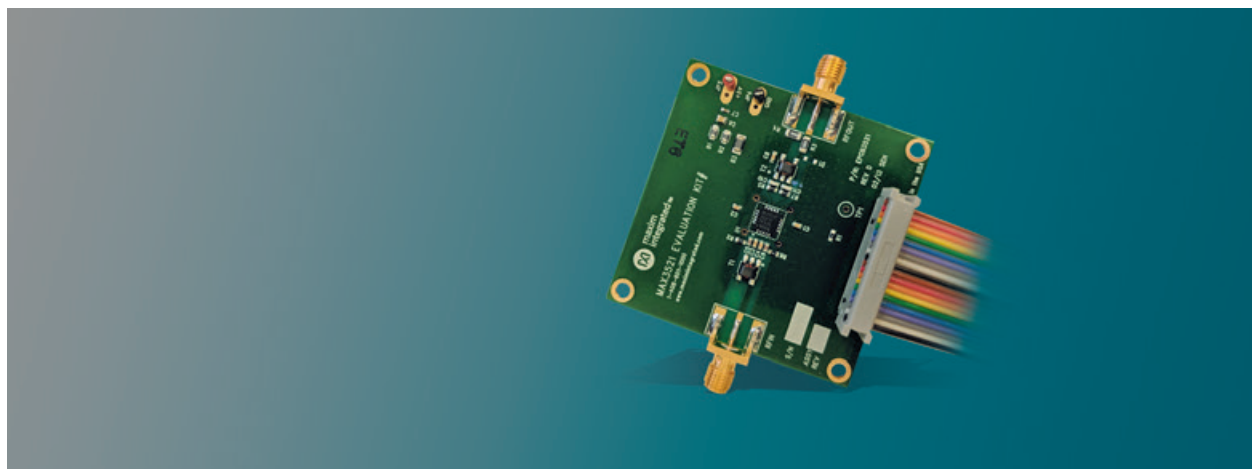




ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ КОНДЕНСАТОРЫ ДЛЯ РАБОТЫ В КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ ПРИ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЯХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рон Демко (Ron Demcko)
Перевод: Владимир Рентюк



Критически значимая электроника, от которой напрямую зависит жизнь человека, в настоящее время представляет собой не только медицинские имплантаты и системы поддержания жизни пациентов. Сейчас мы имеем целый ряд таких приложений в самых различных областях, в том числе это и системы управления летательными аппаратами, и модули управления срабатыванием автомобильной подушки безопасности, и современные системы помощи водителю (advanced driver assist systems, ADAS). Многие из этих приложений напрямую воздействуют на когнитивные процессы человека и его последующие за принятием решения действия. Теперь все такие системы также признаны как критически значимые, поскольку от них в той или иной степени зависят человеческие жизни.

Системы критически значимой электроники для обеспечения надежной и влияющей на безопасность для жизни человека функциональности опираются на широкий спектр электронных узлов сверхвысокой надежности, которые, в свою очередь, спровоцировали новую волну в разработке более совершенных пассивных компонентов, способных выполнять важные задачи в рамках различных критически значимых конечных устройств.

В этой статье будет представлена обновленная информация о двух современных технологиях керамических многослойных конденсаторов, которые позволяют им выдерживать максимально высокие электрические и механические нагрузки, гарантируя высокую надежность и устойчивость к жестким воздействиям окружающей среды.

MLCC — КОНДЕНСАТОРЫ С НЕЖЕСТКОЙ ТЕРМИНАЦИЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ В ЖЕСТКИХ УСЛОВИЯХ

Внедрение все новых и новых систем автомобильной электроники растет с ошеломляющей скоростью. Приток новых спецификаций и конструкций вызвал развитие множества самых различных систем, влияющих на управление автомобиля, в том числе новых семейств электронных модулей, разработанных специально для использования в приложениях с высокими температурами, высоким уровнем вибрации и резкой циклической сменой температуры, то есть подверженных так называемым термоударам.

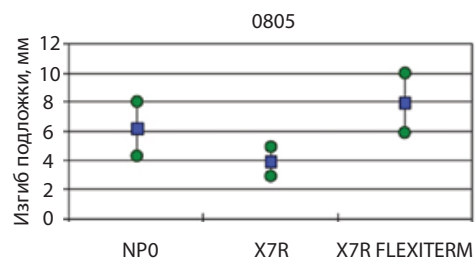
При разработке этих модулей для широко используемых в них многослойных керамических конденсаторов (multilayer ceramic capacitor, MLCC) потребовалась такая система их терминирования (конструктивная организация выводов для подключения), которая могла бы выдерживать физические изгибы и деформации, возникающие из-за несоответствий коэффициентов теплового расширения между такими конденсаторами и печатной платой, на которой они установлены. Здесь нужно учитывать тот факт, что речь идет об SMD-элементах (SMD — surface mounted device) под технологию поверхностного монтажа (surface mount technology, SMT), которые имеют жесткую механическую привязку к печатной плате, которая в обычных, традиционных элементах не демпфируется выводами.

