральной области. Левая и верхняя зоны служат для уменьшения значения или перемещения вверх по меню, в то время как нижняя и правая зоны - чтобы увеличить значение или переместиться вниз по меню.

На самом деле они делают то же, что и энкодер. Более длительное касание сенсорной зоны увеличивают скорость изменения, если это поддерживается функцией или инструментом (аналогично быстрому вращению энкодера). Центральная зона действует аналогично кнопке "Тест", но она не активирует опцию проверки стабилитронов, например.

Сенсорному экрану нужна настройка и калибровка для правильного функционирования. Калибровка автоматически запускается после включения тестера, если никакие данные не сохранены в EEPROM. Вы можете также выполнить настройку через главное меню. Процедура простая. Если Вы видите звездочку (желтую * на цветном дисплее), просто коснитесь её. Тестер выводит на дисплей собственную x/y позицию после каждого сенсорного касания. Вы можете пропустить процедуру в любое время, нажав тестовую кнопку.

Если у Вас проблемы с калибровкой в виде странных x/y позиций, проверьте ориентацию сенсорного экрана относительно дисплея.

У драйвера есть опции зеркально отразить или повернуть ориентацию. Не забывайте сохранять данные после успешной настройки (главное меню: сохранить).

Поддерживаемые контроллеры сенсорного экрана:

- ADS7843/XPT2046

Вы найдете параметры конфигурации дисплея в файле config-<mcu>.h(в настоящее время это config_644.h из-за отсутствия свободных портов в ATMEGA328).

Запуск

Долгое нажатие кнопки при запуске тестера выбирает режим автоудержания показаний. В этом режиме тестер ожидает краткого нажатия кнопки после отображения результата прежде, чем продолжить работу. Иначе тестер выбирает непрерывный (циклический) режим работы по умолчанию. После включения будет кратко показана микропрограммная версия. Более длительное нажатие кнопки (>2 с) сбросит тестер к микропрограммным значениям по умолчанию. Это может быть полезным, если Вы установили недопустимую контрастность дисплея. Если тестер обнаружит проблему с сохраненными значениями корректировок, то он выведет на экран ошибку контрольной суммы. Эта ошибка указывает на поврежденный EEPROM, и тестер будет использовать микропрограммные значения по умолчанию.

Тестирование

После запуска тестер входит в режим тестирования и определяет подключенный компонент. В циклическом режиме это действие автоматически повторится после короткой паузы. Если никакой компонент не будет определен несколько раз, то тестер выключится. В режиме автоудержания (подсказка курсором) тестер выполняет один запуск и ожидает нажатия кнопки или поворота вправо энкодера. В обоих режимах Вы можете вывести меню с дополнительными функциями или выключить тестер. Для получения дополнительной информации читайте ниже.

Выключение

При отображении результата последнего теста долгое нажатие кнопки приводит к выключению тестера. Тестер покажет сообщение "до свидания" а затем выключится. При более коротком нажатии кнопки тестер останется включенным. Это вызвано особенностью схемы управления питанием.

Меню

Закоротив все три тестовых контакта, Вы вызываете меню, которое позволяет выполнить некоторые специальные функции. Вы можете также вызвать меню двумя короткими нажатиями кнопки после отображения последнего найденного элемента или выполнения функции. Просто нажмите кнопку "Тест" дважды быстро (возможно, придется немного попрактиковаться). Если поддержка поворотного энкодера включена, поворот влево также вызовет меню. Если вызвано меню, то короткое нажатие кнопки выбирает следующий пункт, а долгое нажатие выполняет его. На дисплее с 2 строками Вы будете видеть навигационную подсказку в нижнем правом углу. Символ >, если есть следующий пункт, или < для самого последнего пункта (возврат к первому пункту). В дисплеях с более чем 2 строками выбранный пункт отмечен символом с левой стороны.

С поворотным энкодером Вы можете перемещаться по пунктам вверх или вниз, изменяя направление вращения и коротким нажатием кнопки запускать выбранный пункт. Возврат к первому пункту также включен.

