

# Оптимизация времени работы портативных устройств от батареи

## на примере беспроводных медицинских датчиков

Майк Хоуз (Mike Hawes)

Не так давно изготовители медицинского оборудования пережили взрывной рост числа мобильных и беспроводных медицинских приборов. Согласно отчетам, ежегодный совокупный рост оборудования для мониторинга состояния пациентов достиг 23% (CAGR) (2007–2011 гг.), и если прогресс сохранится, то к 2016 году суммарная стоимость такого оборудования достигнет \$20 млрд (Kalorama Information; июль 2012 г.). В то же время Ассоциация содействия развитию медицинской техники (AAMI) определила проблему управления автономным питанием как одну из десяти наиболее важных для биомедицинских отделов лечебных учреждений. Для решения этих проблем Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA) провело семинар «Медицинские приборы с автономным питанием: проблемы и возможности», чтобы привлечь внимание к данным вопросам и совместно определить направления непрерывного повышения надежности таких устройств. Одна из целей состоявшегося семинара — продвижение передовых методов проектирования, изготовления, тестирования, интеграции, обслуживания и стандартизации медицинского оборудования с автономным питанием. Отрасль уже готова к принятию новых методов анализа энергопотребления медицинских приборов с автономным питанием (МПАП).

### Проблемы традиционных методов тестирования

Распространенный метод анализа энергопотребления МПАП требует применения нескольких измерительных приборов и дополнительных внешних цепей. Как пра-

вило, для выполнения измерений используются осциллограф, цифровой мультиметр или дигитайзер (обычно двухканальный для измерения напряжения и тока), источник питания и/или аккумулятор для питания медицинского прибора и необходимые шунты для измерения тока. При этом нужно разработать методы управления медицинским прибором (для проверки в разных режимах работы) и контрольно-измерительным оборудованием (для сбора и анализа данных — значений тока, напряжения и мощности). Это можно делать вручную или полуавтоматически, подключив приборы к компьютеру и написав программу, управляющую ходом испытаний. В результате обычно создается несколько файлов с графиками напряжения и тока для разных режимов эксплуатации устройства. Затем следует обработать эти данные и определить потребляемую мощность (ток с учетом напряжения) в каждом режиме функционирования МПАП (рис. 1).

К сожалению, информация, которую можно получить с помощью такого метода, весьма ограничена. В связи с конечным динамическим диапазоном осциллографов, дигитайзеров и большинства цифровых мультиметров (от 8 до 21 разряда), для измерения пиковых значений тока (от сотен миллиампер до единиц ампер) и токов спящего режима (несколько микроампер) приходится применять разные шунты. Но при этом ускользает очень важная информация о переходе из спящего режима к пиковому потреблению. Кроме того, потребляемый ток МПАП может носить динамический характер, что дополнительно усложняет измерения. В итоге упрощенная информация о потребляемой мощности не позволяет понять, как нужно изменить конструкцию устройства МПАП, чтобы повысить его надежность и увеличить время работы от батареи.

### Интегрированное решение

Ценность интегрированного решения не ограничивается простой экономией времени и средств на сборку собственной измерительной системы. Решения, нацеленные на устранение упомянутых выше контрольно-измерительных проблем, избавляют вас от рутинной работы, такой как сборка схемы измерения из нескольких приборов и написание управляющих программ. Вместо этого вы можете уделить больше времени анализу результатов и поиску решений, направленных на повышение надежности и энергетической эффективности МПАП.

Для измерения и анализа энергопотребления МПАП новый метод использует несколько разных измерительных приборов. В современную эпоху стандартным из-



Рис. 1. Традиционная схема измерения тока в спящем режиме

мерительным прибором стал источник питания/измеритель (ИПИ), создающий идеальную основу для измерения энергопотребления. Он может работать в качестве источника напряжения или тока и одновременно измерять ток и напряжение. Поскольку ИПИ знает подаваемое напряжение и ток, он может рассчитать мощность без дополнительного оборудования. Если номинальной мощности ИПИ достаточно для питания исследуемого устройства, он может заменить источник питания, необходимый в традиционных методах. Кроме того, этот прибор измеряет ток без внешних шунтов. А комбинация этой измерительной функции с функцией регистратора данных позволяет строить зависимость напряжения, тока и мощности от времени. Причем в процессе регистрации можно не только переключать МПАП в разные рабочие режимы, но и рассчитывать емкость батареи в ампер-часах (А·ч). Основанное на ИПИ решение существенно упрощает схему измерения и анализа энергопотребления МПАП. Например, впервые в мире нам удалось измерить сигнал в беспроводной системе мониторинга кровяного давления (рис. 2). Измерительный цикл состоит из следующих этапов:

