

Новое поколение DC/DC-преобразователей — μ-модули от компании Linear Technology

Последние достижения компании Linear Technology в совершенствовании регуляторов напряжения позволили создать новый тип DC/DC-преобразователей. Данная серия получила название μ-модулей — преобразователей, особенностью которых является наличие ШИМ-контроллера, MOSFET-транзисторов, индуктивностей, входных и выходных проходных конденсаторов, а также схемы компенсации пульсаций выходного напряжения в едином корпусе площадью всего 2,25 см². Корпус μ-модулей — LGA (Land Grid Array) с матрицей контактных площадок, имеющий размеры 15×15×2,8 мм, позволяет с большей эффективностью отводить тепло и защищает внутренние элементы от воздействия неблагоприятных внешних факторов. Несмотря на свои размеры, μ-модули работают в широком диапазоне входных напряжений (от 4,5 до 28 В) с возможностью понижения выходного напряжения вплоть до 0,6 В и работой с силой тока от 6 до 12 А.

Максим ДЕНИСОВ
mdenisov@pec.spb.ru

Введение

Современная электронная аппаратура, используемая в автомобилях, в профессиональной контрольно-измерительной технике и телекоммуникационном оборудовании, содержит большое количество сложных цифровых устройств, таких как программируемые логические микросхемы, модули памяти и микроконтроллеры, и поэтому предъявляет особые требования к DC/DC-конверторам. Например, в системах сбора и накопления данных требуется, чтобы частота переключений DC/DC-преобразователя была максимально близка к тактовой частоте. Серия μ-модулей содержит схему фазовой автоподстройки собственной частоты коммутации с внешней тактовой частотой. Кроме того, многие системы требуют различные напряжения питания для работы внутрен-

них компонентов, таких как модули памяти, интерфейсы ввода/вывода, микропроцессоры и пр. В связи с этим важно, чтобы преобразователи напряжения имели схемы точной настройки стабилизации выходного напряжения.

Описание и принцип работы μ-модуля LTM4600

LTM4600 представляет собой синхронный переключающий DC/DC-преобразователь. Модуль дает возможность точной настройки выходного напряжения от 0,6 до 5,0 В посредством изменения номинала внешнего резистора. При этом выходное напряжение не должно превышать 80% от входного. Диапазон входных напряжений — от 4,5 до 20 В. В состав данных модулей входят DC/DC-регулятор, MOSFET-транзисторы со сверхнизкими величинами сопротивления «исток-сток» и высокой частотой переключения, а также диоды Шоттки. Стандартная частота переключения составляет 850 МГц. Внутренняя схема обратной связи и компенсации обеспечивает достаточную стабильность при работе модуля в заявленном температурном диапазоне. В качестве выходных можно применять как танталовые, так и керамические конденсаторы, например, классов X5R и X7R.

В модуле реализована схема плавного старта. Подача напряжения ниже 0,8 В на вход

RUN/SS переводит схему в режим выключения, закрывая транзисторы Q1 и Q2. При увеличении напряжения происходит заряд внутреннего конденсатора (1000 пФ), благодаря чему обеспечивается время плавного запуска 0,7 мс.

В LTM4600 реализована возможность защиты от повышенного напряжения. При превышении выходного напряжения более чем на 10% от заданного транзистор Q1 закрывается, а Q2 переходит в открытое состояние до снижения выходного напряжения. При изменении выходного напряжения на ±10% внутренняя схема сравнения подает сигнал на сервисный выход PGOOD.

В μ-модулях LTM4600 предусмотрена возможность работы с внешним регулятором. При отключенном или замкнутом на «землю» входе EXTV_{cc} работу модуля контролирует внутренний линейный регулятор. При подаче напряжения свыше 4,7 В на входе EXTV_{cc} внутренний регулятор отключается, схема переключает управление затвором на внешний регулятор. Данное решение позволило исключить потери мощности на регуляторе и снизить тепловую нагрузку на весь модуль в целом. Максимальное напряжение на входе EXTV_{cc} должно быть ниже 6 В и не должно превышать входное напряжение V_{in}. Важным моментом является то, что управляющее напряжение необходимо подавать после подачи входного напряжения V_{in}.



