

Разработка IoT-устройств медицинского назначения с автономным питанием

По данным, приведенным в глобальном прогнозе развития рынка медицинских устройств Интернета вещей (IoT-устройств) до 2020 года, ожидается, что количество IoT-устройств, таких как импланты (например кардиостимуляторы) и носимые внешние устройства (например инсулиновые инъекторы), в период с 2015 по 2020 год возрастет на 30 %. Это связано со снижением стоимости RFID-меток и датчиков, увеличением спроса на персональное медицинское обслуживание и фитнес-мониторинг, а также увеличением числа пациентов с болезнями, вызванными неправильным образом жизни, которым требуются медицинские услуги в режиме реального времени. Понимание характера энергопотребления и требований к сроку службы батарей устройств медицинского назначения является ключом к качественной проработке всех деталей конструкции IoT-устройств данного класса с автономным питанием.

Разработка IoT-устройств медицинского назначения с автономным питанием

По данным, приведенным в глобальном прогнозе развития рынка медицинских устройств Интернета вещей (IoT-устройств) до 2020 года, ожидается, что количество IoT-устройств, таких как импланты (например кардиостимуляторы) и носимые внешние устройства (например инсулиновые инъекторы), в период с 2015 по 2020 год возрастет на 30 %. Это связано со снижением стоимости RFID-меток и датчиков, увеличением спроса на персональное медицинское обслуживание и фитнес-мониторинг, а также увеличением числа пациентов с болезнями, вызванными неправильным образом жизни, которым требуются медицинские услуги в режиме реального времени. Понимание характера энергопотребления и требований к сроку службы батарей устройств медицинского назначения является ключом к качественной проработке всех деталей конструкции IoT-устройств с автономным питанием данного класса.

Ках-Мэн Чу, менеджер по отраслевым решениям в сфере медицины, Keysight Technologies, Inc

Эти категории устройств имеют некоторые общие черты: малая потребляемая мощность, питание от батареи, компактный форм-фактор, мобильность и способность поддерживать одно или несколько беспроводных подключений. Основное энергопотребление высокопроизводительных устройств приходится на дисплей, процессор и модули беспроводной передачи данных. Такие устройства комплектуются несколькими интерфейсами беспроводной связи и должны быть подключены к сети. Таким образом, в зависимости от ожидаемой продолжительности автономной работы устройства последствия его отказа для пациента могут быть самыми разными - от простого дискомфорта до угрозы жизни (например, в случае отказа батареи кардиостимулятора). Вот почему при разработке IoT-устройств медицинского назначения с автономным питанием очень важно иметь полную и всестороннюю информацию о характере их энергопотребления.

А. Тестирование срока автономной работы устройства от аккумуляторной батареи

Срок автономной работы – это основной показатель качества и долговечности аккумуляторной батареи, который может быть выражен несколькими способами: через продолжительность работы при полном заряде, которая определяется емкостью батареи (в мА·ч), или через количество циклов заряда-разряда до конца срока службы.

Продолжительность работы при полном заряде определяется путем натуральных испытаний. Батарею заряжают до полной емкости, ставят под реальную нагрузку и измеряют время до момента, когда напряжение упадет до порогового уровня, соответствующего разряженному состоянию. Полученное время и называют «срок работы». Приведем четыре ключевых фактора, которые следует принимать в расчет. Во-первых, разброс параметров батарей. Даже если у батарей один производитель, они, скорее всего, не будут одинаковыми. Их параметры будут варьироваться в зависимости от производственной партии или участка производства. В связи с этим тестирование срока автономной работы устройства рекомендуется проводить несколько раз с разными батареями. Второй фактор – условия зарядки батареи. Если батарея старая или заряжена не полностью, то это окажет влияние на результаты испытаний. Всегда используйте для этих целей новые аккумуляторные батареи и убедитесь, что они заряжены полностью. Для этого проведите несколько циклов заряда-разряда с использованием специального зарядного устройства, имеющего такую функцию. В-третьих, это режим

эксплуатации устройства. В разных режимах потребление тока будет отличаться. Следовательно, процедура испытаний должна рассматривать различные режимы работы устройства как варьирующиеся параметры, значения которых остаются постоянными только в рамках одного цикла испытаний. И наконец, как вы узнаете, когда устройство перестало работать или когда аккумулятор полностью разряжен? Некоторые устройства имеют светодиодные индикаторы, сигнализирующие о низком напряжении батареи. Разработчики могут полагаться на светодиодный индикатор. Однако, как быть с устройствами, которые не имеют такого, например, кардиостимуляторы? Рекомендуется установить порог напряжения, после которого устройство считается неработоспособным ввиду неизбежного недостатка питания.