- Исходный спящий режим.
- Нажатие кнопки «User 1» запускает измерение кровяного давления.
- Накачка манжеты.
- Измерение давления.
- Передача информации для установки соединения Wi-Fi\_33.
- Модуль Wi-Fi передает информацию об измеренном давлении в Интернет.
- Отображение результатов измерения.
- Возврат в спящий режим.

Маркеры установлены так, чтобы захватить информацию во всем цикле измерения. Пиковый ток (во время работы компрессора) равнялся 619 мА. Энергопотребление от батареи за один цикл составило 2,37 мА·ч.

Недавно был создан уникальный ИПИ с разрешением амперметра 28 разрядов. Столь широкий динамический диапазон позволяет измерять броски тока до 3 А и токи в спящем режиме в десятки микроампер с разрешением в десятки и сотни наноампер за один цикл измерения (рис. 3а). Такой динамический диапазон достигается за счет безразрывного переключения между тремя измерительными диапазонами ИПИ. Традиционная функция автоматического выбора диапазона, широко применяемая в цифровых мультиметрах, переключает входной делитель, что может вызвать переходные процессы в измерительной схеме. Ясно, что это искажает реальную картину энергопотребления МПАП. Безразрывная смена диапазонов не создает переходных бросков. Кроме того, большинство приборов с функцией автоматического выбора диапазона не обладает достаточной скоростью для обнаружения коротких импульсов энергопотребления, и, следовательно, этот импульс окажется за пределами текущего диапазона и будет пропущен. Если для регистрации пикового тока и тока спящего режима применяется только один диапазон (например, диапазон 1 В с шунтом 1 Ом для монитора кровяного давления), то измеренное значение тока спящего режима утонет в собственных шумах

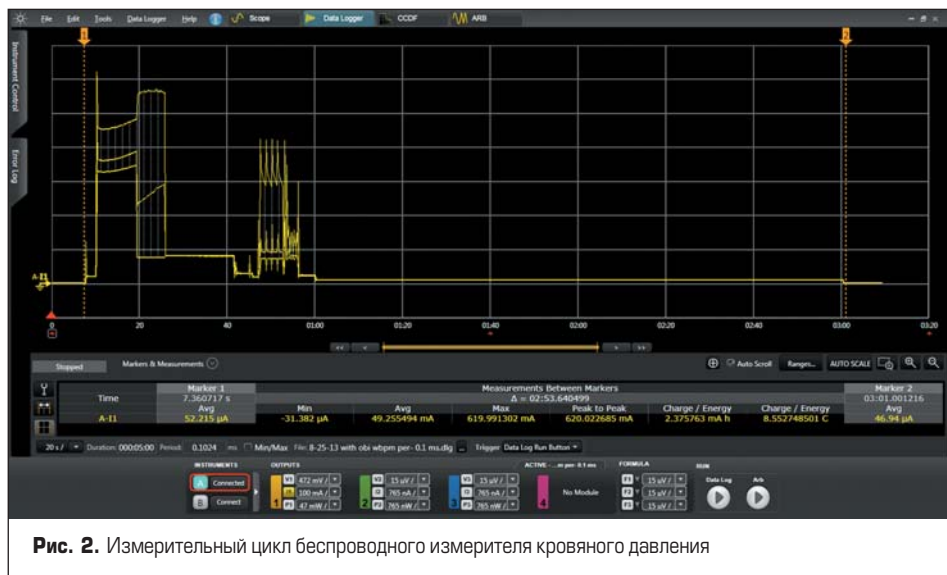


Рис. 2. Измерительный цикл беспроводного измерителя кровяного давления

АЦП (приблизительно 30 мкА) (рис. 3б). В отличие от традиционного метода, новый подход позволяет точно измерять динамические пере-

ходные процессы (включение привода, выходного каскада радиопередатчика), помогая оценить их влияние на время работы батареи.

