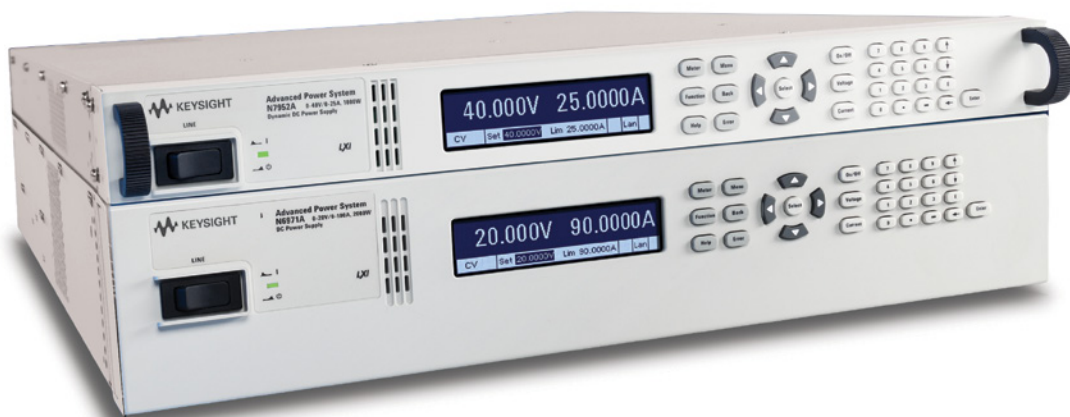


Keysight Technologies

10 советов по повышению производительности системы тестирования

Краткое руководство по применению



Введение

Как и прежде, от производителей требуют большего при меньших затратах. Повышение эффективности может сократить количество оборудования, используемого в ходе тестирования, и обойти физические ограничения производственного объекта. Повышение качества рабочего процесса также снизит затраты. Улучшенные источники питания компании Keysight разработаны для повышения эффективности при обеспечении высочайшего уровня защиты тестируемого устройства. Ознакомьтесь со всеми десятью советами, чтобы узнать больше о повышении эффективности тестирования.

Содержание

1	Повышение эффективности через сокращение времени обработки команды	03
2	Повышение эффективности через сокращение времени отклика при нарастании и спаде напряжения	04
3	Использование источников питания с более быстрыми системами измерения для повышения эффективности тестирования	06
4	Использование преимуществ цифровой фильтрации источника питания для измерения постоянного тока с более коротким временем установления	07
5	Использование встроенной возможности ускоренного измерения тока холостого хода	08
6	Использование преимуществ бесшовного переключения диапазона измерения при мгновенных изменениях нагрузки в ходе тестирования	09
7	Использование режима списка для ускоренного изменения выходного уровня	10
8	Использование режима списка и триггеров для выполнения параметрических измерений с быстрой разверткой	11
9	Сочетание функций генерации сигналов произвольной формы (ARB) и аналого-цифрового преобразователя для выполнения параметрических измерений со сверхбыстрой разверткой	13
10	Использование функции подсистемы состояния для уменьшения времени тестирования	14

1. Повышение эффективности через сокращение времени обработки команды

Указания по применению

Повышение эффективности тестирования начинается с использования более быстрых источников питания. Время обработки команды является ключевым параметром, определяющим скорость источника питания, поскольку оно влияет на практически все аспекты его использования при автоматизированном управлении. Сокращение времени обработки команд может значительно уменьшить время тестирования и повысить эффективность. Это особенно актуально, когда требуется испытать тестируемое устройство на нескольких выходных уровнях и измерить соответствующий уровень силы тока или напряжения, что часто и составляет проблему. Разница во времени обработки команд между источниками питания общего назначения и высокопроизводительными системными источниками питания постоянного тока может составлять несколько порядков. Если важна эффективность тестирования, экономия времени тестирования за счет использования высокопроизводительных источников питания с малым временем обработки команд легко возместит разницу в цене.

Пример времени обработки команд для источника питания показан на рис. 1-1. Время обработки команд — это время от первого получения команды до момента, когда источник питания начинает ее выполнять. В данном случае это момент, когда выходное значение источника питания начинает меняться. Время обработки команд может варьироваться от нескольких сотен миллисекунд у источников питания общего назначения до менее 1 мс у высокопроизводительных источников питания.

Для тестируемого устройства, испытываемого при 10 различных настройках напряжения, от источника питания со временем обработки команд 100 мс до источника с 1 мс, время тестирования сокращается приблизительно на 2 с. Это количество времени существенно для масштабов высокопроизводительного заводского тестирования, также это экономия, которая требует только изменения выходного уровня. Подобная экономия также реализуется при других операциях источника питания — время тестирования с легкостью уменьшается еще на несколько секунд, значительно повышая эффективность тестирования.

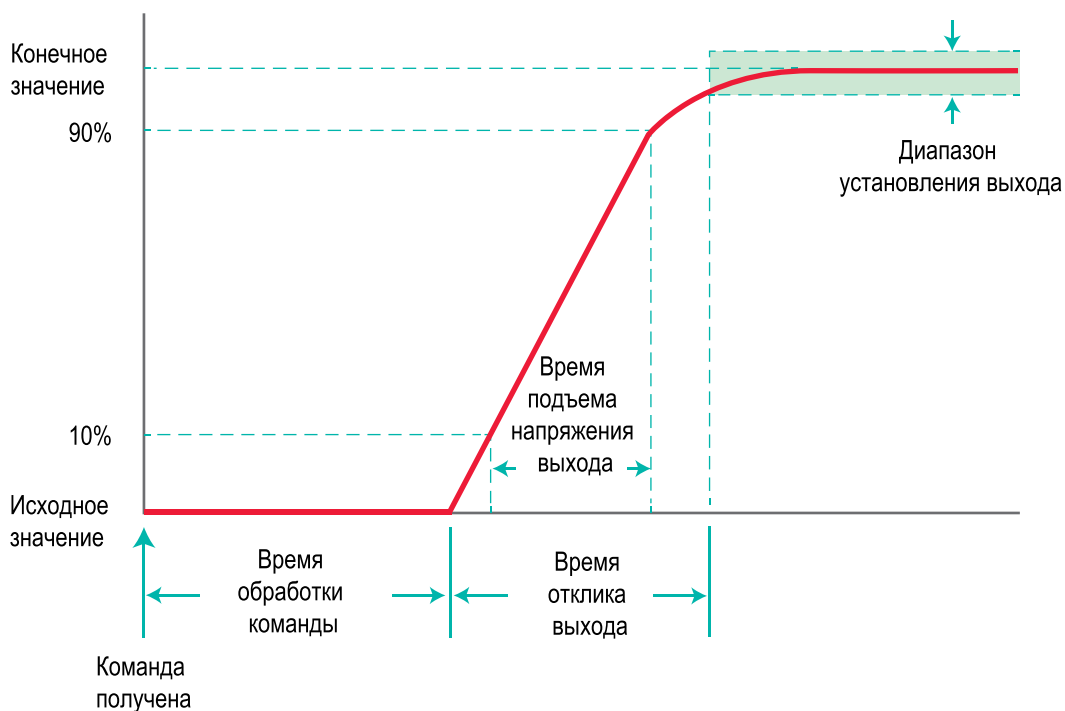


Рис. 1-1. Время обработки команд источника питания при изменении выходного уровня

