

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОСТАБИЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ RIGOL. ОБЗОР

MODERN HIGH-STABLE RIGOL POWER SUPPLIES. REVIEW

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор

Хорошая лаборатория электронной техники никогда не обходится без источника питания. Причем, чем более функционален источник питания, тем выше производительность труда в такой лаборатории и можно быстрее получить достоверные результаты. На наш взгляд, это неудивительно и большинство инженеров придерживаются такого подхода. Поэтому, закономерно, что по итогам конкурса всемирно известного американского журнала «Test & Measurement World» в 2013 году первый приз по результатам конкурса «Best in Test» получил источник питания с расширенными функциональными возможностями АКТАКОМ APS-730xL [1].



Рис. 1. Источник питания АКТАКОМ серии APS-730xL

Лабораторные источники постоянного напряжения и тока, обычно, не рассматриваются как измерительные устройства, но при этом включаются в Государственный реестр средств измерений РФ, после проведения соответствующих испытаний. Лабораторные источники питания предназначены для электропитания различной испытуемой аппаратуры. Но, в связи с постоянно повышающимися требованиями к стабильности устройств электропитания, лабораторные источники выполняются по схемам прецизионных стабилизаторов напряжения и тока. В них, как правило, встраиваются аналоговые или цифровые измерители выходных напряжений и токов, что позволяет использовать эти приборы при некоторых видах измерений, например, при снятии вольт-амперных характеристик полупровод-



Рис. 2. Источник питания Rigol DP1308A

RIGOL

дниковых приборов и нелинейных резисторов.

От большинства лабораторных источников электропитания требуется высокая стабильность выходного напряжения (или тока) и малый уровень пульсаций [2].

Отличительная особенность современных источников питания — разнообразные возможности управления, дает практически неограниченные возможности применения их в лабораторных исследованиях и испытаниях.

Большое количество производителей измерительной техники разрабатывают и производят многофункциональные лабораторные источники питания.



Рис. 3. Вид дисплея источника питания Rigol DP1308A в основном режиме



Рис. 4. Вид дисплея источника питания Rigol DP1308A с выделением одного канала

Одним из удачных примеров таких разработок является Rigol Technology, Inc. (Китай). За последнее время в журнале КИПС было опубликовано две обзорные статьи, посвященные продукции этой компании. Первая статья «Обзор цифровых осциллографов Rigol серии DS1000Z» была опубликована в декабрьском номере КИПС за 2013 год [3], вторая — «Новейшие универсальные цифровые генераторы Rigol серии DG1000Z» — в апрельском номере в 2014 году [4].

В своих новых приборах Rigol реализует самые передовые технологии и новшества, которых порой нет и у более

известных брендов и, уж точно, в приборах данной ценовой категории. Но, если и осциллографы и генераторы это те направления, которыми компания Rigol успешно занимается уже многие годы, то источниками питания Rigol появились относительно недавно.



Рис. 5. Вид дисплея источника питания Rigol DP1308A в графическом режиме



Рис. 6. Вид дисплея источника питания Rigol DP1308A с выделением одного канала в графическом режиме

Первым источником питания от Rigol стал программируемый трехканальный прецизионный источник питания DP1308A, выпущенный в 2009 году.

В этой модели Rigol, впервые в мировой практике, в качестве средства отображения информации был использован цветной графический дисплей 4,3" с 16 миллионами цветов (480×272 точек). Удобным было то, что информация со всех трех каналов была одновременно доступна на экране (рис. 3, 4).

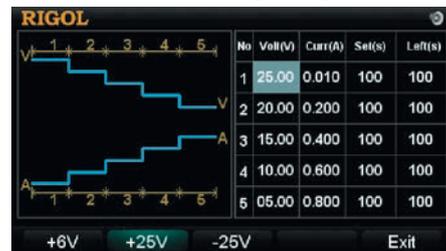


Рис. 7. Вид дисплея источника питания Rigol DP1308A в режиме работы по списку

Причем, можно было «выделить» один канал на фоне двух других.