Некоторые функции подсказывают Вам схему расположения тестовых контактов, которые необходимо использовать при тестировании. Эта информация будет выведена на экран в течение нескольких секунд, но может быть пропущена коротким нажатием кнопки "Тест".

ШИМ генератор

Это та функция, которую ждали.

Прежде, чем скомпилировать прошивку, выберите генератор ШИМ с простым пользовательским интерфейсом или с альтернативным интерфейсом для тестеров с поворотным эн-

кодером и большими дисплеями. После запуска этой функции на дисплей будет выведена краткая конфигурация тестовых контактов. Нажатие кнопки "Тест" пропустит эту информацию.

Конфигурация выхода:

Тестовый контакт № 2: выход ШИМ сигнала (с резистором на 680 Ом для ограничения тока)

Тестовый контакт № 1 и № 3: общий (земля)

• Простой интерфейс генератора ШИМ

Сначала Вы должны выбрать желаемую частоту ШИМ в простом меню.

Короткое нажатие кнопки - выбор нужной частоты, а длительное нажатие запускает вывод ШИМ для выбранной частоты. Коэффициент ШИМ регулировки устанавливается по умолчанию на 50%. Короткое нажатие кнопки "Тест" увеличивает скважность на 5%, долгое нажатие - уменьшает на 5%. Выход из функции - нажатие кнопки "Тест" дважды быстро. Если Вы подключили энкодер, можете использовать его, чтобы выбрать частоту в меню и сделать ШИМ регулировку с шагом в 1%.

• Альтернативный интерфейс генератора ШИМ

Переключение между частотой и длительностью осуществляется нажатием кнопки "Тест". Выбранный параметр отмечается звёздочкой. Поверните энкодер по часовой стрелке, чтобы увеличить значение или против часовой стрелки, чтобы уменьшить его. Более быстрый поворот энкодера увеличивает размер шага настройки. Долгое нажатие кнопки устанавливает дефолтное значение (частота - 1 кГц, скважность - 50%).

Два коротких нажатия кнопки "Тест" - выход из функции "Генератор ШИМ".

Генератор прямоугольного сигнала

Сигнальный генератор выдаёт меандр с переменной частотой до 1/4 от тактовой частоты процессора (2 МГц для кварца на 8 МГц). Частота по умолчанию 1000 Гц, Вы можете изменить её, вращая энкодер. Скорость вращения определяет изменение частоты, т.е. медленное вращение - малый шаг изменения, быстрое вращение - больший шаг изменения частоты. Так как сигнальная генерация основана на тактовом режиме работы процессора, Вы можете установить частоту только пошагово, а не сразу. Для низких частот шаги довольно маленькие, но для высоких частот они становятся больше и больше.

Долгое нажатие кнопки "Тест" сбрасывает частоту по умолчанию до 1 кГц, а два коротких нажатия кнопки – выход из режима генерации сигналов, как обычно.

Конфигурация выхода:

Тестовый контакт № 2: вывод (с ограничительным резистором на 680 Ом)

Тестовый контакт № 1 и № 3: общий (земля)

Подсказка: для работы необходим энкодер!

Тестирование стабилитронов (аппаратная опция)

Если присутствует встроенный преобразователь DC-DC, который создает высокое испытательное напряжение для измерения напряжения пробоя стабилитрона, он должен быть соединён со специальными тестовыми контактами. Если кнопка "Тест" нажата и работает преобразователь, то на дисплее тестера будет отображаться текущее напряжение. Если кнопка проверки удерживалась нажатой достаточно долго для стабильного теста напряжения, то после отпускания кнопки "Тест" будет показано минимальное измеренное напряжение. Вы можете повторять это, пока Вам нравится. Для выхода из режима теста стабилитронов дважды быстро нажмите кнопку "Тест".

Как подключить стабилитрон:

Контакт + : катод

Контакт - : анод

Внутрисхемное измерение ESR

Конденсаторы тестируются внутрисхемно и на экран выводится значение ёмкости и ESR, если измерение обнаруживает допустимый конденсатор. Убедитесь, что конденсатор разряжен прежде, чем подключить тестер! Значения могут отличаться от стандартных измерений (вне схемы), потому что любой компонент в схеме, расположенный параллельно с тестируемым конденсатором, будет влиять на результат измерения. Для начала измерения нажмите кнопку "Тест". Два быстрых коротких нажатия – выход из этого режима.