Возможность выдерживать механические напряжения вследствие воздействия температуры и вибрации была достигнута путем добавления в систему их терминирования конденсаторов специального эластичного токопроводящего оксид-



Рис. 1. Диаграмма демонстрирует, насколько хорошо работает технология терминирования FLEXITERM® от компании AVX в MLCC конденсаторах. Это первая технология нежесткой терминирования, внедренная на рынок, которая выдерживает значительно больший изгиб на заготовке с точками разнесения приложенного усилия 90 мм, по сравнению со стандартными MLCC конденсаторами, выполненными на основе широко используемой керамики NPO и X7R.

ного слоя. Свойства слоя этого материала позволяют выдерживать изгиб платы до 5 мм, причем не просто с сохранением работоспособности, но и без каких-либо ограничений в отношении деградации, связанной с повышением эффективного последовательного сопротивления ESR (ESR — effective series resistance) или его изменением с течением времени, а также из-за воздействия условий окружающей среды (рис. 1).



В настоящее время в приложениях, требующих высокой степени надежности, в том случае, когда отказ одного конденсатора может отключить всю систему, различные семейства таких компонентов используют те или иные специальные конструктивные решения, позволяющие уменьшить жесткость терминирования, и такие решения уже широко используются. Примеры применения таких элементов с нежесткой терминированием включают входные конденсаторы с малым током утечки в автомобильных модулях, высоковольтные или высокотемпературные конденсаторы в демферах (снабберах), силовых приводах или фильтрах. С момента их внедрения стоимость многослойных керамических конденсаторов MLCC с нежесткой терминированием продолжает снижаться. А принимая во внимание расходы на конечную систему, связанные с ее ремонтами и заменами, и особенно с простоями по причине неисправности на уровне системы, они становятся экономически конкурентными. Такое снижение затрат в сочетании со способностью конденсаторов с нежесткой терминированием надежно противостоять физическому изгибу и механическим напряжениям, возникающим вследствие теплового расширения, привели к значительному расширению типов приложений, в которых они находят применение.

Кроме того, расширение электронных приложений, работающих в жестких условиях среды, особенно это касается рынков автотранспортной техники и оборудования авионики, вызвало дополнительные требования к их характеристикам, или, как мы сейчас говорим, производительности, в том числе устранение угрозы разлома керамического конденсатора в результате

изгиба платы. В ответ на этот вызов рынков компанией AVX был разработан новый продукт — SMD MLCC-конденсатор с нежесткой терминацией. Его преимущество заключается в том, что такой конденсатор, выполненный, как и обычный, в виде одиночного чип-конденсатора стандартного форм-фактора (рис. 2), заменяет собой структуру из двух дискретных последовательно включенных конденсаторов, размещенных под углом 90° относительно друг друга, которая обычно используется в упомянутых выше и других подобных приложениях, связанных с эксплуатацией в жестких условиях среды.

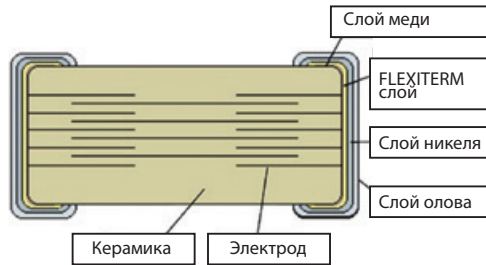


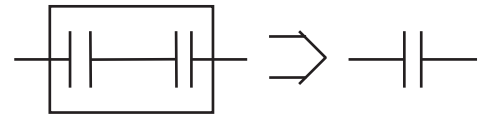
Рис. 2. Внутренняя конструкция SMD MLCC FLEXISAFE-конденсаторов от компании AVX в одном корпусе с гибкой терминацией представляет собой два последовательных конденсатора и устраняет угрозу их поломки на платах в результате ее механического или теплового изгиба

Рассматриваемые SMD MLCC-конденсаторы также обеспечивают еще несколько важных электрических преимуществ по сравнению с двумя обычными последовательно включенными керамическими конденсаторами, установленными в плоскости ортогонально друг к другу, в том числе: более высокая надежность, более низкое эквивалентное последовательное сопротивление ESR и эквивалентная последовательная индуктивность (equivalent series inductance, ESL). Электроды (обкладки конденсаторов) в этой конструкции имеют уменьшенный размер по сравнению с двумя стандартными конденсаторами, включенными последовательно. Кроме того, устранение соединительных проводников на печатной плате между двумя такими конденсаторами в значительной степени снижает и паразитную индуктивность при их установке на печатную плату. Так что благодаря тому, что такое решение эффективно минимизирует и ESR и паразитные индуктивности, это в итоге благоприятно сказывается на функционировании конечного продукта с их использованием (рис. 3).