Информацию об изменении выходных значений можно было представить также и в графическом виде, как по трем каналам одновременно (рис. 5),

так и с выделением одного канала, но с графическим отображением изменения выходного напряжения, тока и мощности (рис. 6).

Также, в графическом виде на передней панели прибора можно было задать и сразу посмотреть, как будет выглядеть изменение выходного напряжения и тока в режиме работы по списку, т.е. функцию изменения выходных параметров во времени (рис. 7).



Рис. 8. Источник питания Rigol DP116A

Немного позже была выпущена одноканальная двухдиапазонная модель Rigol DP116A (рис. 8).

Данная модель сочетала в себе те возможности по отображению информации, которые уже были заложены и апробированы в DP1308A, естественно применительно к работе в одноканальном режиме, как в цифровом виде (рис. 9), так и в графическом виде (рис. 10).

Самым интересным новшеством этой



Рис. 9. Вид дисплея источника питания Rigol DP116A в основном режиме

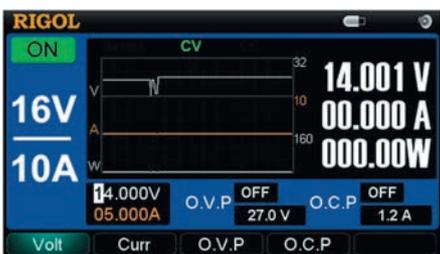


Рис. 10. Вид дисплея источника питания Rigol DP116A в графическом режиме



Рис. 11. Вид дисплея источника питания Rigol DP1308A в виде циферблата



Рис. 12. Вид web-интерфейса при подключении через LXI

модели стало новое представление значений напряжения, тока и мощности на уникальном двойном дисплее в аналоговой и цифровой форме (рис. 11).

Это новшество добавило определенный «шарм» источникам питания Rigol и стало своего рода визитной карточкой, т.к. эта инновация реализована и в более новых моделях, о которых пойдет речь немного ниже.



Рис. 13. Источник питания Rigol серии DP800 (DP832A)

Традиционно для приборов Rigol, источники питания серии DP1000 (DP1308A и DP116A) имели большое количество интерфейсов для внешнего управления и сохранения данных, в их числе USB host, USB device, GPIB, LAN. Кроме того, оба прибора поддерживали управление по LXI class C с использованием встроенного web-интерфейса (рис. 12).

Кроме выше перечисленных достоинств, источники питания Rigol серии DP1000 отличались низким уровнем пульсаций, обладали высокой стабильностью и точностью установки (табл. 1).

Источники питания Rigol DP1308A и DP116A оказались настолько удачными, что продолжают выпускаться и по сей день. Однако во второй половине 2013 года Rigol запустил в производство новую серию источников питания Rigol DP800. К моменту написания

этой статьи в состав этой серии входили уже пять моделей источников питания.

Все источники питания Rigol DP800 являются программируемыми, как с передней панели, так и дистанционно. В состав серии входит 3 трехканальных модели, 1 двухканальная модель и 1 одноканальная двухдиапазонная модель.

DP831A не просто трехканальный источник питания, в этой модели можно установить выходное напряжение от 0 до ± 30 В.

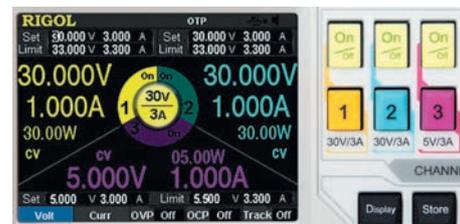


Рис. 14. Цветовая дифференциация каналов в DP800

Новая серия источников питания Rigol DP800 произвела настоящий фурор на рынке измерительной техники. Даже с первого взгляда видно, что прибор имеет довольно необычный и привлекательный дизайн с оригинальной системой управления (рис. 13).

Выбор канала для установки выходных параметров осуществляется при помощи кнопок быстрого доступа, расположенных около дисплея. Причем каждая кнопка имеет свой цвет (желтый, голубой и красный), который соответствует цвету канала, которым он отображается на дисплее источника питания (рис. 14).