Подключение конденсатора:

Тестовый контакт № 1: плюс конденсатора

Тестовый контакт № 3: минус конденсатора (земля)

Частотомер (аппаратная опция)

Есть два варианта частотомера. Основной – простой пассивный вход на контакт T0 MCU. У расширенного варианта есть входной буфер, два генератора для тестирования кварцев (с низкой и высокой частотами) а также дополнительный делитель частоты. Принципиальные схемы для обоих вариантов изображены в документации от Karl-Heinz.

Базовый вариант

Частотомером можно измерить частоты приблизительно от 10 Гц до 1/4 тактовой частоты процессора, с разрешением 1 Гц для частот ниже 10 кГц. Частота измеряется и выводится на экран дисплея постоянно, пока Вы не закончите измерение нажатием кнопки. Алгоритм автоматически выбирает диапазон длительности между 1 мс и 1000 мс на основе частоты.

Расширенный вариант

Расширенный частотомер имеет дополнительный делитель частоты и позволяет измерять более высокие частоты. Теоретический верхний предел - 1/4 от тактовой частоты процессора, умноженная на делитель частоты (16:1 или 32:1). Настройки сконфигурированы в файле `config_<mcu>.h`, не забывайте устанавливать также корректное значение делителя частоты в `config.h`. Тестовый канал частотомера (буферизованный вход, кварцевый генератор для низкой и высокой частоты) настраивается нажатием кнопки "Тест" или вращением энкодера. Как обычно, два коротких нажатия кнопки "Тест" – выход из режима частотомера.

Тест поворотного энкодера

Этот тест проверяет поворотные энкодеры для определения схемы контактов. Вам необходимо подсоединить контакты А, В и общий контакт энкодера к тестовым контактам и повернуть энкодер на несколько шагов по часовой стрелке. Для алгоритма тестирования нужен поворот энкодера минимум на четыре шага, чтобы определить надлежащую функцию и схему контактов. Изменение направления вращения важно для правильного определения неизвестных А и В контактов.

Когда поворотный энкодер будет обнаружен, тестер выведет на экран схему контактов и будет ожидать нажатия кнопки (или момент для циклического режима) прежде, чем продолжить тестировать. Чтобы выйти из теста энкодера нажмите кнопку "Тест" один раз во время тестирования.

Контрастность дисплея

Вы можете скорректировать уровень контрастности для некоторых графических LCD модулей. Короткое нажатие кнопки увеличивает уровень, а долгое уменьшает его. Два коротких нажатия кнопки - выход из настройки. Поворотный энкодер также позволяет скорректировать уровень контраста.

Детектор RC IR

Эта функция обнаруживает и декодирует сигналы от пультов дистанционного управления IR и требует подключения модуля приемника IR, например серии TSOP. При компиляции прошивки Вы можете выбирать между двумя вариантами - приёмником TSOP, который подключен к тестеру и аппаратным встроенным модулем приемника IR.

Первый требует соединения модуля IR со стандартными тестовыми контактами.

Второй - аппаратный модуль IR, соединенный со специальным портом микропроцессора.

На дисплее тестера будет отображён обнаруженный протокол, а также адрес(если доступен), команда и, в некоторых случаях, дополнительные данные в шестнадцатеричном виде. Формат:

<протокол> [<адрес>:]<команда>[:<доп.данные>]

Для ошибочного или неизвестного пакета и протокола будет показан символ "?". Для неизвестного протокола тестер выводит на экран число пауз и импульсов, продолжительность первого импульса и первой паузы в модулях 50µs:

? <импульсы>:<первый импульс>-<первая пауза>

Если число импульсов одинаково для различных кнопок RC - наиболее вероятно PDM или PWM модуляция. Изменяющееся число импульсов указывает на двухфазную модуляцию. Чтобы выйти из этого режима нажмите кнопку "Тест".