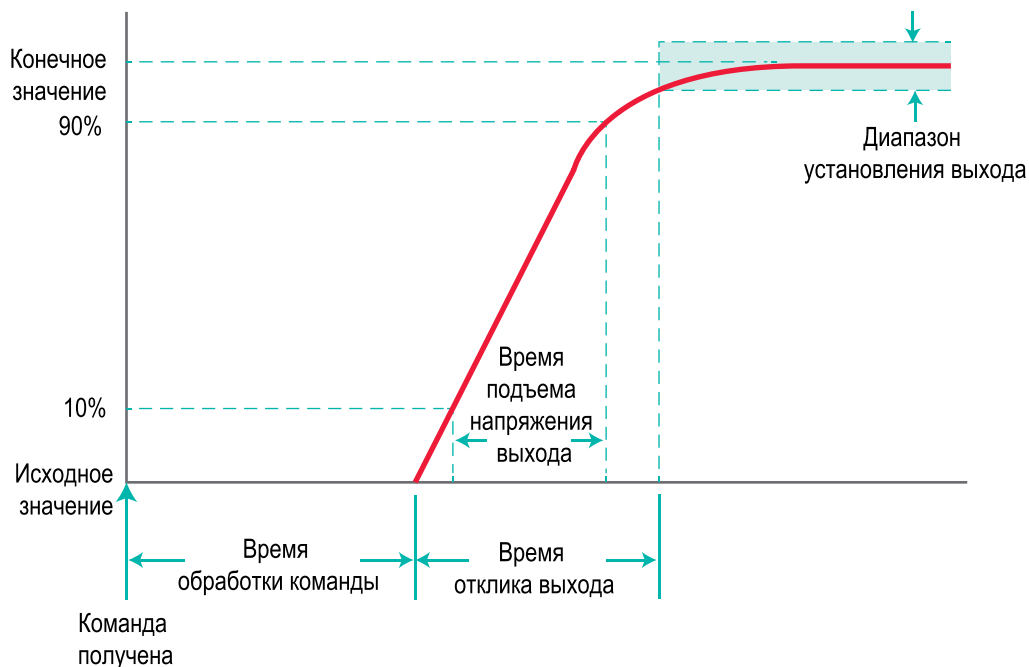
2. Повышение эффективности через сокращение времени отклика при нарастании и спаде напряжения

Указания по применению

Использование источников питания с меньшим временем отклика при программировании выхода в обе стороны может значительно уменьшить время тестирования, в частности, если в последовательности тестирования устройства требуется задать несколько настроек выходного уровня. Разница во времени отклика при программировании выхода может составлять несколько порядков величины между источниками питания общего назначения и высокопроизводительными системными источниками питания постоянного тока. Использование источника питания с меньшим временем отклика при программировании выхода легко уменьшает время тестирования устройства на несколько секунд, значительно повышая эффективность тестирования.

Время отклика при программировании на повышение изображено на рис. 2-1. Это время, необходимое источнику питания для подъема напряжения выхода и установления в пределах небольшого диапазона вокруг конечного значения выходного уровня после обработки команды изменения выходного уровня. По сути это ширина фронта напряжения или тока.

Время отклика при программировании на повышение значительно варьируется в зависимости от уровня производительности источника питания: от сотен миллисекунд у устройств общего назначения до менее 1 мс у высокопроизводительных источников питания. У ряда специализированных высокопроизводительных источников питания время отклика при программировании на повышение минимально и исчисляется десятками микросекунд.



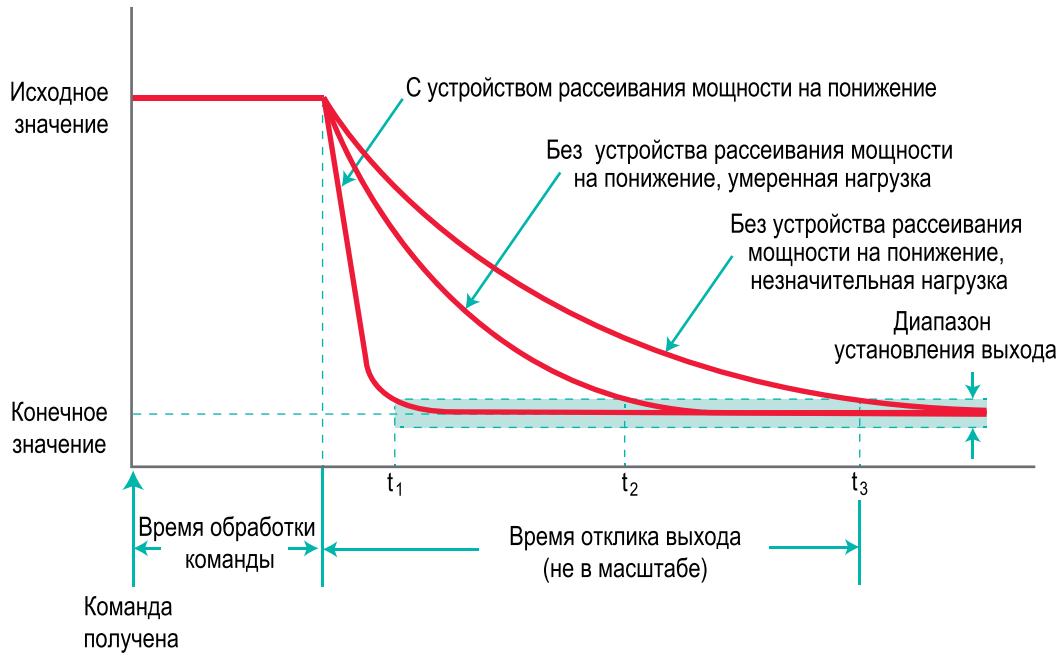


Рис. 2-2. Время отклика источника питания при программировании на понижение с и без устройства рассеивания мощности

Время отклика при программировании на понижение подобно времени отклика на повышение, за исключением того факта, что источник питания программируется на более низкий уровень. Однако необходимо рассматривать программирование на понижение независимо, поскольку малое время программирования на повышение не обязательно гарантирует такое же малое время на понижение. Не все источники питания имеют активную цепь рассеивания мощности, чтобы быстро перевести выход обратно на низкое напряжение. При отсутствии устройства рассеивания мощности время отклика при программировании на понижение, необходимое для перевода выхода обратно на низкое напряжение, зависит в основном от нагрузки тестируемого устройства. Время отклика при программировании на понижение с и без устройства рассеивания мощности показано на рис. 2-2.