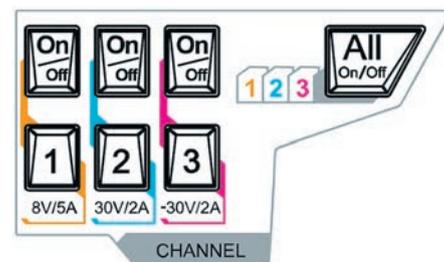


Рис. 15. Зона управления каналами в DP800

Это очень удобно, учитывая довольно четкий зональный способ расположения значений на экране прибора по каждому каналу. В новых моделях имеется еще одна интересная клавиша — это All On/Off, нажатием которой можно включить или отключить все выходные каналы одновременно (рис. 15).

Очень необычно выглядит зона ввода

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ RIGOL DP1000

	DP116A	DP1308A
Количество каналов	1	3
Количество диапазонов	2	1
Выходные параметры	0...16В / 0...10 А (диапазон 1); 0...32 В / 0...5 А (диапазон 2)	0...+6 В / 0...5 А (канал 1); 0...+25 В / 0...1 А (канал 2); 0...-25 В / 0...1 А (канал 3)
Максимальная мощность	160 Вт	80 Вт
Пульсации+шум (20 Гц...20 МГц)	0,35 мВ _{эфф} / 3 мВ _{эфф} / 2 мА _{эфф}	
Базовая точность	напряжение	0,1 % (CH1); 0,05 % (CH2 и CH3)
	ток	0,2 % (CH1); 0,15 % (CH2 и CH3)
Разрешение (программ. и считывание)	напряжение	0,5 мВ (CH1); 1,5 мВ (CH2 и CH3)
	ток	0,5 мА (CH1); 0,1 мА (CH2 и CH3)
Разрешение (отображение)	напряжение	1 мВ (CH1); 10 мВ (CH2 и CH3)
	ток	1 мА (CH1); 10 мА (CH2 и CH3)

параметров, которая включает в себя клавиши управления курсором (они же являются клавишами выбора единиц измерения), цифровую клавиатуру и поворотную ручку управления (рис. 16).

Т.е., при помощи цифровой клавиатуры можно задать значение, а откорректировать или изменить его можно используя клавиши управления и вращением ручки поворотного регулятора. Кроме того, вращением ручки можно быстро передвигать курсор в различных режимах просмотра и установки.

В этой же зоне, по краям клавиш управления, кроме кнопки включения/выключения всех каналов, расположены еще три кнопки, которые служат для удаления, сброса на заводские установки и подтверждения введенных значений.

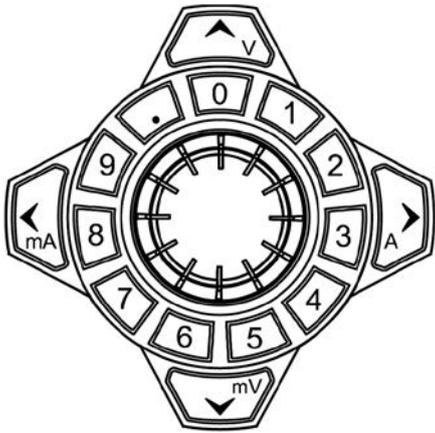


Рис. 16. Зона ввода параметров в DP800

Под дисплеем расположены кнопки для работы с экранным меню источника питания, по аналогии с цифровыми осциллографами или генераторами сигналов.

В центральной части передней панели, над выходными разъемами, расположены шесть кнопок для управления функциями источника питания и кнопка переключения модели отображения. Нажатием этой кнопки можно выбрать одну из трех моделей отображения: обычную (цифровую), графическую или циферблатную (аналоговую) (рис. 17, 18, 19).

Как уже было сказано выше, начало отображения выходных значений в таких формах было заложено в источнике питания Rigol DP1116A.



Рис. 17. Цифровая форма отображения в DP800



Рис. 18. Графическая форма отображения в DP800



Рис. 19. Циферблатная форма отображения в DP800

Как и большинство современных источников питания, новые модели Rigol имеют защиту по напряжению и току с настраиваемыми значениями (OCP и OVP).