Поддерживаемые протоколы:

- JVC
- Kaseiyo (японский Код, 48 бит)
- Matsushita/Emerson
- Motorola
- NEC (стандарт и расширенный)
- RC 5 (стандарт)
- RC 6 (стандарт)
- Samsung (Toshiba, 32 бита)
- Sharp
- Sony SIRC (12, 15 и 20 бит)

Несущая частота модуля приемника TSOP не обязательно должна точно соответствовать частоте RC. Несоответствие уменьшает возможный диапазон, но это не имеет большого значения для этого приложения.

• Модуль приёмника IR, соединенный с тест контактами

Пожалуйста, подключайте модуль приемника IR только после входа в режим детектора RC IR.

Как соединить модуль TSOP:

Тестовый контакт № 1: общий (земля)

Тестовый контакт № 2: Vs – питание (с ограничительным резистором на 680 Ом)

Тестовый контакт № 3: выход/данные

Подсказка: *токоограничивающий резистор по Vs подразумевает применение модуля приемника IR с диапазоном напряжения питания, приблизительно, от 2.5 до 5 В. Если Вы используете только 5В модуль, то можно отключить ограничительный резистор в config.h файле (на Ваш собственный риск). Любое короткое замыкание в схеме может повредить процессор!*

• Аппаратный модуль приёмника IR

Для аппаратного модуля приёмника IR используемый порт процессора назначается и настраивается в файле конфигурации config_MCU.h.

Тестирование оптронов

Эта функция проверяет оптроны и показывает Вам значения V_f LED, CTR (также If), задержки ton/toff (BJT тип). Она поддерживает стандартные оптроны с BJT транзисторами NPN структуры, NPN структуры Дарлингтона и оптосимисторы. Для измерения параметра

“CTR” порт ввода-вывода процессора испытывает перегрузку, приблизительно, в течение 3 мс. Спецификация определяет максимальный выходной ток в 20mA, но мы перегружаем порт ввода-вывода до, приблизительно, 100mA. Поэтому, максимальное значение CTR ограничено и любой оптрон со значением CTR выше 2000% нужно тестировать с осторожностью. Максимальный управляющий ток для LED - 5mA, который нужен для определения оптосимистора. В элементах с задержкой (MOSFET back to back) определение BJT и CTR будет бессмысленно. Тестирование оптронов со встречно включенными светодиодами проигнорировано. Для тестирования Вам нужен простой адаптер со следующими тремя контрольными точками:

- Тип – оптотранзистор BJT:
 - Анод LED
 - Катод LED и эмиттер BJT соединить вместе
 - Коллектор BJT
- Тип – оптосимистор:
 - Анод LED
 - Катод LED и MT1 оптосимистора соединить вместе
 - MT2 оптосимистора

Вы можете подключить адаптер к любым трём тестовым контактам тестера. Тестер определит расположение контактов автоматически. После входа в режим подключите адаптер и нажмите кратковременно кнопку "Тест" для начала тестирования оптрона. Если он будет найден, на дисплее появится тип оптрона и дополнительные параметры. Если компонент не обнаружен, на дисплее будет надпись "не определён". Мигающий курсор указывает, что Вы должны нажать тестовую клавишу (или повернуть энкодер) для нового тестирования. Два коротких нажатия кнопки "Тест"- выход из режима тестирования, как обычно.

Тестирование сервоприводов

Эта функция формирует ШИМ сигнал для сервоприводов RC, которые управляются 1-2ms импульсами. Поддерживаются фиксированные частоты ШИМ 50, 125, 250 и 333 Гц, а длительность импульса может быть между 0.5 и 2.5 мс. Есть также свип-режим с изменяемой длительностью импульса между 1 и 2 мс и с регулируемой скоростью перестройки.

Вначале на дисплее будет показана краткая тестовая конфигурация (пропуск кнопкой "Тест"). После этого Вы можете скорректировать длительность импульса энкодером. По часовой стрелке для установки более длинного импульса, против часовой стрелки для более короткого импульса. Длинное нажатие кнопки сбрасывает импульс к 1.5 мс. Вы можете переключаться между режимами выбора импульса и выбора частоты коротким нажатием кнопки "Тест" (режим отмечается звёздочкой). В частотном режиме используется энкодер, чтобы выбрать частоту ШИМ. Длительное нажатие кнопки "Тест" включает или отключает режим перестройки (появляется символ "<->" после частоты). Если включен режим перестройки, энкодер позволяет Вам изменять период. Как обычно, два коротких нажатия кнопки "Тест" - выход из функции.