Время отклика при программировании на понижение также значительно варьируется в зависимости от уровня производительности источника питания: высокопроизводительные источники питания всегда оборудуются устройством рассеивания мощности, а их время отклика составляет 1 мс или меньше. Для сравнения, источники питания общего назначения могут иметь время отклика при программировании на понижение в несколько сотен миллисекунд и больше. Многие источники питания общего назначения могут тратить на понижение уровня при отсутствии нагрузки до нескольких секунд.

Если важна эффективность, использование более производительных источников питания с меньшим временем отклика при программировании в обе стороны позволяет с легкостью уменьшить время тестирования на несколько столь ценных секунд. Это, в свою очередь, повышает эффективность тестирования и снижает расходы, что особенно важно при масштабном ресурсозатратном тестировании.

3. Использование источников питания с более быстрыми системами измерения для повышения эффективности тестирования

Указания по применению

Использование источников питания постоянного тока, имеющих более быстрые высокопроизводительные системы измерения, позволяет серьезно урезать время тестирования устройства, значительно повысить эффективность и сократить расходы.

Хорошим индикатором источника питания постоянного тока с высокопроизводительной системой измерения является программируемая интеграция измерений, или апертура, время, часто программируемое в циклах линии питания. Одним из удобств программируемого времени интеграции является минимизация любых пульсаций 50 или 60 Гц в линии переменного тока, вмешивающихся в измерение постоянного тока, путем задания времени, кратного одному или нескольким циклам линии питания. Установка времени в количестве одного цикла линии питания обеспечивает хорошее подавление пульсаций с относительно высокой эффективностью. Если пульсация в линии переменного питания проблемой не является, может быть установлено время интеграции продолжительностью менее одного цикла линии питания, что еще больше сокращает время измерения. Если источник питания постоянного тока имеет программируемую интеграцию измерений, он, без сомнения, также будет иметь быстродействующую (обычно речь идет о миллисекундах) систему измерения, дополняющую программируемое время интеграции.

Для сравнения, базовые источники питания постоянного тока обычно имеют фиксированное время интеграции продолжительностью 100 мс для поддержки подавления пульсаций переменного тока для частот сети питания 50 и 60 Гц. Они также имеют системы измерения с узким диапазоном и малым откликом, которым требуется большее количество времени установления после каждого ступенчатого изменения нагрузки, прежде чем можно будет выполнить корректное измерение.

В конечном итоге, источнику питания постоянного тока общего назначения на выполнение измерения может потребоваться до нескольких сотен миллисекунд, в то время как источнику питания постоянного тока с высокопроизводительной системой измерения – всего около одной десятой этого времени, причем в большинстве ситуаций точность будет выше. Если в ходе тестирования устройства выполняется несколько измерений, это может позволить буквально урезать секунды времени тестирования, значительно повысить эффективность и сократить расходы.

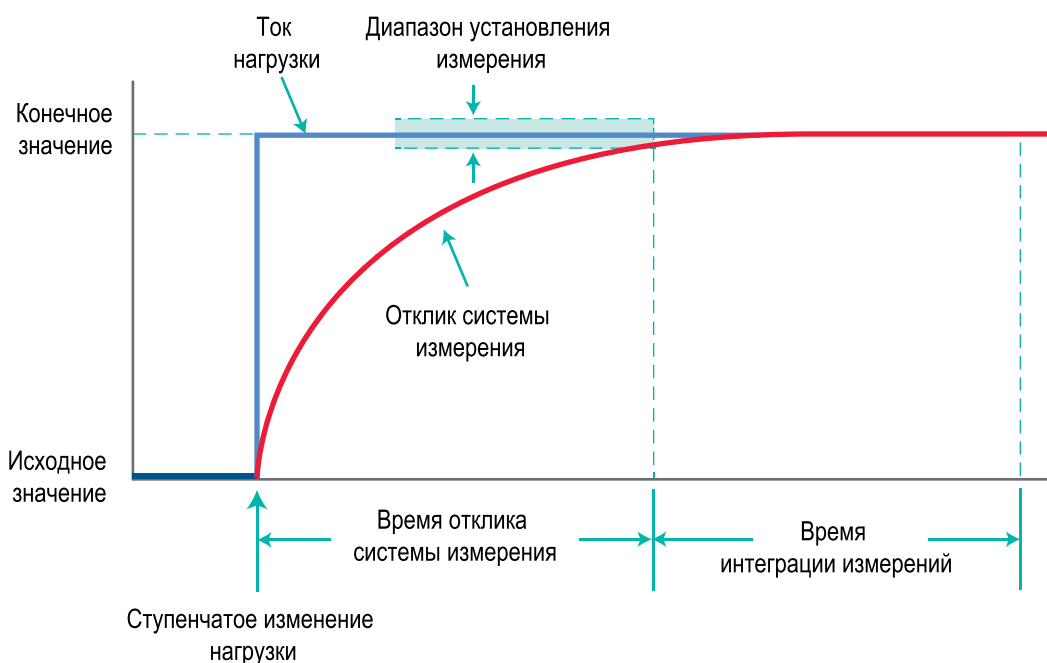


Рис. 3-1. Время отклика и время интеграции системы измерения источника питания постоянного тока

4. Использование преимуществ цифровой фильтрации источника питания для измерения постоянного тока с более коротким временем установления

Указания по применению

Среднее значение постоянного тока практически всегда является ключевой величиной при измерении расхода тока тестируемого устройства. Однако расход тока многих тестируемых устройств может быть очень динамичным и содержать значительную часть переменного тока относительно среднего значения постоянного тока. Примером является характеристика пульсирующего расхода тока многих цифровых беспроводных устройств. Высокая переменная составляющая может стать проблемой при попытке выполнить измерения среднего значения постоянного тока быстрее, поскольку для получения приемлемо последовательной стабильности требуется большее время сбора результатов измерений. Что касается источников питания постоянного тока с оцифровывающей системой измерения, их оконные функции цифровой фильтрации на базе цифровой обработки сигнала могут обеспечить более быстрое и стабильное измерение среднего значения постоянного тока при динамических токах. Уменьшение времени измерения способствует повышению эффективности тестирования, особенно если в ходе тестирования требуется выполнить множество измерений.