В ряде моделей источников питания Rigol (DP832, DP832A, DP831) изолированные каналы (0...30 В) можно подключить параллельно (для удвоения выходного тока) или последовательно (для удвоения выходного напряжения и для управления ими), при таких подключениях приборы используют трекинг-режим или, говоря иначе, функцию слежения.

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ RIGOL СЕРИИ DP800

	DP832A	DP832	DP831A	DP821A	DP811A
Количество выходов	3	3	3	2	1 (2 диапазона)
Выходные параметры	CH1 CH2 CH3	0...30 В / 0...3 А 0...30 В / 0...3 А 0...5 В / 0...3 А	0...8 В / 0...5 А 0...+30 В / 0...2 А 0...-30 В / 0...2 А	0...8 В / 0...10 А 0...60 В / 0...1 А	0...20 В / 0...10 А или 0...40 В / 0...5 А
Максимальная мощность	195 Вт		160 Вт	140 Вт	200 Вт
Пульсации-шум* (20 Гц...20 МГц)	<350 мкВ _{о.с.} / 2 мВ _{д.с.} -пик <2 мА _{о.с.}				
Базовая точность (ежегодная)	напряжение 0,05 % (CH1 и CH2); 0,1 % (CH3) ток 0,2 %		0,1 % (CH1); 0,05 % (CH2 и CH3) 0,2 %	0,05 % (CH1); 0,1 % (CH2) 0,2 %	0,05 % 0,1 %
Разрешение программ.	напряжение 1 мВ ток 1 мА		1 мВ 0,3 мА - CH1 0,1 мА - CH2 и CH3	1 мВ - CH1, 10 мВ - CH2 1 мА - CH1 0,1 мА - CH2	1 мВ 0,5 мА
Разрешение считывания	напряжение 0,1 мВ ток 0,1 мА		0,1 мВ 0,1 мА	1 мВ - CH1, 0,1 мА - CH2 0,1 мВ - CH1, 10 мВ - CH2	0,1 мВ 0,1 мА
Разрешение отображения	напряжение 1 мВ ток 1 мА		1 мВ 1 мА	1 мВ - CH1, 10 мВ - CH2 1 мА - CH1, 0,1 мА - CH2	1 мВ 1 мА

Выходные параметры источников питания Rigol DP800A могут быть запрограммированы в режиме работы по списку (Timing). В этом режиме пользователю предоставляется возможность установить значение напряжения, тока и задать время «стояния» на заданных параметрах (рис. 20). Всего может быть задано до 2048 групп шагов с возможностью повторения от 1 до 99999 циклов.

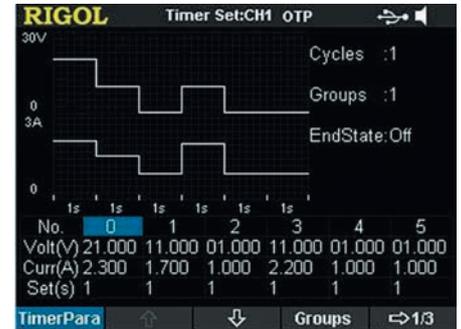


Рис. 20. Режим работы по списку

Кроме того, в режиме работы по списку, пользователям предоставляется возможность выбора в качестве шаблона одной из 8 встроенных форм сигнала: синус, импульс, пила, ступенчатый нарастающий, ступенчатый спадающий, ступенчатый нарастающий и спадающий, экспонента нарастающая и спадающая. Шаблон можно редактировать, сохранять во внутреннюю и во внешнюю память в виде файла (*.rtf) и соответственно вызывать из нее.

