

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ ТЕХНОЛОГИИ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»



Сегодня благодаря достижению все более высоких технических характеристик и возможности предоставить большую гибкость в функционировании наблюдается широкомасштабное распространение технологии, получившей название «Интернет вещей» (англ. Internet of Things, IoT). Это происходит в связи с наличием в ней основополагающего фактора — сетевой взаимосвязи устройств, и касается буквально всех рыночных сегментов и конечных приложений. Фактически, по оценкам аналитиков из исследовательской и консалтинговой компании Gartner, специализирующейся на рынках информационных технологий, к 2020 году будут активно использоваться 20,8 млрд IoT-решений [1].

Что же касается непосредственных разработчиков IoT-устройств, рынок требует от них создания все более миниатюрных модулей. Причем модулей, которые одновременно с низким собственным энергопотреблением должны иметь высокую надежность и, следовательно, продолжительный

срок эксплуатации и, как правило, возможность измерять физические условия окружающей среды, в частности температуру, влажность и уровень вибрации. Чтобы помочь разработчикам максимально удовлетворить требования этой развивающейся отрасли, поставщики электронных компонентов постоянно предлагают новые наборы микросхем, или, как их уже привычно называют, чипсеты, предназначенные для реализации конкретных электрических и механических параметров устройств технологии «Интернета вещей». Однако сами по себе чипсеты не решают все проблемы.

При проектировании с помощью таких чипсетов, предназначенных для IoT-устройств, особое внимание их поставщики уделяют организации питания решений. Это касается не только самих источников питания, но и общего потребления энергии. И если при правильном выборе интегральных микросхем (ИС) IoT-модули могут иметь в активном режиме уровень энергопотребления порядка 6 мА, то уровни энергопотребления в режиме ожидания находятся уже



в пределе 1 мкА. Столь низкое энергопотребление позволяет некоторым IoT-модулям работать неограниченно, питаясь путем сбора свободной энергии от внешних источников, используя так называемые сборщики энергии (англ. Energy Harvester). Данное решение выгодно отличается от других, требующих периодической замены батарей или подключения IoT-модулей к внешнему источнику питания, что предполагает прокладку линий питания. В качестве поставщиков такой свободной и, что немаловажно, фактически бесплатной энергии могут использоваться как природные источники, например внешнее тепло или солнечная энергия, так и косвенные, то же тепло, излучаемое механизмами или оборудованием, вибрация или внешние электромагнитные поля.

Способность разрабатывать подобные энергоэффективные конструкции в рамках технологии IoT во многом определяется выбором не только основных микросхем, но и обеспечивающих функционирование устройств соответствующих компонентов, как мы говорим — обвесок. Имеются в виду компоненты, отвечающие непосредственно за питание устройства, входных сенсоров, компонентов согласования выходных сигналов и блоков синхронизации, отвечающих за временные характеристики устройства.

Выбор компонентов для организации цепей питания

Из всех доступных элементов для организации системы питания IoT-модуля наиболее удачным вариантом являются электролитические танталовые конденсаторы и многослойные керамические конденсаторы, известные как MLCC (от англ. Multi-Layer Ceramic Capacitor). Танталовые электролитические конденсаторы способны обеспечить достаточно высокие значения емкости, причем они выпускаются в компактных, низкопрофильных корпусах и могут служить источником энергии для модулей с малым собственным энергопотреблением. Но здесь необходимо учитывать один важный момент, связанный с самой природой таких конденсаторов: при их выборе следует отдать предпочтение конденсаторам с более высокими номинальными рабочими напряжениями, чем реально используемое напряжение в конкретном приложении. Поскольку решающую роль в достижении необходимых оптимальных характеристик играет уменьшение тока утечки, который у танталовых конденсаторов как раз и зависит от их номинального рабочего напряжения.