Функция цифровой фильтрации с прямоугольным окном (или без веса) одинаково воспринимает все оцифрованные выборки, взятые за период сбора результатов измерений. Если возможно точно сопоставить период сбора результатов с периодом собственных колебаний переменной составляющей, он, как правило, значительно отклоняется от среднего значения постоянного тока. Однако, если период собственных колебаний переменной составляющей точно не известен или их несколько, негармонически связанные периоды переменной составляющей отклоняются, функция с прямоугольным окном спадает под уклоном 20 дБ/порядок, и для получения последовательно стабильного результата требуется более длительный период сбора результатов.

Для сравнения, оконная функция с весом выделяет оцифрованные выборки, взятые в середине периода сбора результатов измерения, и скрывает выборки из начала и конца периода. Это дает значительно больший уклон спада отклонения переменного тока, обеспечивая большую стабильность измерений постоянного тока за меньшее время сбора результатов по сравнению с функцией с прямоугольным окном. Окно Ханна (Ханнинга) — один из примеров оконной функции с весом, подходящей для данных целей.

Для тестируемых устройств, потребляющих динамический ток, использование преимуществ функций цифровой фильтрации источников питания постоянного тока с оцифровывающими системами измерения может значительно уменьшить время, необходимое для выполнения точных и последовательно стабильных измерений, в результате улучшив эффективность тестирования.

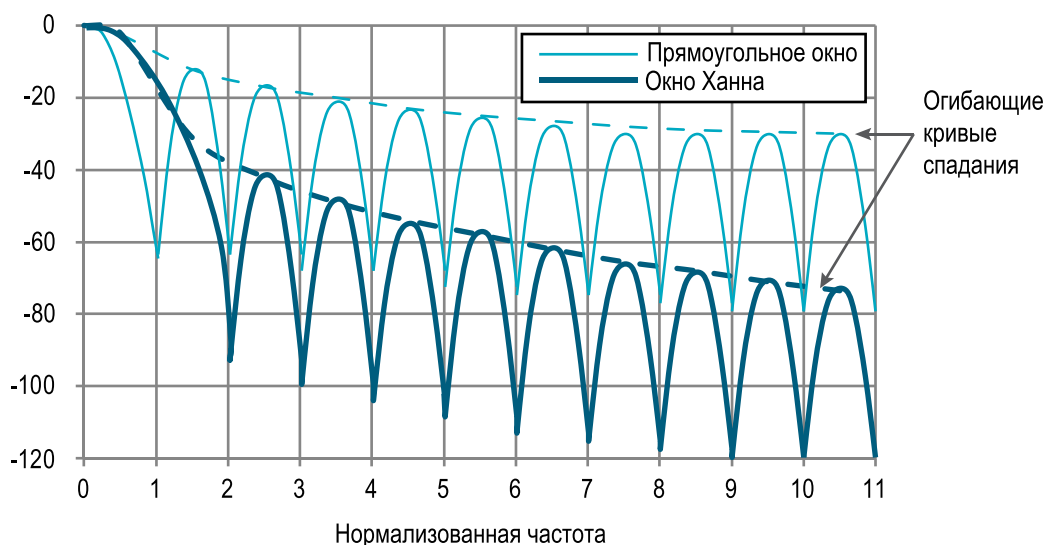


Рис. 4-1. Характеристики отклика фильтра с прямоугольным окном и окном Ханна

5. Использование встроенной возможности ускоренного измерения тока холостого хода

Указания по применению

На сегодняшний день все больше устройств из различных отраслей промышленности оснащаются режимом ожидания, сна или виртуального выключения – когда устройство переходит в состояние очень низкого энергопотребления, фактически сохраняя подключение к источнику питания. В таком состоянии устройство потребляет небольшое количество тока холостого хода, объемом в несколько микроампер или миллиампер. Такие токи низкого уровня должны обязательно проходить заводское тестирование с целью исключения превышений допустимых ограничений. Традиционный подход, заключающийся в использовании отдельного оборудования для измерения этих токов, отнимает очень много времени. Вместо этого рассмотрим вариант использования встроенной функции выполнения измерений источника питания постоянного тока.

Поскольку такие токи холостого хода составляют лишь небольшую часть активного расхода тока тестируемым устройством, их невозможно точно измерить с помощью единого диапазона измерения, предлагаемого стандартными источниками питания постоянного тока общего назначения. Традиционно, это диктует необходимость добавления параллельного резистора большой емкости, обходного реле и специального мультиплексного канала с цифровым вольтметром с целью точного измерения тока низкого уровня. Это не только повышает сложность и приводит к возникновению проблем с надежностью системы тестирования, но также значительно увеличивает время тестирования за счет переключения параллельного резистора на измеряемый участок, подключения цифрового вольтметра, выполнения измерения, повторного переключения параллельного резистора и отключения вольтметра.

Лучший способ выполнить измерение тока низкого уровня — воспользоваться возможностями источников питания постоянного тока, имеющих встроенные дополнительные диапазоны для прямого измерения таких токов. Это не только упрощает и повышает надежность системы тестирования, но также экономит сотни миллисекунд каждый раз, когда требуется измерить ток низкого уровня, благодаря отсутствию необходимости переключать параллельный резистор и подключать/отключать цифровой вольтметр в линии тока.

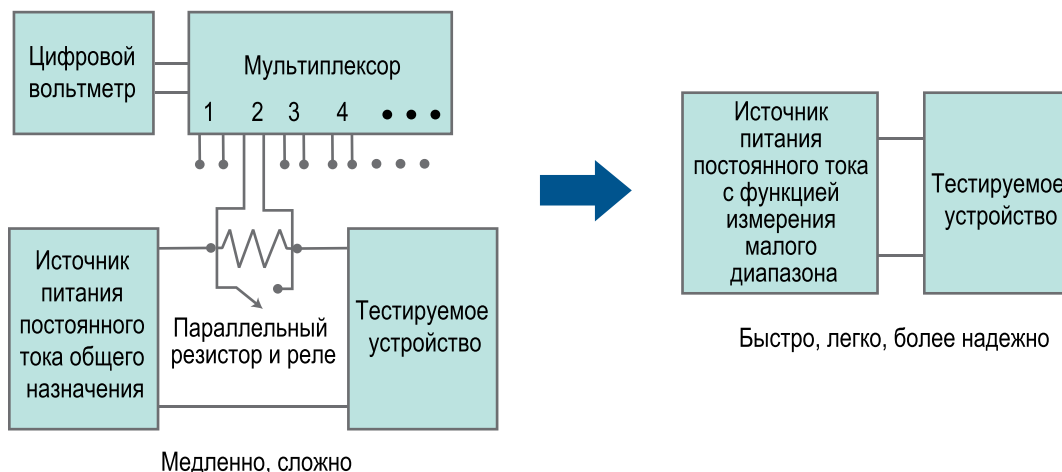


Рис. 5-1. Внешнее решение против встроенной функции измерения тока низкого уровня источника питания постоянного тока

6. Использование преимуществ бесшовного переключения диапазона измерения при мгновенных изменениях нагрузки в ходе тестирования

Указания по применению

Когда дело касается времени тестирования высокопроизводительных компонентов и устройств, каждая миллисекунда имеет значение. Использование источников питания постоянного тока с функцией бесшовного переключения диапазона измерения может значительно сэкономить время тестирования, одновременно с этим повысив эффективность и снизив расходы.