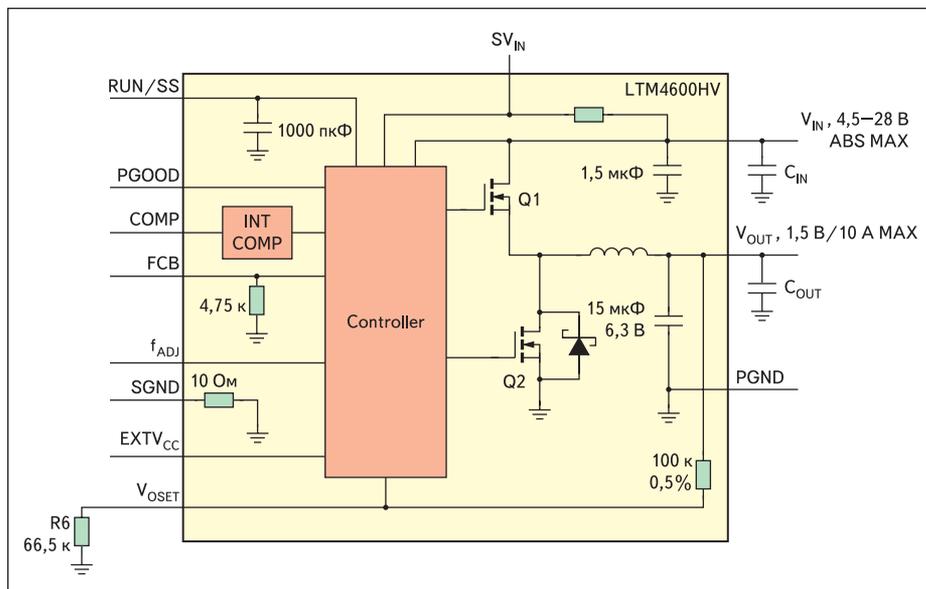


Рис. 1. Упрощенная блок-схема LTM4600

Расчет и программирование выходного напряжения

Внутреннее опорное напряжение ШИМ-контроллера модуля LTM4600 составляет 0,6 В $\pm 1\%$. Изменение значения выходного напряжения производится введением в схему между V_{OSET} и SGND (Small Signal Ground Pin) резистора R_{SET} .

Таблица. Соответствия R_{SET} и V_O

| R_{SET} , кОм | — | 100 | 66,5 | 49,9 | 43,2 | 31,0 | 22,1 | 13,7 |
|-----------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| V_O , В | 0,6 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,5 | 3,3 | 5 |

Питание LTM4600 осуществляется от источника постоянного напряжения с низким сопротивлением постоянному току. Основные требования, предъявляемые к входным конденсаторам: возможность работы на высоких частотах, низкое эффективное последовательное сопротивление. Выбор сглаживающего входного конденсатора должен осуществляться исходя из его возможности работы с большими эффективными значениями токов. Для понижающего преобразователя производительность может быть рассчитана с помощью формулы:

$$D = V_O / V_{IN}$$

где D — производительность, V_O — выходное напряжение, V_{IN} — входное напряжение.

Эффективное значение тока на входном конденсаторе вычисляется по следующей формуле:

$$I_{CIN(RMS)} = I_{O(MAX)} / \eta\% \times \sqrt{D \times (1-D)},$$

где $I_{CIN(RMS)}$ — ток на входном конденсаторе, $I_{O(MAX)}$ — максимальный выходной ток, D — производительность, $\eta\%$ — расчетный КПД.

Параметры выходных конденсаторов с низким эффективным последовательным сопротивлением должны обеспечивать сглаживание пульсаций и искажений выходного напряжения LTM4600. Типичная емкость танталовых, керамических выходных конденсаторов — 200 мкФ.

Тепловой режим LTM4600

Создание μ -модулей непосредственно связано с усовершенствованием типа корпуса LGA. Разработчики устройств с высокой степенью интеграции сталкиваются с определенными проблемами при расчете термической стойкости устройств. Все компоненты μ -модуля заключены в единый пластиковый корпус, не имеют собственных выводов, и единственными точками крепления компонента к печатной плате являются контактные площадки корпуса. Рассмотрим некоторые варианты монтажа и показатели термической стойкости модуля.

Монтаж модуля без внешнего радиатора

При работе в режиме преобразования из 12 в 3,3 В с током нагрузки 10 А и в режиме преобразования из 24 в 3,3 В с током нагрузки 10 А КПД составляет 91% и 87% соответственно. Рассеиваемая на печатной плате мощность в данных режимах — 3 и 4,25 Вт. На рис. 2, 3 приведены тепловые снимки модуля при работе на разных режимах работы. Видно, что в режиме 12–3,3 В при 10 А максимальная температура модуля составила 65,9 °С (рис. 2). При работе в режиме преобразования 24–3,3 В при 10 А температура составляет 85,7 °С (рис. 3). Максимальная температура, зарегистрированная в данном режиме (при измерении в непосредственной близости от MOSFET-транзистора) состави-

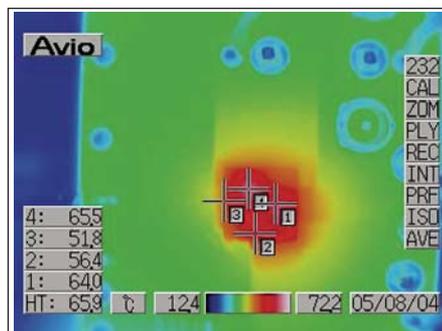


Рис. 2. Тепловой снимок LTM4600 12–3,3 В, 10 А

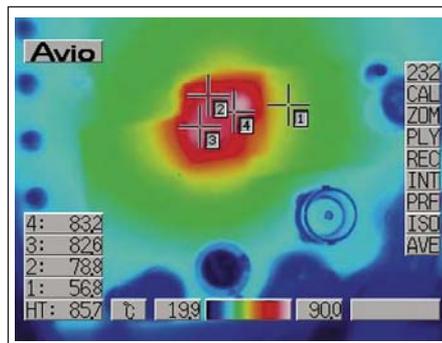


Рис. 3. Тепловой снимок LTM4600 24–3,3 В, 10 А

ла 89,8 °С, средняя температура печатной платы — 75 °С. Таким образом, тепловое сопротивление составило 15,2 °С/Вт. В данном примере был рассмотрен наименее предпочтительный вариант монтажа — без внешнего радиатора и воздушного охлаждения.