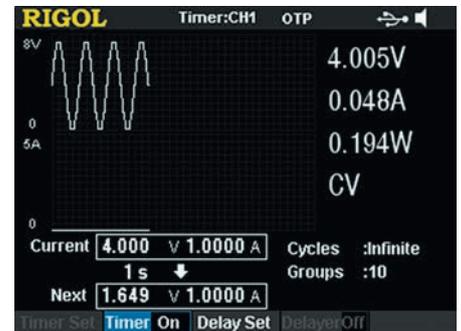


Рис. 21. Создание шаблона в режиме работы по списку

Другим способом программирования выходного сигнала источника питания, который удобно использовать для задания импульсного режима работы, является режим задержки (Delayer) (рис. 22). В этом случае пользователь задает высокий и низкий уровень сигнала, время задержки в этом состоянии и, аналогично, режиму работы по списку: количество шагов и циклов повторений. Также пользователю доступны два шаблона задания состояния «0-1» и «1-0». Соответственно, в этом режиме высокий уровень означает открытие выхода источника питания, низкий — его отключение.

Аналогично режиму тайминга, созданный образец сигнала можно сохранять во внутреннюю и внешнюю память (формат *.rdf) и вызывать из нее.

В настоящее время на рынке измерительной техники существует большое количество источников питания. При программировании, большинство из них функционально ограничивается режимом работы по списку, некоторые имеют функцию внешнего запуска, часть, например источники питания АКТАКОМ, расширяют свои возможности за счет программного обеспечения (подробнее см. Aktakom Power Manager), но, настолько функционально насыщенных в аппаратной части источников питания, как Rigol серии DP800, вряд ли найдется.

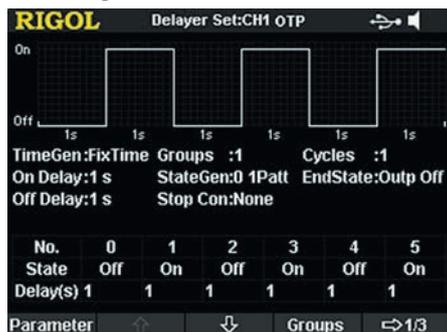


Рис. 22. Режим задержки

Кроме рассмотренных режимов программирования в источниках питания DP800 имеется еще ряд расширенных возможностей.

Прежде всего, это функция регистратора. Пользователь может задать время записи и выбрать место сохранения результатов записи. При этом, когда регистратор включен, запись ведется по каждому каналу. Время записи может быть установлено в диапазоне от 1 до 99999 с. Записанную информацию о состоянии на выходах источника питания можно сохранить как во внутрен-

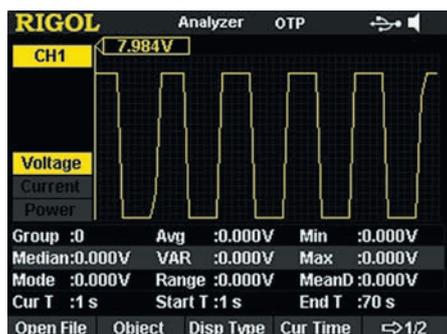


Рис. 23. Графическое представление работы анализатора

CH1	Time	Voltage	Current	Power
	1 s	7.984V	0.049A	0.387W
	2 s	7.984V	0.049A	0.387W
	3 s	7.984V	0.049A	0.387W
	4 s	7.984V	0.049A	0.387W
	5 s	7.984V	0.049A	0.387W
	6 s	0.000V	0.048A	0.000W
	7 s	0.000V	0.048A	0.000W

Рис. 24. Табличная форма представления работы анализатора

нюю память, так и на внешний носитель. Хранится записанная информация в формате «*.log».

Далее записанную информацию о состоянии выходов необходимо обработать. Для этих целей в источниках питания Rigol имеется функция анализатора (рис. 23).

Анализатор может производить анализ уже записанных файлов, включая количество шагов, медианное значение, а также среднее значение, дисперсию, диапазон амплитуд, минимальное и максимальное значение, среднюю разницу напряжения, тока или мощности между различными каналами.

Кроме графического вида результат работы анализатора может быть представлен и в табличной форме (рис. 24).



Рис. 25. Источник питания Rigol DP811A

Еще одной расширенной функцией является мониторинг. Функция мониторинга проверяет состояние выходов источника питания на удовлетворение заданных пользователем условий. В качестве условия мониторинга можно настроить логические операции между параметрами: напряжение, ток и мощность, значения которых можно задать. В зависимости от удовлетворения этих условий, пользователь может задать «реакцию» источника питания: отключение, предупреждение и/или звуковой сигнал. Т.е., фактически, данный режим, является реализацией функции «годен/не годен».