Многие компоненты и устройства тестируются при нескольких условиях напряжения питания, уровнях мощности и состояниях (сон, простой, активное). Итоговый расход тока при сочетании всех этих факторов охватывает широкий диапазон, требуя для получения точных результатов наличия нескольких диапазонов измерения.

Каждая ручная смена диапазона измерения в соответствии с конкретным уровнем тока для получения точного результата тестирования требует отправки отдельной команды на источник питания постоянного тока или иное измерительное оборудование и обработки им. Обработка и выполнение каждого изменения диапазона измерения вручную может занимать несколько миллисекунд. Для сравнения, при непрерывном выборе диапазона измерения система измерения постоянно отслеживает и применяет наиболее подходящий диапазон или даже сочетание диапазонов на основании мгновенного значения уровня тока в режиме реального времени для достижения максимальной точности. Благодаря функции бесшовного переключения диапазона измерения вам больше не потребуется менять диапазоны вручную. Такая система значительно отличается от системы измерения с автоматическим выбором диапазона, работа которой осуществляется не в режиме реального времени и занимает еще больше времени, чем изменение диапазона вручную, что обычно является недопустимым при автоматизированном тестировании.

Если для тестирования компонента или устройства при всех возможных сочетаниях условий требуется выполнить большое количество изменений диапазона, использование возможностей непрерывного выбора диапазона измерения может на несколько десятков миллисекунд сократить время тестирования. Это много, когда общее время тестирования составляет всего несколько секунд, и важна каждая миллисекунда!

Время, необходимое для выбора диапазона измерения

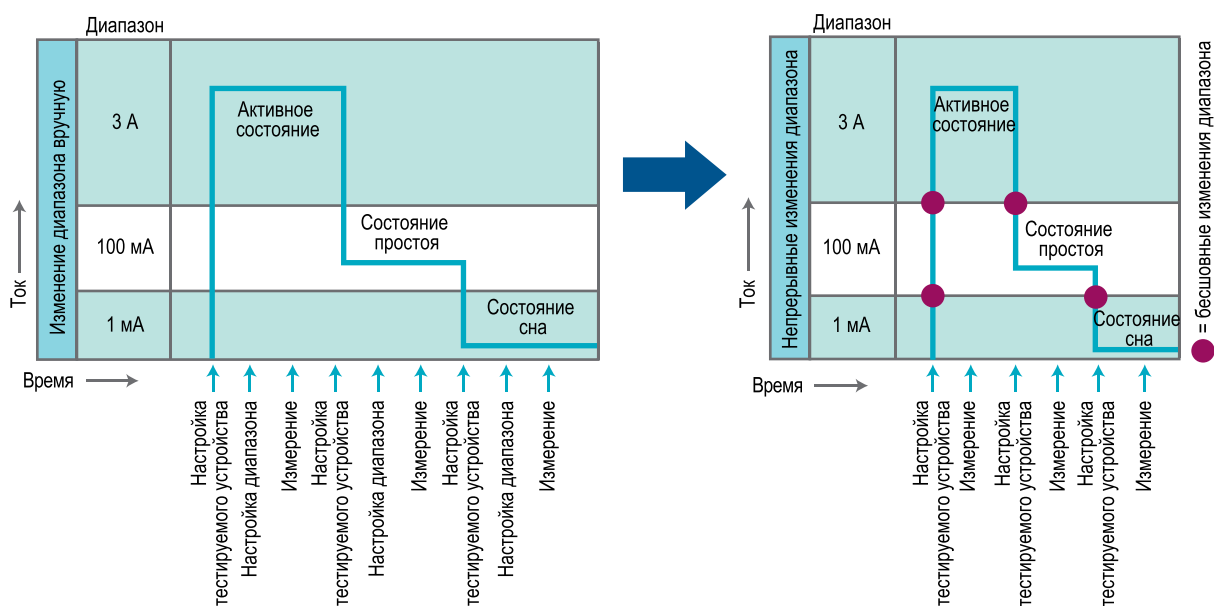


Рис. 6-1. Сравнение времени, необходимого для непрерывного выбора диапазона измерения и установки диапазона вручную

7. Использование режима списка для ускоренного изменения выходного уровня

Указания по применению

Использование источников питания, предусматривающих работу в режиме списка, может значительно уменьшить время тестирования, если требуется настроить несколько уровней напряжения (или тока) для большого количества условий тестирования в ходе последовательности тестирования для тестируемого устройства. Сокращение времени тестирования еще более выражено при тестировании устройств, требующих нескольких значений напряжения питания. Время тестирования уменьшается пропорционально количеству значений уровней напряжения, заданных для каждого из условий тестирования устройства.

При использовании традиционных источников питания, всякий раз, когда требуется изменить напряжение или ток для создания следующего условия тестирования, на каждый выход отправляется отдельная команда установки выходного уровня. Обработка каждой команды установки выходного уровня в источнике питания общего назначения может занимать вплоть до 100 мс. При изменении уровней нескольких источников питания для создания следующего условия операции, изменения выполняются последовательно, что увеличивает время обработки команды пропорционально количеству выходов источника питания, требующих изменения.

Использование режима списка обеспечивает предварительное программирование последовательности уровней напряжения или тока в источнике питания. Требуется лишь однажды ввести список. После этого он может выполняться многократно, как того требует заводское тестирование. При действии триггера перехода по списку изменение выходного уровня выполняется за считанные микросекунды для аппаратного триггерного входа, и за несколько миллисекунд (или меньше) — для триггерного входа шины. Это уменьшает количество требуемого времени по сравнению с ситуацией, в которой каждый раз отправляется команда установки уровня. Еще большей экономии при работе с несколькими выходами можно достичь, если списки для каждого выхода одновременно запускаются одним триггером, устраняя необходимость в дополнительном времени на обработку команды для каждого дополнительного выхода.