Возможность этих два-в-одном MLCC-конденсаторов с гибкой терминацией надежно показывать такие низкие значения ESR и ESL позволяет использовать их в силовых цепях намного эффективнее, чем многокомпонентные решения. Кроме того, благодаря наличию двух последовательно соединенных конденсаторов эти MLCC-

а)

Стандартное решение



Два конденсатора 220 нФ последовательно = 100 нФ

FLEXISAFE

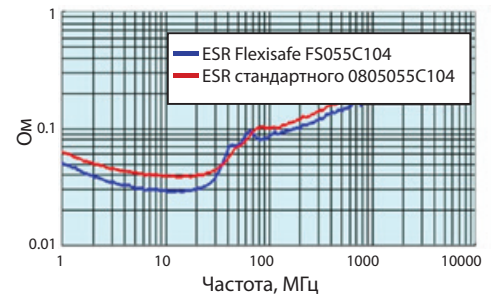


1 x 100 нФ FlexiSafe конденсатора

б)

Два конденсатора 220 нФ, последовательно	FlexiSafe 100 нФ
ESL	ESL
1,579	0,855
1,450	0,783
1,405	0,764
1,408	0,858

в)



конденсаторы обеспечивают чрезвычайно высокую надежность, необходимую для их использования на критических линиях передачи сигналов управления в электронном авиационном оборудовании, а также в активной безопасности и ADAS-модулях управления автотранспортными средствами.

Системы ADAS — в том числе автоматическое освещение и торможение, адаптивный круиз-контроль, подключения к смартфонам и предупреждения о полосах движения и наличии слепых зон — теперь используются в большинстве новых автомобилей, а критические линии сигналов управления в этих системах не могут функционировать при отказе конденсатора, приводящем к выходу из строя всей системы в целом. Кроме того, это может привести к сокращению числа избыточных узлов, ответственных за пра-



Рис. 3.

Преимущества SMD MLCC FLEXISAFE-конденсаторов в сравнении с обычными многослойными керамическими конденсаторами:

а) с электрической точки зрения один MLCC FLEXISAFE-конденсатор является эквивалентом двух стандартных MLCC-конденсаторов;

б) сравнение ESL двух MLCC емкостью 220 нФ, включенных последовательно, с одним конденсатором емкостью 100 нФ технологии FLEXISAFE;

в) сравнение ESR стандартного MLCC-конденсатора емкостью 100 нФ с эквивалентным конденсатором емкостью 100 нФ технологии FLEXISAFE

вильную интерпретацию данных, что значительно снижает достоверность ответа автоматизированной системы на полученные данные.

ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ MLCC-КОНДЕНСАТОРЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Как уже было сказано в начале статьи, новые приложения, являющиеся критическими для жизни, также включают системы авионики и военное оборудование оборонного назначения, связи и вооружения. Эти системы требуют небольших, легких и надежных компонентов по оптимальной стоимости, поскольку цена «космических» компонентов, является, в прямом и переносном смысле, «космической» и для перечисленных выше изделий высока. Одним из эффективных решений, способных удовлетворить всем этим требованиям, являются многослойные керамические конденсаторы MLCC с электродами диэлектрической системы, выполненными на металлической основе из драгоценных металлов (Base metal electrode, BME). Но здесь крайне важно, чтобы такие конденсаторы имели долговременную стабильность емкости, а также отличались более высокими значениями номинальной емкости и более широким диапазоном рабочих напряжений, причем в форм-факторе корпуса до четырех раз меньше, чем эквивалентные им MLCC с обкладками в виде прецизионных электродов из драгоценных металлов (precious metal electrode, PME) (рис. 4). В первую очередь такие конденсаторы предназначены для коммерческих и автомобильных приложений, для которых критичны указанные требования.

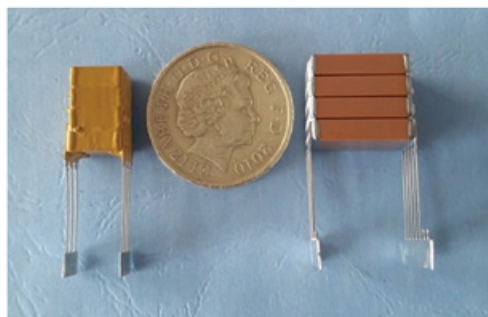


Рис. 4.

Пакет из четырех BME MLCC конденсаторов (слева) в сравнении занимаемого пространства по отношению к аналогичному PME MLCC с эквивалентными значениями номинальной емкости и рабочего напряжения (справа).