Конфигурация выхода:

Тестовый контакт № 2: выход ШИМ (с резистором на 680 Ом, ограничивающим ток)

Тестовый контакт № 1 и № 3: общий (земля)

Подсказка: Вы должны обеспечить дополнительный источник питания для сервопривода.

Некоторые схемы распиновки типичных 3-х контактных соединителей сервопривода:

Производитель	контакт 1	контакт 2	контакт 3
Airtronics	PWM White/Black	Gnd Black	Vcc Red
Futaba	PWM White	Vcc Red	Gnd Black

Hitec	PWM Yellow	Vcc Red	Gnd Black
JR Radios	PWM Orange	Vcc Red	Gnd Black

Самотестирование

Если Вы вошли в режим самотеста, необходимо закоротить все три тестовых контакта. Тестер будет ожидать, пока Вы это сделаете. В случае любой проблемы можно прервать процедуру нажатием кнопки "Тест". Этим действием Вы пропустите полную самопроверку. Функция самопроверки запускает каждый тест по 5 раз. Вы можете пропустить любой тест коротким нажатием кнопки или пропустить всю самопроверку долгим нажатием кнопки. В тесте № 4 нужно удалить "закоротку" тестовых контактов. Тестер будет ожидать, пока Вы действительно не удалите короткое замыкание.

Описание тестов:

- T1 - проверка внутреннего ИОНа(в мВ)
- T2 - сравнение резисторов R1 (смещение в мВ)
- T3 - сравнение резисторов Rh (смещение в мВ)
- T4 - удалить короткое замыкание тестовых контактов!
- T5 – проверка контактов на утечку в режиме pull-down (напряжение в мВ)
- T6 - проверка контактов на утечку в режиме pull-up (напряжение в мВ)

Автокорректировка

Автокорректировка измеряет сопротивление и ёмкость тестовых контактов или щупов, т.е. плата, печатные проводники и контакты образуют суммарное значение для создания нулевого смещения. Эта функция также измеряет внутреннее сопротивление тестового порта процессора в режиме ввода-вывода. Если эти тесты пропущены, или будут странные значения измеренных значений, то по умолчанию будут использованы параметры из config.h. Если все пошло нормально, тестер будет отображать и использовать новые значения, полученные при автокорректировке (они не будут сохранены в EEPROM, смотрите пункт "Сохранение" ниже). Смещение напряжения аналогового компаратора автоматически скорректировано при измерении ёмкости (в нормальном режиме тестирования без учёта автокорректировки), если конденсатор находится в диапазоне 100 nF до 3.3µF. Смещение для встроенного ИОНа определено таким же образом.

Прежде, чем сделать автокорректировку в первый раз, измерьте калибровочный конденсатор со значением ёмкости между 100 nF и 3.3µF три раза, по крайней мере, чтобы позволить тестеру скорректировать упомянутые выше смещения. Обычно, первое измерение приведет к пониженному значению ёмкости, второе – к повышенному, а третье будет отличным. Это вызвано автокорректировкой смещения. Оба смещения будут выведены на экран в конце процедуры.

С аппаратным калибровочным конденсатором (только с АТМega644/1284) автоматическая обработка смещения при измерении емкости заменена специальной функцией, выполняемой во время процедуры корректировки. Таким образом, Вы не должны замерять пленочный конденсатор дополнительно.

Автокорректировка очень похожа на самотестирование по процедуре и пользовательскому интерфейсу.

Описание этапов корректировки:

- A1 - определение смещения для ИОНа и аналогового компаратора (только для опции с аппаратным конденсатором)
- A2 - определение сопротивления щупов/портов (от 10 миллиОм)
- A3 - удалить короткое замыкание тестовых контактов/щупов!
- A4 - внутреннее сопротивление портов процессора по отношению к земле Gnd (напряжение RiL)
- A5 - внутреннее сопротивление портов процессора по отношению к питанию Vcc (напряжение RiH)
- A6 - определение ёмкости щупов/портов (в pF)

Ограничения:

- сопротивление тестовых контактов < 1.50 Ом для двух соединённых контактов
- ёмкость тестовых контактов < 100 pF

Подсказка: если сопротивление для тестовых щупов/портов изменяется слишком сильно - это может быть проблема в контактах!