На рис. 1 наглядно показано, как изменяется ток утечки в танталовых конденсаторах при увеличении отношения номинального рабочего напряжения к приложенному напряжению, то есть коэффициенту нагрузки по напряжению. Как мы видим, чем выше это отношение, тем ниже уровень тока утечки в конкретном приложении. Так, если конденсатор ис-

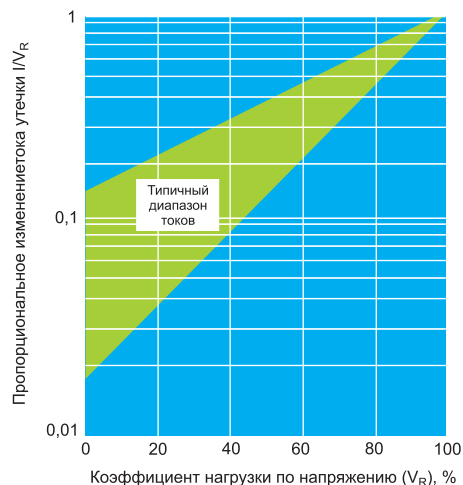


Рис. 1. Типичный ток утечки танталовых конденсаторов относительно коэффициента нагрузки по напряжению

пользуется при коэффициенте нагрузки 50% относительно его номинального рабочего напряжения, он будет иметь более чем в три раза меньший уровень тока утечки, нежели тот же самый конденсатор с коэффициентом нагрузки по напряжению, равным 80%.

Керамические конденсаторы, и особенно конденсаторы с диэлектриком X5R, также обеспечивают необходимые высокие значения емкости, причем в еще более миниатюрных корпусах, включая такие сверхмалые форм-факторы, как 0201 или 01005. Данные конденсаторы обеспечивают столь нужную инженерам — разработчикам сверхмалых, легких и портативных IoT-устройств экономию пространства. Кроме того, керамические конденсаторы, как правило, отличаются и низким собственным эквивалентным последовательным сопротивлением (Equivalent series resistance, ESR), что может быть особенно полезно при создании фильтров, предназначенных для ослабления определенных участков радиочастотного спектра с целью уменьшения излучения электромагнитных помех (ЭМП).

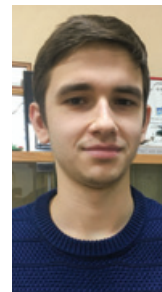
Особенности организации входов для подключения датчиков (сенсоров)

Поскольку IoT-устройства распространены в весьма широком диапазоне приложений, причем, как уже отмечалось выше, с применением различных датчиков (часто выносных), разработчики обычно используют в них те или иные



Компания AVX, производитель высококачественных электронных компонентов, готов удовлетворить спрос быстрорастущей технологии «Интернет вещей» за счет своей широкой компонентной базы. В данной статье рассматриваются наиболее эффективные решения для организации питания IoT-модуля, защиты от скачков напряжения, согласования по выходу IoT-модуля, а также, что немаловажно, синхронизации с множеством других систем и обеспечения безопасности данных. Все эти и многие другие проблемы решаются за счет гения инженерной мысли и электронных компонентов от компании AVX.

Никита Махнов,
инженер по внедрению департамента пассивных компонентов холдинга PT Electronics
nikita.makhnov@ptelectronics.ru



КОММЕНТАРИИ
СПЕЦИАЛИСТА

элементы защиты от скачков напряжения в линиях их подключения. Эти броски являются следствием переходных процессов или внешних воздействий — например, разрядов статического электричества или близкого удара молнии. Кроме того, здесь часто предусмотрена и защита от ЭМП, что позволяет выполнить требования по электромагнитной совместимости (ЭМС). С этой целью применяются многослойные варисторы (Multilayer varistor, MLV) — многофункциональные компоненты, которые предоставляют проектировщикам возможность как подавлять короткие выбросы напряжения, поглощая их энергию, так и устранять проблемы, связанные с электромагнитными помехами. Причем все это делается с помощью однокомпонентного решения, которое экономит пространство на печатной плате и уменьшает общую стоимость конечной спецификации конкретного приложения.

MLV изготавливаются путем спекания керамики, представляющей собой структуру из токопроводящих гранул окиси цинка (ZnO), окруженных электрически изолирующими барьерами, что, собственно, и позволяет создать характерную для варисторов вольт-амперную характеристику (ВАХ). Количество последовательных точек контакта между электродами варистора определяет напряжение пробоя устройства. Для высоковольтных приложений, таких как защита

полняется литье полученной суспензии и создание с максимально высокой точностью тонких слоев. Далее следует осаждение металла и формирование на керамических слоях токопроводящих электродов. Потом необходимое число слоев складывается в соответствующую структуру. Металлические электроды расположены так, что их окончания чередуются от одного конца слоя варистора к другому, то есть последовательно. После цикла спекания/обжига устройство становится монолитным блоком и благодаря своему строению и свойствам обеспечивает равномерное рассеивание энергии в небольшом объеме.