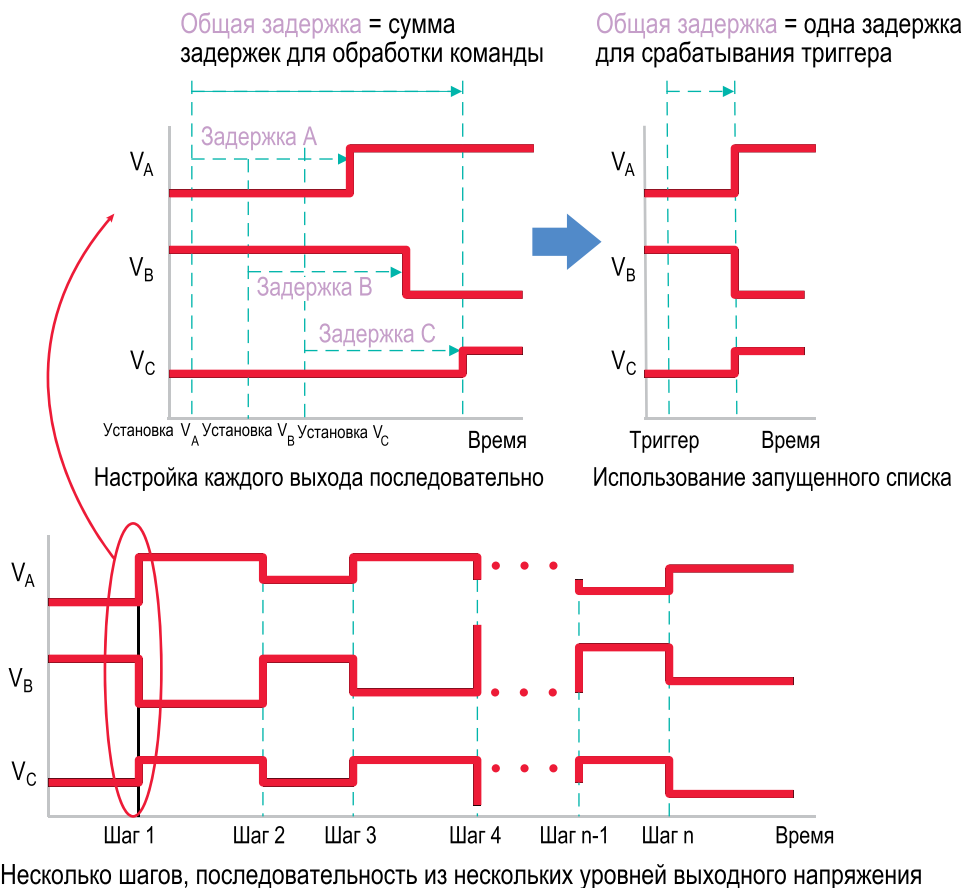


Рис. 7-1. Источник питания с функцией режима списка уменьшает время тестирования

8. Использование режима списка и триггеров для выполнения параметрических измерений с быстрой разверткой

Указания по применению

Использование функции режима списка в источнике питания постоянного тока может повысить эффективность дополнительными способами, помимо быстрого построения последовательности уровня напряжений или тока. Списки также могут создавать пусковые сигналы выхода в стратегических точках списка. Эти пусковые сигналы выхода могут использоваться для выполнения других действий, в том числе связанных с использованием внешнего оборудования. Связь через систему триггеров между инструментами устраняет необходимость в контроллере-посреднике, и это уменьшает время тестирования.

Обычной практикой является выполнение параметрических измерений вместе с цифровым мультиметром. Наглядным примером является тестирование линейности датчика тока, основанного на эффекте Холла. Здесь последовательность уровней тока дана для входа устройства, основанного на эффекте Холла, цифровой мультиметр измеряет соответствующие уровни выходного напряжения устройства.

Такие параметрические измерения при помощи качающейся частоты часто требуют нескольких сотен точек. Поддержание минимального времени развертки не только уменьшает время тестирования, повышая эффективность, но также снижает до минимума эффект нагрева, что повышает точность тестирования. Устранение потребности в контроллере системы тестирования для выполнения последовательности уровней тока в устройстве питания постоянного тока и запуска измерений соответствующего уровня напряжения цифровым мультиметром значительно уменьшает время выполнения параметрических измерений. Всю работу выполняют триггерные сигналы между источником питания постоянного тока и цифровым мультиметром. Цифровой мультиметр настроен на выполнение массива измерений, соответствующих количеству уровней тока в списке, переход по которому осуществляется при срабатывании триггеров. Список выдает сигнал на выходе триггера, чтобы цифровой мультиметр мог выполнять измерение на каждом этапе. Цифровой мультиметр, в свою очередь, выдает сигнал на выходе триггера по завершении измерений, чтобы список источника питания постоянного тока мог перейти к следующему этапу.

Использование режима списка и функций триггера, доступных в высокопроизводительных источниках питания постоянного тока, может значительно ускорить выполнение параметрических измерений, уменьшив время и повысив эффективность тестирования.

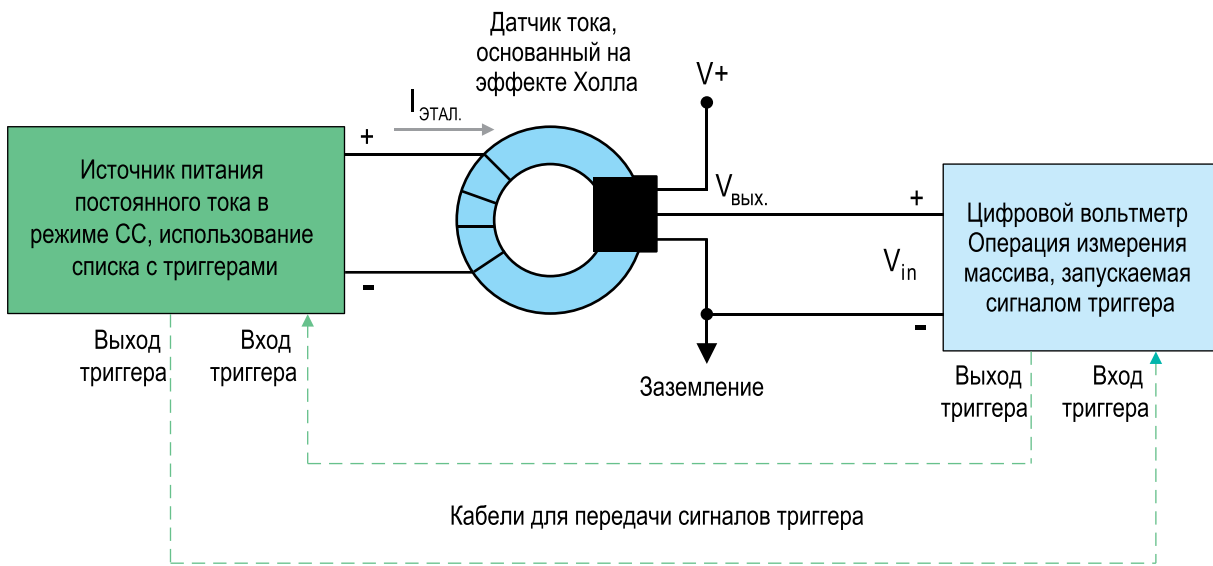


Рис. 8-1. Настройка параметрических измерений на устройстве, основанном на эффекте Холла, с целью измерения его передающих характеристик