Использование источников питания для имитации батареи

Некоторые разработчики для имитации питания от батареи в ходе испытаний устройств на продолжительность автономной работы используют источники питания. Такой метод неточен и не представляет практической ценности, внося в результаты испытаний множество погрешностей и дополнительных переменных. Источники питания для этих целей неприменимы, поскольку они никогда не будут иметь такой же характеристики разряда, как батарея. Однако, для имитации питания от батареи можно использовать специализированный источник питания с управляемым выходным сопротивлением и превосходной переходной характеристикой при скачках тока. Подобную имитацию в ходе испытаний на продолжительность автономной работы выполнить сложно, поскольку выходное напряжение источника питания должно уменьшаться по мере предполагаемого разряда аккумулятора на нагрузку в виде питаемого устройства. Сбор данных для такой имитации займет немало времени, а результат будет сомнителен. Имитация питания от батареи не то же самое, что питание от реальной батареи в ходе испытаний. До тех пор, пока не будет получена более реалистичная имитационная модель, предпочтительным методом будут оставаться испытания с использованием реальной батареи.



Рисунок 1

Анализаторы параметров саморазряда BT2152A и программное обеспечение для измерений параметров саморазряда BT2191A позволяют значительно сократить время измерения саморазряда литий-ионных аккумуляторных батарей.

Решение для оценки срока автономной работы устройства

Решения компании Keysight для измерений параметров саморазряда аккумуляторных батарей включают анализаторы параметров саморазряда BT2152A и программное обеспечение для измерений параметров саморазряда BT2191A (рисунок 1). Данный тип приборов обеспечивает революционное сокращение времени измерений и всестороннего исследования параметров саморазряда литий-ионных аккумуляторных батарей, позволяя непосредственно измерять средний ток саморазряда за 1-2 часа, а не за недели или месяцы, которые потребуются для разряда аккумулятора на холостом ходу. Сокращение времени измерений и анализа токов саморазряда при контроле качества аккумуляторных батарей уменьшает продолжительность цикла разработки и ускоряет вывод продукта на рынок.

Характер энергопотребления устройства

Для производителей устройств медицинского назначения крайне важно понимать характер энергопотребления устройства в целом и каждого его элемента в отдельности. Сочетание в одном устройстве возможностей беспроводного подключения, высокоскоростной цифровой обработки данных и мониторинга в реальном времени требует понимания и точного измерения токов утечки батареи. Долгие периоды пребывания в режиме ожидания (бездействия), переход в активное состояние и нахождение в нем, а также отправка радиочастотных пакетных передач обуславливают жесткий характер энергопотребления и расходования ресурса батареи.

Пугающая перспектива хирургического вмешательства для замены исчерпавшей свой ресурс батареи импланта подчеркивает, насколько важны точные измерения токов утечки батареи для повышения энергоэффективности и сроков службы автономных устройств медицинского назначения.

Для лучшего понимания характера энергопотребления отдельных компонентов, интегральных схем (ИС) или устройства в целом следует принимать во внимание следующие факторы:

- Широкий диапазон значений потребляемых токов – многие устройства проводят большую часть времени в режиме ожидания или сна и переходят в активный режим на короткие промежутки времени для отправки или приема данных. В активном режиме устройства может потреблять сотни миллиампер, а в режиме ожидания – единицы микроампер. В связи с этим одной из основных задач становится обеспечение возможности выполнения измерений в диапазоне токов потребления от максимального до минимального с соотношением 1 000 000 к 1.
- Быстрые переходные эффекты – для уменьшения энергопотребления устройства часто включаются и выключаются. В результате возникают кратковременные скачки тока потребления, вызванные быстрыми переходными процессами, которые могут привести к ускоренному разряду батареи, если их не выявить.

- Низкая мощность – основная задача при разработке таких устройств состоит в минимизации тока потребления, который гарантирует непрерывную работу в течение многих часов от встроенных компактных батарей.
- Продолжительное время работы – подобные устройства должны выполнять свои функции на протяжении часов, дней или даже нескольких лет без подзарядки (например, кардиостимулятор должен непрерывно работать не менее 15 лет).

Цифровой мультиметр, оцифровщик или осциллограф?

Для измерения напряжений и токов, протекающих через батарею и устройство, разработчикам требуются:

- цифровой мультиметр
- регистратор данных или оцифровщик
- осциллограф

Измерения напряжения батареи менее важны, чем измерения тока. Для получения зависимости уменьшающегося при разряде напряжения аккумулятора достаточно обычного цифрового мультиметра или АЦП. Однако, чтобы фиксировать все изменения тока потребления потребуются более быстрый АЦП. Цифровой мультиметр не обладает достаточным быстродействием для фиксации быстрых изменений формы сигнала тока. Кроме того, цифровой мультиметр сам по себе является нагрузкой для аккумулятора при измерениях в режиме амперметра, поскольку ток измеряется как падение напряжения на встроенном в мультиметр калиброванном шунте. Это уменьшает напряжение, поступающее на исследуемое устройство, и приводит к расхождению величин общего падения напряжения на цепи устройство-мультиметр и на устройстве в отдельности до сотен милливольт.