Эквивалентная модель MLV показана на рис. 2. Здесь видно, что MLV в обычном состоянии (без пробоя) представляет собой конденсатор, который может использоваться как часть фильтра подавления ЭМП, поскольку обладает характеристиками, близкими к параметрам конденсатора с диэлектриком типа X7R. Значения емкостей MLV варьируются менее чем от 1 пФ, что полезно для защиты датчика от бросков напряжения без внесения в его цепь нежелательной емкостной нагрузки, более чем до 16 нФ, что необходимо для ослабления низкочастотного шума и помех в цепях питания или линиях связи.

Выходные согласующие элементы

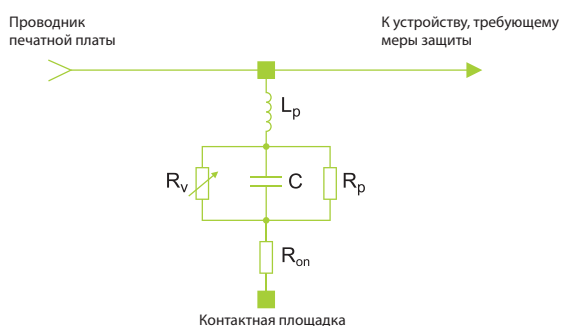
Для решения проблемы согласования по выходу в IoT-модулях успешно используется вся доступная в настоящее время разработчикам таких решений большая гамма индуктивностей. Такие элементы, необходимые для согласования по выходу, содержат не только индуктивности, выполненные в виде проволоки, намотанной на керамике. Доступны и многослойные катушки, реализованные на основе керамики, многослойные тонкопленочные катушки индуктивности и многослойные катушки, сформированные на органических структурах. Как известно, важную роль здесь играет добротность Q. Более высокие значения Q в индуктивных элементах обеспечивают меньшие потери в цепи, что особенно важно в устройствах с малой потребляемой мощностью. Кроме того, нельзя сбрасывать со счетов и допуски — отклонение реальной индуктивности катушек от своего номинального значения. Последнее также может оказывать влияние на искажения частотного спектра системы. Таким образом, для того чтобы повысить общую избирательность устройств IoT, требуются индуктивности с меньшими допустимыми отклонениями.

Проволочные катушки индуктивности, намотанные на керамический каркас, включают сверхкомпактные компоненты, которые обеспечивают высокие уровни Q с широким диапазоном допустимых рабочих токов. Кроме того, они имеют весьма жесткие допуски, например $\pm 2\%$, и предназначены для использования при рабочих температурах в диапазоне $-40...+125\text{ }^\circ\text{C}$.

Многослойные керамические катушки индуктивности представляют собой высокочастотные элементы, выполненные в виде чипа, и предназначены для приложений с рабочими частотами до 10 ГГц. Эти катушки индуктивности обычно рассчитаны на номинальный рабочий ток до 1 А, а значение их индуктивности находится в пределах 0,3 нГн...470 мкГн.

Многослойные тонкопленочные катушки индуктивности имеют очень маленький установочный размер на печат-

Модель дискретного MLV



- R_v — сопротивление, зависящее от напряжения (согласно ВАХ)
- $R_p \geq 10^{12}$ Ом
- C — емкость, зависящая от рабочего напряжения и уровня поглощения энергии
- R_{on} — сопротивление в состоянии пробоя
- L_p — собственная параллельная индуктивность

Рис. 2. Эквивалентная модель многослойного варистора

линии переменного тока, требуется относительно большое число токопроводящих гранул между электродами. В то время как приложения с использованием низких рабочих напряжений, например специализированные интегральные схемы (ASIC) с небольшим напряжением питания, предполагают цепочку из нескольких токопроводящих гранул окиси цинка для установления соответствующего напряжения пробоя.

Многослойные варисторы производятся смешиванием подготовленного соответствующим образом керамического порошка с органическим связующим веществом, затем вы-

ной плате и одновременно отличаются высокопрочной конструкцией, подходящей для надежной автоматической сборки. Такие катушки имеют превосходные высокочастотные характеристики, высокую повторяемость в пределах одной партии и малое отклонение индуктивности от номинального значения. Использование диэлектрических материалов с пренебрежимо малыми потерями, таких как диоксид кремния (SiO_2) и оксинитрид кремния (SiON) в сочетании с высокопроводящими металлами обеспечивает их низкое собственное сопротивление по постоянному току в сочетании с высокими уровнями добротности Q . Кроме того, их высокочастотные характеристики не так заметно изменяются при увеличении частоты, как СВЧ-индуктивности, выполненные в виде проволочной катушки на керамике.