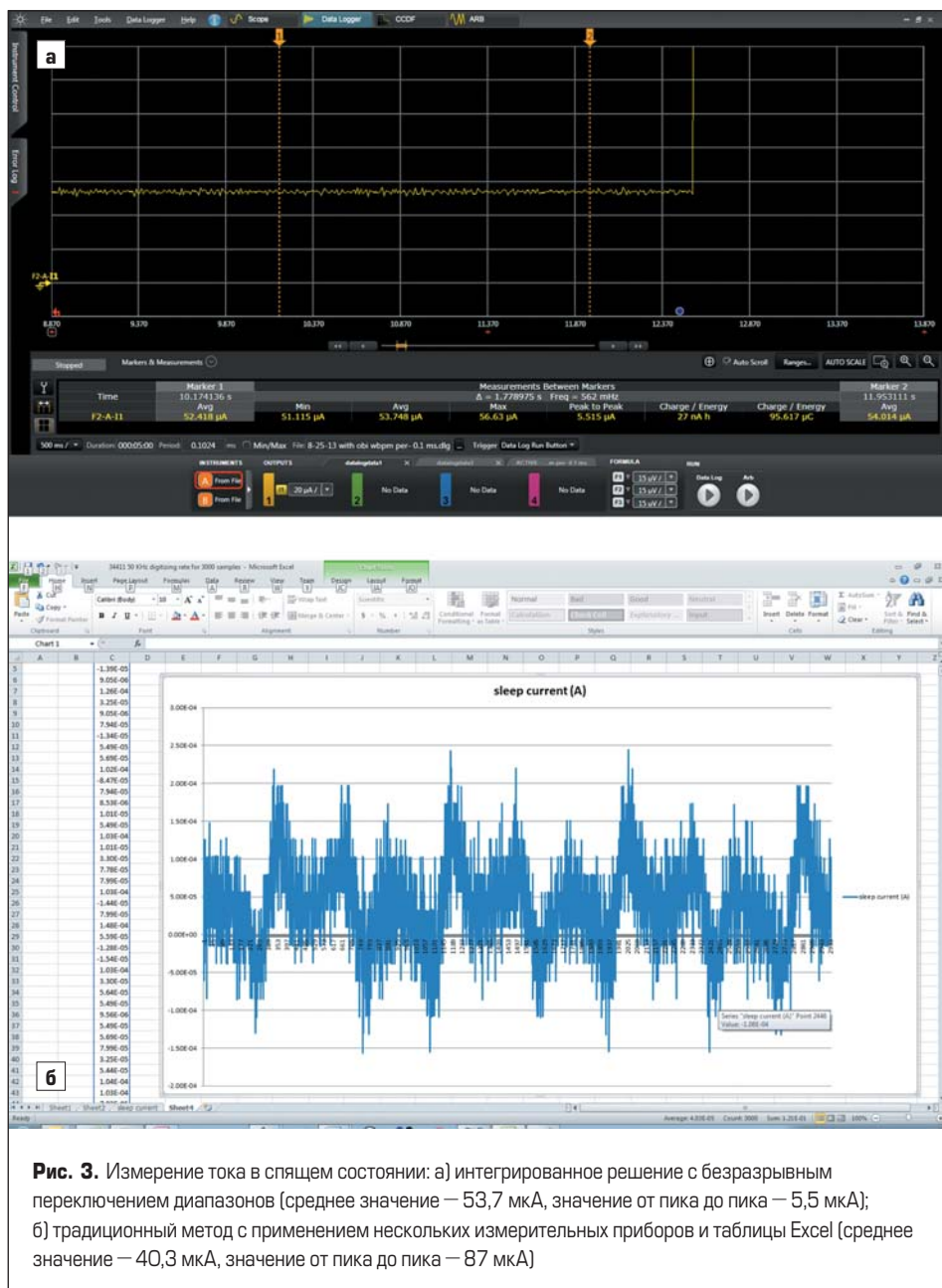


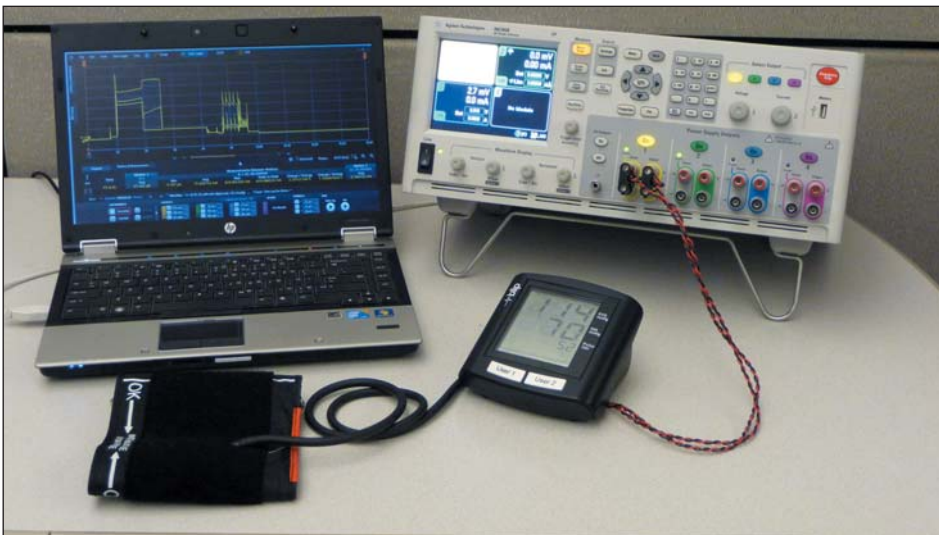
Рис. 3. Измерение тока в спящем состоянии: а) интегрированное решение с безразрывным переключением диапазонов (среднее значение — 53,7 мкА, значение от пика до пика — 5,5 мкА); б) традиционный метод с применением нескольких измерительных приборов и таблицы Excel (среднее значение — 40,3 мкА, значение от пика до пика — 87 мкА)





**Рис. 4.** Комплементарная интегральная функция распределения: 1) ток спящего режима; 2) ток при отображении результатов измерения давления; 3) ток во время измерения кровяного давления; 4) пиковый ток компрессора. Маркеры показывают, что в течение 7,7% от длины записи потреблено более 100 мАс.

линия CCDF возле 690 мА сдвинется по горизонтали, это будет свидетельствовать об изменении пикового тока. Аналогичным образом, если линия CCDF возле 30% сдвинется по вертикали, это будет свидетельствовать об изменении процента времени, в течение которого измеритель давления отображал измеренное значение. Функция CCDF позволяет по-новому взглянуть на схему и понять, в каком режиме и в течение какого времени она потребляет больше тока, что дает возможность сосредоточиться на улучшении частей схемы, потребляющих максимальный ток. Сравнивая кривые CCDF для разных вариантов схемы, можно быстро проверить достигнутую эффективность. Кроме того, функцию CCDF можно использовать для сравнения разного оборудования и версий микропрограммного обеспечения, что позволяет документировать влияние изменений на мощность, потребляемую МПАП. Функция CCDF является надежным и достоверным показателем для оптимизации мощности, потребляемой МПАП.