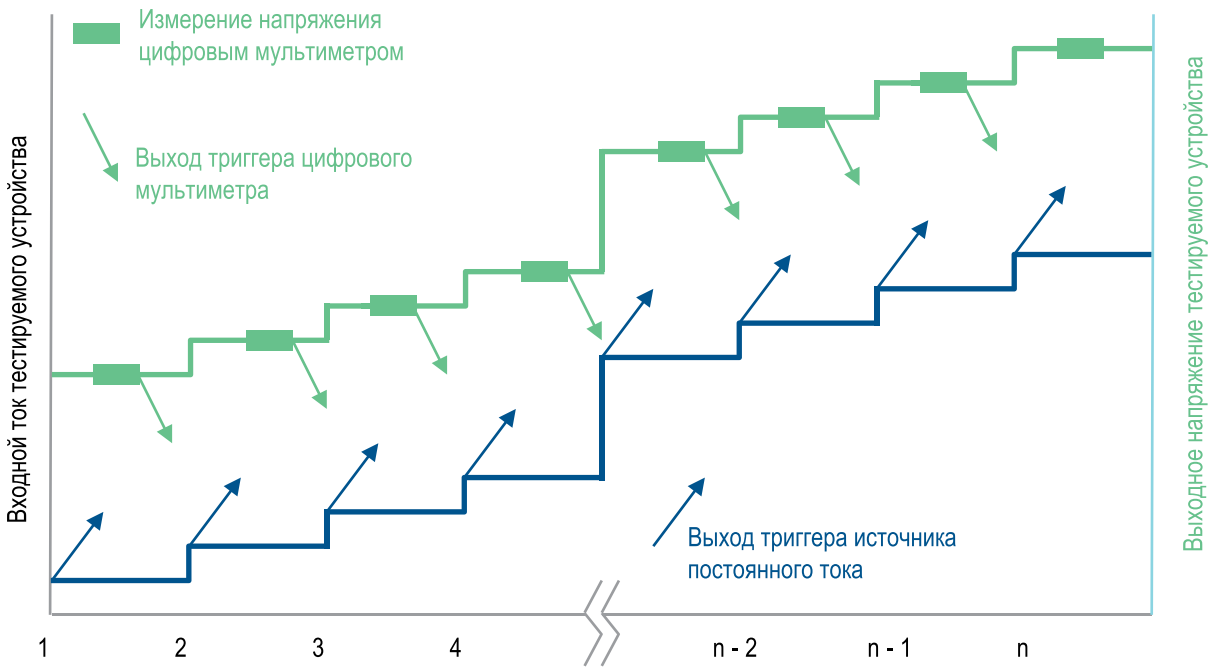


Рис. 8-2. Переход по списку источника питания постоянного тока при срабатывании триггеров с помощью цифрового мультиметра с триггерами

9. Сочетание функций генерации сигналов произвольной формы (ARB) и аналого-цифрового преобразователя для выполнения параметрических измерений со сверхбыстрой разверткой

Указания по применению

Традиционный источник/измеритель SMU может выполнять параметрические измерения с достаточно быстрой разверткой. Однако порой требуется выполнение параметрических измерений с еще более быстрой разверткой, например, когда саморазогрев тестируемого устройства или эффективность тестирования имеют критически важное значение, а при этом для получения необходимой характеристики тестируемого устройства требуется измерить сотни точек или даже больше. Благодаря использованию функции генерации сигналов произвольной формы (ARB) и аналого-цифрового преобразователя, встроенных в отдельные источники питания постоянного тока, параметрические измерения могут выполняться с рекордными скоростями.

Для выполнения параметрического измерения традиционный источник/измеритель SMU использует повторяющуюся последовательность действий «источник-задержка-измерение». По сути, это можно сравнить с рекомендацией по использованию режима списка и триггеров для быстрого выполнения параметрических измерений. Источники/измерители SMU с более высокой производительностью имеют скорость развертки измерений порядка 20 000 опросов/с.

Более быстрой альтернативой является инициация подходящего выходного напряжения или текущей формы волны ARB с одновременной инициацией измерения соответствующего зависимого параметра с приемлемой частотой выборки и представлением результатов в виде оцифрованного массива измерений. При отсутствии необходимости по отдельности синхронизировать каждое событие «источник-задержка-измерение», скорость измерения может достигать максимальной частоты выборки аналого-цифрового преобразователя. Вариацией данного подхода является использование функции регистрации данных источника питания постоянного тока вместо функции аналого-цифрового преобразователя, если она доступна. Это дает возможность интегрировать измерение с большим временем апертюры, но, соответственно, и занимает больше времени.

На рисунке показано инициирование генерации сигнала произвольной формы при линейном изменении тока (1,2 А, 1,2 мс) с одновременной выборкой тока и напряжения со скоростью 100 000 опросов/с для получения характеристики прямого напряжения сверхъяркого светодиодного устройства (HBLED). Благодаря существенному уменьшению времени тестирования снижен до минимума уход напряжения HBLED в результате роста температуры вследствие саморазогрева.