Оцифровщик в данном случае – хороший выбор, поскольку он позволяет измерять параметры быстро изменяющихся сигналов на продолжительном промежутке времени и имеет достаточную полосу пропускания для фиксации любых быстрых изменений формы сигнала. Однако, проблема АЦП состоит в выборе правильного номинала шунта для измерений тока, поскольку он тоже не измеряет ток напрямую! Правильный выбор шунтов осложняется широким динамическим диапазоном измеряемых токов, а шунты придется подбирать и переключать в диапазоне от микроампер до единиц ампер. Если выбран номинал шунта, позволяющий измерять малые токи, то на нем будет иметь место значительное падение напряжения, а значит, упадет напряжение на испытуемом устройстве, что влечет за собой существенные погрешности измерений малых токов, поскольку фиксируемое АЦП потребление тока будет отличаться от реальных условий нагрузки. Таким образом, при подобных измерениях встает вопрос компромисса между падением напряжения и измерением малых токов.

Наилучшим выбором является осциллограф: он позволяет измерять и отображать формы сигналов и токов, и напряжений, поскольку имеет широкую полосу пропускания для измерений динамических токов и высокое быстродействие. Осциллограф имеет хорошую временную корреляцию с цифровой шиной

4.0 Развитие медицинских технологий

и различные функции запуска для точного захвата сигнала. Однако, остается актуальной все та же проблема, что и в случае с АЦП, – выбор шунта для качественных измерений малых токов. Высокочувствительные токовые пробники, способные обеспечить измерения токов от 50 мкА до 5 А, позволяют инженерам наблюдать как большие сигналы, так и мельчайшие детали быстроизменяющихся сигналов с одним лишь ограничением – малым интервалом времени измерений.

Решение для исследований характера энергопотребления

На уровне модулей: анализатор токов утечки аккумуляторных батарей N6781A и программное обеспечение для управления процессами измерений и анализа результатов 14585A компании Keysight (рисунок 2) позволяют проводить испытания на продолжительность времени автономной работы устройств с питанием от батареи и токами потребления до 3 А. Уникальная возможность N6781A, обеспечивающая возможность бесшовной смены диапазонов измерений, позволяет мгновенно и автоматически переключать диапазоны измерений и выполнять измерения токов потребления от единиц микроампер до единиц ампер без потерь данных при переключении. Это как раз то, что нужно для проведения испытаний на продолжительность времени автономной работы.

На уровне интегральных схем внутри модулей:

для измерений малых токов потребления на уровне ИС используются анализаторы формы сигналов тока серии CX3300 компании Keysight (рисунок 3). Анализаторы формы сигналов тока – новый класс измерительных приборов, которые будут полезны для разработчиков маломощных IoT-устройств. Они обеспечивают наибольшую детализацию результатов измерений формы сигналов малых токов, достичь которой ранее еще не удавалось, как по амплитуде (от 100 нА до 10 А), так и по времени (полоса пропускания 140 МГц и частота дискретизации 1 ГГц).

Биография автора:

Ках-Мэн (Kah-Meng) начал свою трудовую карьеру в компании Agilent Technologies в 2006 году. Более 11 лет Ках-Мэн работает в компании Keysight в департаменте приборов общего назначения, измерителей мощности и аудиоанализаторов. Ках-Мэн отвечает за внедрение измерительных решений компании Keysight в сфере здравоохранения, изучая потребности заказчиков и тенденции развития отрасли, а также разрабатывая планы, направленные на удовлетворение будущих потребностей заказчиков. Ках-Мэн имеет степень бакалавра в области материаловедения и магистра в области физики твердых тел, полученные в Университете Малайзии в Пенанге, Малайзия.

www.keysight.ru



Рисунок 2

Анализатор токов утечки аккумуляторных батарей N6781A и программное обеспечение для управления процессами измерений и анализа результатов 14585A являются готовым решением для тестирования срока автономной работы устройств.



Рисунок 3

Анализатор формы сигналов тока CX3324A позволяет наблюдать ранее скрытые детали формы сигналов.

Эта статья была первоначально опубликована в журнале RTC Real World Connected Systems Magazine в августе 2017 года. Данное переиздание опубликовано с разрешения RTC Media Publications.

Подробности на сайте www.keysight.com

Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте www.keysight.com/find/contactus