Помните: корректировка - это не калибровка! Калибровка - это процедура сравнения результатов измерений с известным измерительным стандартом и сохранения этого различия. Цель состоит в том, чтобы контролировать дрейф в течение долгого времени. Корректировка – это процедура для настройки устройства согласно определенным задачам.

Сохранение/Загрузка

Загруженная прошивка использует предопределенные значения и данные из config.h, которые сохранены в EEPROM процессора. После выполнения автокорректировки Вы можете обновить эти значения по умолчанию, используя функцию "Сохранение". В дальнейшей работе можно задействовать на тестере обновленные значения (профиль № 1), которые будут загружены и использованы автоматически.

Для удобства можно сохранить и загрузить два профиля, например, если Вы используете два набора различных тестовых контактов или зажимов.

Идея опции сохранения состоит в том, чтобы предотвратить автоматическую запись корректировки значения. Если нужно использовать другие зажимы для некоторых измерений, тестер будет скорректирован для работы с этими временными зажимами, и Вы выполните все тесты. Если вернуться назад к стандартным зажимам, тестер не должен приспосабливаться, потому что старые значения всё еще сохранены. Просто выключите и включите питание тестера.

Информация о корректировке

Выводит на экран текущие значения корректировок и используемые смещения.

Выход

Если Вы вошли в меню по ошибке, можно выйти из него этой командой.

Резисторы

Резисторы измеряются дважды (в обоих направлениях) и значения сравниваются. Если значения отличаются намного, тестер предполагает, что есть два резистора вместо одного. В этом случае тестер выводит на экран результат как два резистора с номерами контактов "1 - 2 - 1", и отличающимися двумя значениями сопротивления. Для резисторов с сопротивлением ниже, чем 10 Ом выполняется дополнительное измерение с более высоким разрешением. В некоторых, редких случаях, тестер не может обнаружить очень малое сопротивление. Тогда повторно выполните тест.

Конденсаторы

Для измерения ёмкости используется три метода. Конденсаторы ёмкостью > 47µF измеряются методом зарядки импульсами длительностью 10 мс. Конденсаторы в диапазоне от 4.7µF и 47µF тестируются таким же образом, но с зарядным импульсом длительностью 1 мс. Конденсаторы с малой ёмкостью тестируются методом аналогового компаратора. Таким образом, точность измерения различных конденсаторов оптимизирована.

Также я нашел простое решение для исправления тестирования конденсаторов большой ёмкости. Без исправления измеренные значения слишком большие. По моему скромному мнению, это вызвано методом измерения. Начиная с преобразования ADC после зарядки импульсом, требуется некоторое время для того, чтобы конденсатор потерял некоторый заряд из-за внутренних резистивных потерь. Из-за этого процесса необходимо больше времени для зарядки электролита, и у конденсатора измеряется большее значение ёмкости. Измерение разряда затем пытается компенсировать этот эффект, но ёмкость все еще слиш-

ком большая. Была добавлена логика при измерении больших ёмкостей, которые могут быть распознаны как резисторы.

Резисторы < 10 Ом дополнительно тестируются на предмет того, не являются ли они большими ёмкостями. Нижний диапазон измерения ёмкостей начинается с 5pF (включая нулевое смещение), и эти значения допустимы. Более низкие значения слишком сомнительны и могут быть вызваны расположением щупов (тестовых контактов) и будут немного отличаться.

Тестер пытается измерить ESR для конденсаторов с номиналом от 10 нФ и выше. Альтернативно Вы можете включить старый метода замера ESR конденсаторов с номиналом от 180 нФ и выше. Но так как измерение ESR не сделано сигналом переменного тока с определённой частотой, не ожидайте стабильных результатов. Используемый метод может быть сопоставим с тестом на 1 кГц. Так или иначе, результаты достаточно хороши при проверке электролитических конденсаторов. Для небольших емкостей Вы можете получить различные результаты на основе тактовой частоты процессора. Я предположил бы, что г-н Фурье в состоянии объяснить это.