Следует также отметить, что для источников питания DP821A и DP811A можно получить значение выходного тока 10 А. Для компенсации падения

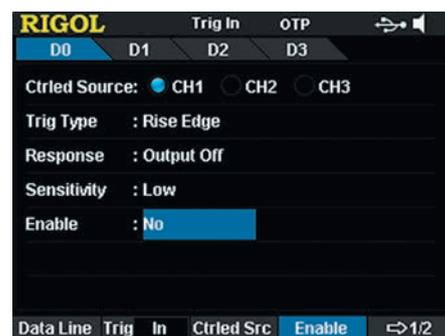


Рис. 26. Интерфейс настройки входа синхронизации

напряжения и улучшения точности на передней панели этих приборов имеются дополнительные терминалы (Sense S+, Sense S-), реализующие четырехпроводную схему подключения источников питания (рис. 25).

На задней панели источников питания Rigol DP800 расположены интерфейсы дистанционного управления и передачи данных, а также разъем цифрового интерфейса Digital I/O. Данный интерфейс можно использовать для обеспечения синхронизации DP800. Через него можно подключить, а в приборе запрограммировать как входы, так и выходы внешнего триггера.

При программировании входа синхронизации пользователь может задать линию данных, канал или каналы которыми управляет синхросигнал, фронт



Рис. 27. Интерфейс настройки выхода синхронизации

срабатывания, чувствительность и реакцию выхода источника питания при поступлении синхросигнала (рис. 26).

При программировании выхода син-

Трекинг режим (или режим слежения) — один из режимов управления многоканальным источником питания, в котором управление одним каналом (ведущим) одновременно означает одинаковое изменение этого же параметра другого канала (ведомого), т.е. в результате параметры обоих каналов меняются синхронно. В многоканальных источниках питания регулируемые выходы приборов могут быть подключены, как параллельно, так и последовательно между собой. При этом такой многоканальный источник питания становится фактически одноканальным. При параллельном соединении максимально возможное суммарное значение на выходе увеличивается в 2 раза, при последовательном соединении — увеличивается суммарное выходное напряжение. Один канал при этом становится ведущим, второй — ведомым. Например, при последовательном соединении выходное напряжение на ведомом источнике изменяется в режиме трекинга (слежения) за изменением напряжения ведущего источника и, соответственно, управление обоими каналами максимально упрощено органами управления ведущего канала.

Энциклопедия измерений (www.kipis.ru)



хронизации пользователь может задать линию данных, канал или каналы синхронизации, а также установить условия синхронизации, уровень и полярность синхросигнала (рис. 27).

Кроме цифрового интерфейса Digital I/O источники питания Rigol DP800, как и большинство приборов Rigol, поддерживают интерфейсы USB host, USB device, RS-232, LAN (LXI Core Device 2011) и GPIB (опционально, при помощи адаптера USB-GPIB). Дистанционное управление прибором может производиться при помощи стандартных команд SCPI, а также при помощи программного обеспечения Ultra Sigma (идет в комплекте с прибором или загружается с сайта), «Measurement & Automation Explorer» от компании National Instruments Corporation или «Agilent IO Libraries Suite» от компании Agilent (Agilent Technologies, Inc).



Рис. 28. Отображение параметров на дисплее источников питания Rigol DP832

Немного особняком в серии источников питания Rigol DP800 стоит модель DP832. Данная модель предназначена для пользователей с ограниченным бюджетом, которым необходим источник питания с параметрами аналогичными DP832A (2 x 0...30 В / 0...3 А, 1 x 0...5 В / 0...3 А).