Однако в последние годы BME MLCC-конденсаторы подверглись значительным усовершенствованиям в области конструкции и технологии производства, что еще больше повысило их характеристики и, что крайне важно, надежность. Причем до уровня надежности конденсаторов технологии PME, сохраняя при этом свои

сравнительно небольшие размеры, малую массу и более низкую стоимость. В результате BME MLCC-конденсаторы в настоящее время одобрены для использования не только в автомобильной технике, но и в космических и других системах критически значимой электроники, работающих в жесткой среде.

Усовершенствования конструкции и технологических процессов, используемых при изготовлении BME MLCC-конденсаторов, которые позволили им достигнуть уровней надежности, необходимых для критически важных приложений, непосредственно влияющих на человеческие жизни, включают несколько составляющих. Во-первых, уменьшение размера частиц такого диэлектрического материала, как титанат висмута, используемого в керамических конденсаторах X7R, что привело к увеличению их диэлектрической прочности (В/мкФ). Во-вторых, оптимизацию непосредственно диэлектрика для его соответствия конкретным требованиям технологического процесса системы BME. В-третьих, оптимизацию толщины диэлектрических слоев и улучшение процессов литья, печати обкладок конденсатора и укладки, используемых для чрезвычайно тонких керамических слоев, для получения легких компонентов с увеличенными значениями номинальной и емкости (рис. 5).

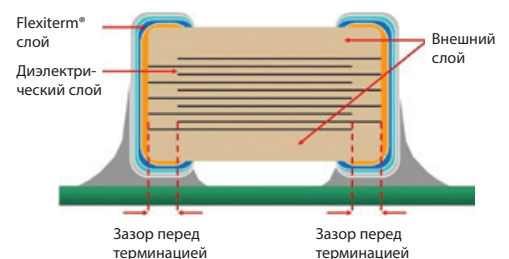


Рис. 5.

MLCC-конденсаторы технологии BME, предназначенные для обеспечения надежности на уровне требований к аэрокосмическому оборудованию, используют весьма консервативный подход к проектированию. А именно: отдельные диэлектрические слои, слои для внешнего покрытия конденсатора, запасы перед терминацией и слой эластичного покрытия FLEXITERM, что обеспечивает этим конденсаторам повышенную устойчивость к перенапряжениям и воздействию жестких условий окружающей среды.

**Рис. 6.**

Компания AVX является первой и в настоящее время остается единственной компанией, признанной квалифицированным поставщиком BME X7R MLCC-конденсаторов для космического оборудования, одобренных для использования в американских и европейских военных и аэрокосмических конструкциях согласно спецификации S-311-P388 NASA, ESA QPL и спецификации ESCA 3009/041



MLCC-конденсаторы технологии BME прошли квалификацию по спецификации S-311-P-838 Национального управления по авиации и исследованию космического пространства США (National Aeronautics and Space Administration, NASA), одобренной для ис-

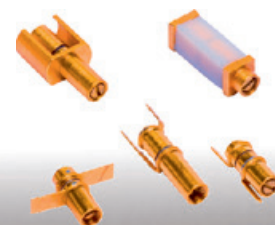
пользования в европейских космических приложениях и внесенной в список аттестационных частей Европейской космической ассоциации (European Space Association, ESA) в соответствии с критериями Европейского координационного агентства по космическим компонентам (European Space Components Coordination, ESCC) 3009/041. При размерах корпусов от 0603 до 1812, значениях емкости от 2,2 до 8,2 мкФ и номинальных напряжениях от 16 В до 100 В эти BME MLCC-конденсаторы представляют собой новое решение для сверхвысокой надежности критически важных приложений, включая радиолокационные системы, системы военной обороны и вооружения, а также фильтрацию ввода / вывода, использование как элемента накопления энергии импульсных источников питания для космических и спутниковых систем связи и оборудования запуска.



Триммеры с высокодобротным сапфировым диэлектриком

- ✦ Диапазон изменения емкости: 0.3-8 пФ
- ✦ Номинальное напряжение: 500 В
- ✦ Выдерживаемое напряжение: 1000 В
- ✦ Добротность: >5000 при 250 МГц, >3000 при 100 МГц
- ✦ Температурный диапазон: -55°C + 125°C
- ✦ Температурный коэффициент сопротивления: 375+/-75 ppm/°C
- ✦ Сопротивление изоляции: 10000 МОм при 500 В DC

EXXELIA GROUP



Возможность заказа образцов



Единый телефон: 8-800-333-63-50
 info@ptelectronics.ru
 www.ptelectronics.ru

Офисы компании: Санкт-Петербург, Москва, Чебоксары, Нижний Новгород, Екатеринбург, Новосибирск, Ижевск, Таганрог, Пермь