Другие проведенные измерения определяют ток утечки (саморазряда) для конденсаторов с ёмкостью более чем 4.7µF. Это дает подсказку о состоянии электролитического конденсатора. В моих тестах типичное значение саморазряда для исправных электролитов составило:

- 10-220µF 1-3µA
- 330-470µF 4-5µA
- 470-820µF 4-7µA
- - >1000µF 5-7µA на каждые 1000µF

Индуктивности

Измерения индуктивности не очень точны, так как частота работы процессора, конструкция печатной платы тестера оказывают влияние на результаты. Базовый метод основан на измерении времени между включением электрического тока и достижением его определенного уровня. Для больших индуктивностей есть проверка небольшим током, для малых индуктивностей нужна проверка большим током, который превышает нагрузочный предел порта MCU в течение очень короткого времени (приблизительно до 25 микросекунд).

При исследовании эффекта изменения частоты работы MCU и других вещей я нашел образец отклонений, который может использоваться для компенсации. Поэтому добавлена возможность пользовательской тонкой настройки. В файле inductor.c в функцию "MeasureInductor" введена переменная "Offset" для компенсации. Эта переменная - смещение для опорного напряжения. Положительное смещение будет уменьшать индуктивность, отрицательное - увеличит индуктивность. Компенсация при проверке большим током зависит от частоты работы MCU и разделена на три отдельных диапазона, каждый со специальным смещением. При тесте небольшим током - только простая компенсация в данный момент, необходимы дополнительные тесты. Если Вы видите какие-либо большие отклонения результатов измерений при сравнении с образцовым LCR - метром, можно скорректировать смещения, чтобы настроить Ваш тестер.

Подсказка: Если получены неожиданные результаты - повторите тесты.

Разряд компонентов

Функция разряда основана не на фиксированной паузе, она адаптирует себя к разрядному уровню. Таким образом, батарея будет идентифицирована быстрее (около 2с), а конденсаторы большой ёмкости будут разряжаться дольше. Если такой конденсатор будет определён как батарея, пожалуйста, повторите проверку. При помехе или ошибке, возможно, понадобится скорректировать параметр CAP_DISCHARGED приблизительно до 3 мВ. Индикация остаточного напряжения поможет Вам выбрать нужное значение.

ADC супердискретизация

Функция ADC изменена, чтобы поддерживать супердискретизацию переменной (1-255 отсчётов). Значение по умолчанию – 25 выборок. Вы можете попытаться улучшить точность измерения, увеличивая число выборок. Обратите внимание на то, что большое число выборок будет занимать больше времени, приводя к более медленным измерениям.

Прямое падение напряжения VBE BJTs

Во время проверки диодов, значение V_f будет измерено с R_l (высокий уровень) и R_h (низкий уровень), и сохранены оба напряжения. Процедура тестирования для BJT ищет соответствующий переход для параметра VBE и интерполирует два измерения V_f на основе коэффициента h_{fe} для виртуального текущего теста. Таким образом, мы добиваемся наиболее подходящих результатов для различных видов транзисторов, начиная с V_f для маломощных BJT и заканчивая более мощными BJT.

Отображение результатов на дисплее

Изменены некоторые обозначения и применены сокращения. Отображение информации может быть разделено на несколько частей и использовать многостраничный режим для того, чтобы поддерживать дисплеи всего с несколькими строками.

Для одного диода низкое значение действующего V_f (измеренное током $10\mu A$) показано в фигурных скобках, если напряжение ниже 250 мВ. Это должно подсказать Вам, что это, возможно, германиевый диод. Большинство таблиц спецификации для германиевых диодов определяет V_f при токе в $0.1mA$, который тестер не поддерживает. При более высоком действующем V_f , как правило, будет приблизительно 0.7В и трудно отличить германий от кремниевых диодов.