В настоящее время на рынке появилась новая технология изготовления катушек индуктивности — многослойные катушки на органических диэлектриках. В них используются материалы с низким уровнем потерь, что предоставляет возможность получать высокую добротность Q для создания низкопрофильных катушек индуктивности, способных выдерживать высокие напряжения во время переходных процессов без изменения характеристик, вследствие более высокой устойчивости к насыщению.

Синхронизация

Поскольку IoT-приложения должны синхронизироваться с множеством других систем, синхронизация и измерения, связанные со временем, имеют первостепенное значение и составляют основу для нескольких критически важных приложений, в том числе это безопасность, согласованность данных, обнаружение движения, оценка скорости движения и многое другое. Большинство микросхем для устройств технологии «Интернета вещей» представляют собой микропроцессоры с сетевым подключением, а потому для достижения точных временных характеристик и синхронизации они в настоящее время используют миниатюрные высокоточные времязадающие элементы на основе кварцевых резонаторов. Это как обычные кварцы, так и законченные термокомпенсированные кварцевые генераторы тактовых импульсов.

Выбор данных устройств для конкретного приложения требует определенного компромисса. Он заключается в достижении оптимального баланса между функциональными характеристиками устройства, его массогабаритными показателями и устойчивостью к внешним воздействиям, особенно ударам и вибрациям. Именно такой подход позволяет оптимально удовлетворить требованиям в части технических характеристик, себестоимости и точности для каждой отдельной системы. Например, носимые устройства обычно не нуждаются в прецизионной синхронизации, в отличие от автономных решений, но могут подвергаться более экстремальным внешним воздействиям.

Разъемы

Что касается соединительных проводов, применение которых неизбежно при подключении к самым различным IoT-модулям, они также могут представлять определенную и часто весьма серьезную проблему. Здесь безусловными фаворитами выступают хорошо известные разработчикам самой разнообразной электроники разъемы типа IDC (от англ. Insulation Displacement Connector — соединитель, построенный по принципу смещения изоляции), обычно использу-

емые с ленточными кабелями, в рассматриваемом нами применении они тоже обеспечивают наиболее эффективное решение. Испытанные и имеющие подтверждение для использования при уровнях внешних воздействий, принятых для автомобильного оборудования, — удары, вибрации и циклических изменениях температуры, — разъемы IDC для поверхностного монтажа надежно подключают к печатным платам кабели и отдельные провода в диапазоне 12–28 AWG, в то же время устойчиво выдерживая экстремальные ударные, вибрационные и температурные нагрузки, характерные для рынка приложений, предназначенных для работы в жестких условиях окружающей среды.

Эта проверенная в индустрии контактная система отличается простотой применения, позволяя пользователям вставлять провода в SMT-контакты с помощью небольшого инструмента или имеющейся в разъеме крышки-фиксатора. Данный элемент разъема облегчает подключение к печатной плате без пайки самого широкого спектра разнообразных устройств. Контакты разъемов IDC обеспечивают газонепроницаемые соединения с проводником провода, а имеющаяся дополнительная скоба надежно устраняет натяжение кабеля даже в самых жестких условиях эксплуатации. Кроме того, в случае ремонта провода до трех раз разъемы могут быть удалены и заменены без снижения надежности контактной системы.

Заключение

В завершение краткого обзора отметим, что, хотя многие компоненты, предназначенные для использования на рынке устройств бурно развивающейся технологии «Интернета вещей», легкодоступны, поставщики компонентов продолжают разрабатывать и внедрять новые инновационные компоненты для источников питания, входные сенсоры, элементы, обеспечивающие согласование по выходу, устройства синхронизации и разъемы. Подобные компоненты будут специально созданы для удовлетворения уникальных требований быстро расширяющегося рынка IoT. В первую очередь это касается их технических характеристик, что позволяет обеспечить оптимальное достижение их преимуществ по эффективности, безопасности и удобству эксплуатации, которые предлагают нам устройства «Интернета вещей». Это связано с тем, что развитие таких устройств не стоит на месте, они продолжают распространяться все больше, что приводит к увеличению спроса на их составляющие и неизбежный рост конкуренции на рынке современных электронных компонентов.



Литература

1. Gartner. Gartner Says 6.4 Billion Connected 'Things' Will Be in Use in 2016. Up 30 Percent From 2015. November 10, 2015.