Программное обеспечение Aktakom Power Manager (APM) предлагает широкие возможности по управлению выходным напряжением и током стабилизации как в произвольном (ручном), так и в функциональном режиме. Функциональное управление является мощным инструментом программы APM, позволяющим не только автоматически управлять прибором с помощью компьютера, но и программировать его на режим автономной работы по заранее заданному алгоритму. Режим функционального управления в APM позволяет автоматически управлять выходными параметрами (напряжение или ток) источника питания по закону, заданному при помощи графического и табличного редакторов. В удобном графическом редакторе пользователь может задать, как 10 стандартных форм изменения параметров (среди которых: синусоида, прямоугольник, треугольник, пила, вспышка, импульс, 2 типа экспонент, 2 типа S-кривых), так и практически любую произвольную форму, которую можно описать формулой. При помощи данного программного обеспечения, пользователь может управлять выходным напряжением и током как источников питания, оборудованных контрольными АЦП, так и без АЦП. При этом на источниках питания, в которых есть АЦП, значения измеряются аппаратно на выходе прибора, а для источников питания без АЦП параметры определяются по заданному значению. Возможна работа с программой в режиме эмуляции работы аппаратуры.



Рис. 29. Файловый менеджер

В стандартной комплектации эта модель имеет только USB device, USB host интерфейсы, а RS-232, LAN и GPIB пользователи могут установить за дополнительную плату. Также в стандартной поставке отсутствуют функции мониторинга и внешней синхронизации. Эти функции, при необходимости, можно реализовать уже после покупки прибора через активацию программным ключом. В отличие от источника питания DP832A, в бюджетной модели DP832 разрешение при отображении параметров составляет 10 мВ / 10 мА, однако пользователь может приобрести и активировать опцию улучшения разрешения, позволяющую реализовать в DP832 разрешение 1 мВ / 1 мА, как и у расширенной модели DP832A. И, наконец, последним отличием DP832 от DP832A является дисплей. Если в модели DP832A дисплей цветной, то в DP832 — графический монохромный (рис. 28).

Данные различия моделей DP832 и DP832A естественным образом отразилось на цене. Упрощенная модель DP832 почти в 2 раза дешевле своего «старшего» собрата.

Сохранение данных во внешнюю память, о которых мы упоминали выше, реализуется через подключение к разь-

ему USB host флэш-устройства. Кроме указанных файлов регистратора (*.rof), режимов работы по списку (*.rtf) и задержки (*.rdf) на внешнюю память можно сохранить и файлы установок прибора (формат *.rsf). Кроме внешней памяти, все эти файлы можно сохранять и во внутреннюю память источника питания. Для этих целей под каждый из файлов данных предусмотрено 10 ячеек энергонезависимой памяти. При сохранении, как во внутреннюю память, так и на внешний USB-носитель используется полноценный файловый менеджер с возможностью задания и корректировки имен файлов, папок и т.п. Внутренняя память отображается, как диск C, внешняя — диск D (рис. 29).

В данном обзоре были рассмотрены только основные возможности новых программируемых источников питания Rigol DP800, которые выделяют их на фоне конкурирующих моделей от других производителей. И, основной упор, делался на функциональность DP800. Технические параметры новых моделей представлены в краткой сравнительной таблице 2.

Начало продаж новых источников питания Rigol DP800 показало, что они оказались востребованы на рынке измерительной техники. А включение их в Государственный реестр средств измерений РФ еще более расширило область их применения.

Редакция благодарит за предоставленный материал компанию RIGOL Technologies, Inc и официального дистрибьютора компании Rigol на территории РФ — компанию ООО «Ирит» (www.irit.ru).

ЛИТЕРАТУРА

1. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы», 2013, № 1, стр. 25.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. «Измерительные приборы и массовые электронные измерения». Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2007, стр. 71.
3. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы» 2013, № 6, стр. 9.
4. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы» 2014, № 2, стр. 25.
5. Раздел «Энциклопедия измерений» на сайте журнала «Контрольно-измерительные приборы и системы» (<http://www.kipis.ru/info/>).

Good laboratory of electronic technology always has a power supply. High power supply functionality provides higher performance of such laboratories meaning that you can get exact results very fast. The present article describes in a very detail power supplies by RIGOL which have advanced features and functions not peculiar to some other brands. Find more details in the present article.