Ток утечки I_R для одного диода или I_{CEO} для BJT будет выведен на экран, если он превышает $50nA$. Германиевые транзисторы BJTs имеют ток утечки от нескольких μA до, приблизительно, $500\mu A$. Германиевые диоды обычно имеют ток утечки в несколько μA . Для некоторых элементов также показана ёмкость. В случае если ёмкость ниже $5pF$ или измерение приводит к сбою по некоторым причинам, выведенное на экран значение будет OpF .

Если обнаружен FET транзистор со встроенным каналом и симметричными стоком, и истоком, например, JFET, схема контактов показывает 'x' вместо 'D' или 'S', потому что оба вывода могут быть функционально идентичными. Посмотрите спецификацию на FETs, если Вам нужно больше информации о цоколёвке. Цоколёвка для симистора показана как IDs 'G', '1' и '2'. '1' - это вывод MT1, '2' - MT2. Для однопереходных UJT транзисторов, в случае, если их детектирование включено, '1' - база B1, '2' - база B2 и 'E' - эмиттер.

Если включена нестандартная опция определения цоколёвки (выбран файл символов в config.h), будет показан соответствующий символ с соответствующими тестовыми ПИН кодами для 3-контактных полупроводников. Если на дисплее недостаточно пространства для символа, его вывод будет пропущен.

Отдельные компоненты

- **Нестандартные транзисторы BJT**

Для BJTs с внутренним резистором (база-эмиттер) тестер отобразит на экране этот резистор и пропустит измерение h_{FE} . Если у BJTs есть встроенный защитный диод, такой транзистор может быть обнаружен как BJT или как два диода вместе с резистором база-эмиттер (низкоомный резистор - 2 диода). Тогда тестер покажет эти два диода и резистор с намеком на возможную NPN - структуру или PNP BJT. Проблема состоит в том, что низкоомный встроенный резистор мешает нормальной идентификации BJT.

Другой особый случай - BJT с интегрированным защитным диодом той же структуры что и BJT. Этот диод создает паразитный транзистор. У BJT NPN-структуры будет паразитный PNP и наоборот. Такой транзистор будет помечен символом + после типа BJT.

- **Диоды CLD**

Диодная проверка идентифицирует CLD (диод со стабилизацией тока) как стандартный диод и отображает I_F как ток утечки. Обратите внимание на то, что анод и катод у CLD инвертированы по сравнению со стандартными диодами. Специальная проверка на CLD сложна в реализации, начиная с определения тока утечки для германиевого или высоковольтного диода Шоттки, находящегося в диапазоне I_F ($\geq 33\mu\text{A}$). Если у диода есть необычное прямое падение напряжения, довольно низкий V_f при небольшом тестовом токе (2-е значение в фигурных скобках), и никакая емкость не измерена, тогда, скорее всего, это CLD.

Неподдерживаемые компоненты

Любой полупроводник, требующий высокого напряжения или большого тока переключения, не может поддерживаться, так как тестер обеспечивает максимальный ток до 7mA. Также тестер обеспечивает напряжение 5В, которого недостаточно для DIACs с V_BO 20-200В.

Известные проблемы

- Конденсаторы (серия Panasonic NF) могут быть обнаружены как диод или два встречных диода. Измерение ёмкости также не даёт определить приемлемое значение.
- При использовании SMPS или преобразователя DC-DC в качестве источника питания, тестер иногда обнаруживает конденсатор ёмкостью 50μF, даже если не подключено никакого компонента.
- ESR у конденсаторов ёмкостью 180 - 220 нФ может меняться в зависимости от частоты работы процессора.

Журнал изменений

Пожалуйста, прочитайте файл CHANGES!

Ссылки

- [1] AVR-Transistortester, Markus Frejek, Embedded Projects Journal, 2011-11
- [2] <http://www.mikrocontroller.net/topic/131804> thread of Markus Frejek, Forum, 2009
- [3] <http://www.mikrocontroller.net/articles/AVR-Transistortester> Online documentation of the Transistortester, Online Article, 2009-2011
- [4] http://www.mikrocontroller.net/articles/AVR_Transistortester Short description of the TransistorTester, Karl-Heinz Kübbeler, Online Article, 2012