**Рис. 5.** Решение компании Keysight для измерения тока, потребляемого от батарей, и первая в мире система измерения кровяного давления с беспроводным интерфейсом

**Заключение**

С ростом многообразия и числа медицинских приборов возникает потребность в лучшем понимании и оптимизации времени работы батареи в МПАП. Традиционный метод оценки энергопотребления сталкивается с определенными трудностями при измерении динамических и переходных процессов в цепях питания, а также дает недостаточно информации о том, куда нужно направить основные усилия по оптимизации времени работы батареи в МПАП. Новый интегрированный подход позволяет не тратить долгие недели на разработку системы для измерения энергопотребления МПАП. Благодаря развитию технологии ИПИ с безразрывным переключением диапазонов и новой потребности в анализе конструкции (функции CCDF) появилась возможность более простой и надежной оптимизации времени работы батареи МПАП. Для выполнения процессов, показанных на рис. 2–4, использовалось решение компании Keysight для измерения тока, потребляемого от батарей, которое состоит из анализатора источников питания постоянного тока N6705B, источника питания/измерителя N6781A с безразрывным переключением диапазонов и ПО управления и анализа 14585A (рис. 5).

Для всестороннего анализа энергопотребления МПАП можно использовать комплементарную интегральную функцию распределения (CCDF), которая очень полезна для определения тока, по-

требляемого в определенном процентном фрагменте одной записи (рис. 4). Здесь по оси X отложен логарифм тока, а по оси Y — логарифм «% времени» в процессе регистрации. Так что если