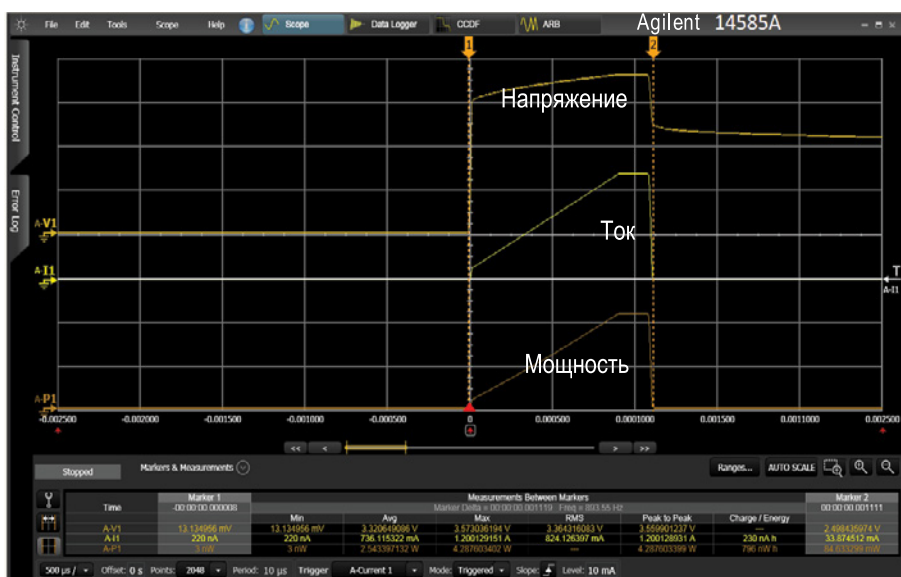


Рис. 9-1. Быстрая проверка прямого напряжения наклонного тока HBLED

10. Использование функции подсистемы состояния для уменьшения времени тестирования

Указания по применению

Выполнение некоторых операций источника питания занимает ощутимо больше времени, чем других, например:

- Включение выхода
- Инициализация запущенного триггером измерения
- Инициализация запущенного триггером переходного процесса

При разработке программ в них можно включать операторы ожидания с длительной фиксацией, чтобы гарантировать выполнение описанных выше операций перед продолжением. Однако это легко может привести к добавлению нескольких десятков миллисекунд (или больше) ожидания и увеличению общего времени тестирования. Лучше воспользоваться функциями подсистемы состояния источника питания постоянного тока, которая устраняет нежелательное излишнее ожидание выполнения операций, примеры которых приведены выше.

Включение выхода источника питания постоянного тока может занять несколько десятков миллисекунд. Этот процесс может занять еще больше времени, если выход имеет встроенное реле механического отключения. Вместо использования фиксированного оператора ожидания после команды OUTPUT ON (ВКЛЮЧИТЬ ВЫХОД) дайте команду подсистемы состояния *WAI. Это даст источнику питания постоянного тока системы указание не обрабатывать дальнейшие команды до завершения всех ожидающих операций, в данном случае, операции включения выхода. Этот подход обеспечит продолжение выполнения программы тестирования сразу после завершения операции включения выхода без нежелательного дополнительного ожидания.

Запущенные по триггеру измерения и генерация произвольного выходного сигнала источника могут значительно ускорить тестирование, выполнив действия, четко синхронизированные с остальными. Однако эти события не имеют заранее заданного времени, необходимого для их инициализации. Вместо использования фиксированной задержки программирования после операции инициализации лучше воспользоваться реестром группы рабочих состояний в подсистеме состояний. Бит WTG meas (№3) или WTG trans bit (№4) в реестре условий может отслеживаться с помощью петли в программе тестирования, которая позволяет видеть, когда они принимают значение «Истина». В момент, когда событие измерения или определения источника выхода будет инициировано и готово для триггера, программа тестирования продолжит выполняться без дополнительного ожидания.

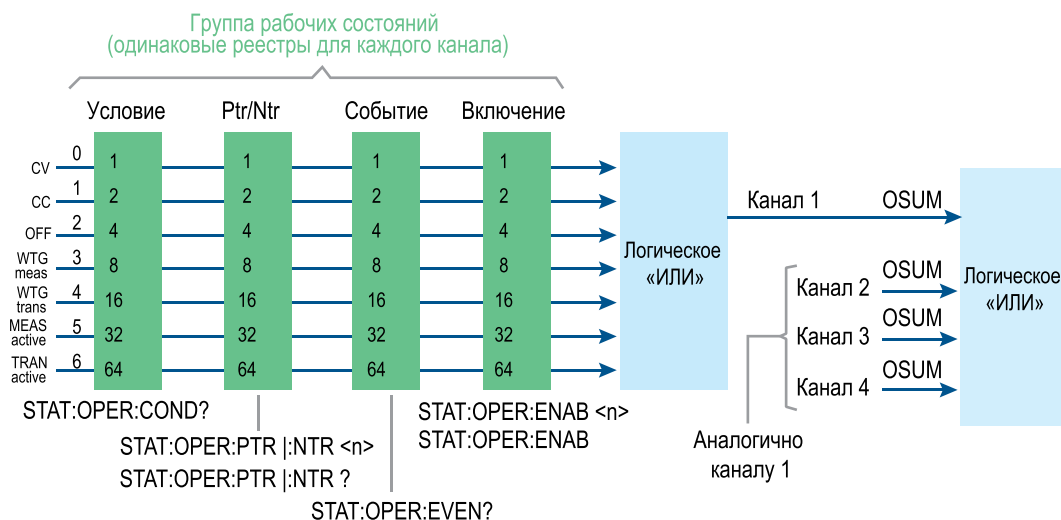


Рис. 10-1. Группа рабочих состояний системы питания постоянного тока Keysight серии N6700

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированное отображение интересующей вас информации



www.lxistandard.org

LXI является преемником шины GPIB. Построенная на базе стандарта локальной сети (LAN), LXI обеспечивает более высокое быстродействие и более эффективные возможности подключения. Компания Keysight является членом учредителем консорциума LXI.

Three-Year Warranty

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

Keysight обеспечивает высочайшее качество продукции и снижение общей стоимости владения. Единственный производитель контрольно- измерительного оборудования, который предлагает стандартную трехлетнюю гарантию на все свое оборудование.



Keysight Assurance Plans

www.keysight.com/find/AssurancePlans

До пяти лет поддержки без непредвиденных расходов гарантируют, что ваше оборудование будет работать в соответствии с заявленной производителем спецификацией, а вы будете уверены в точности своих измерений.



www.keysight.com/quality

Keysight Technologies, Inc.

DEKRA Certified ISO 9001:2008

Quality Management System

Торговые партнёры Keysight

Keysight Channel Partners

www.keysight.com/find/channelpartners

Лучшее из двух миров: глубокие профессиональные знания в области измерительной техники и широкая номенклатура выпускаемой продукции компании Keysight в сочетании с удобствами, предоставляемыми торговыми партнёрами.

ATCA®, AdvancedTCA®, and the ATCA logo are registered US trademarks of the PCI Industrial Computer Manufacturers Group.

www.keysight.com/find/power

www.keysight.com/find/APS

Российское отделение

Keysight Technologies

115054, Москва,

Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954

8 800 500 9286 (звонок по России
бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр

Keysight Technologies в России

115054, Москва,

Космодамианская наб, 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

e-mail: tmo_russia@keysight.com

(BP-16-10-14)