Монтаж с использованием внешнего радиатора

На рис. 4 представлен термический снимок, сделанный при монтаже μ -модуля с использованием радиатора, установленного на корпусе модуля. В этом случае, при тех же режимах работы (12–3,3 В и 24–3,3 В), средняя температура печатной платы составила 54 °С и 73 °С соответственно. При применении радиатора теплоотвод более равномерный. Температура радиатора при таких условиях составила примерно 66 °С, а тепловое сопротивление — 21,5 °С/Вт. Максимальная заре-



Рис. 4. Тепловой снимок LTM4600 24–3,3 В, 10 А с радиатором

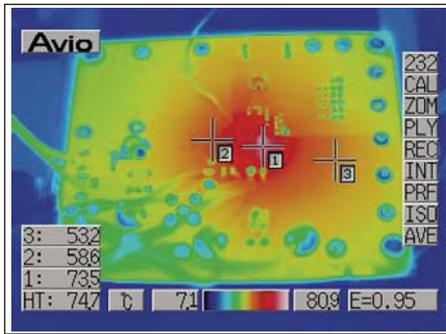


Рис. 5. Снимок LTM4600 с использованием металлической пластины (со стороны печатной платы)

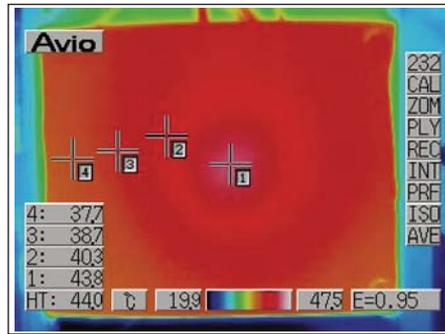


Рис. 6. Тепловой снимок LTM4600 со стороны металлической пластины

гистрированная температура модуля — 84 °С. Таким образом, температурная нагрузка на печатную плату при использовании радиатора гораздо меньше, и от модуля обеспечивается более эффективный отвод тепла. Общее тепловое сопротивление составляет 13,9 °С/Вт.

Монтаж с использованием металлической пластины

Данный тест термического сопротивления LTM4600 проведен с использованием в качестве радиатора металлической пластины размером 100×80 мм и термической прослойки типа Gap Pad (рис. 5, 6). Температура печатной платы составила 66 °С, а температура металлической пластины — 44 °С, тепловое сопротивление пластины — 7,5 °С/Вт. Максимально зарегистрированная температура μ -модуля — 76 °С. Общее тепловое сопротивление в данном случае составило 12 °С/Вт.

Технология и способы монтажа

В современном производстве материалы и технология монтажа, а также возможность контроля качества производства готового устройства являются для разработчика одними из основных факторов при выборе компонентов с высокой степенью интеграции. Важнейший момент при внедрении μ -модуля в проектируемую схему — это разработка шаблона. Электрическое и механическое со-

единение μ -модуля осуществляется с использованием паяльной пасты.

Качество паяльной пасты — один из важнейших параметров при производстве интегральных схем современных высокотехнологичных устройств. Производитель рекомендует к использованию паяльную пасту Sn63/Pb37, Sn95/3,5Ag/0,5Cu.

Контроль качества пайки осуществляется с использованием рентгеновского излучения. Основная задача процесса контроля в данном случае — выявление пустот в местах пайки и замыканий между контактными площадками. При правильной пайке и точном соответствии контактных площадок на печатной плате и модуле дополнительная регулировка положения модуля на плате не требуется.

Возможность сопряжения и совместной работы μ -модулей

В настоящее время разработчики часто сталкиваются с проблемой обеспечения достаточной мощностью отдельных элементов проектируемой схемы. Использование модулей серии LTM4600 является наиболее предпочтительным вариантом в условиях ограниченного пространства на плате или приборе. Для увеличения выходной мощности DC/DC-источника возможно объединение до четырех μ -модулей с синхронизацией частоты. На рис. 7 показана схема использования четырех преобразователей с выходными напря-

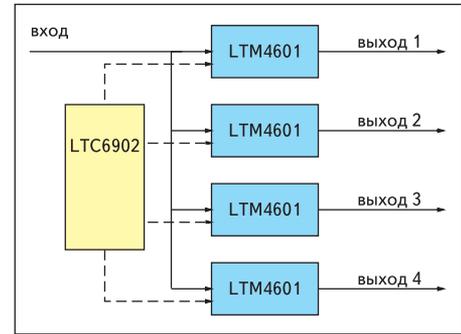


Рис. 7. Блок-схема объединенного решения с использованием четырех μ -модулей и согласующего генератора LTC6902

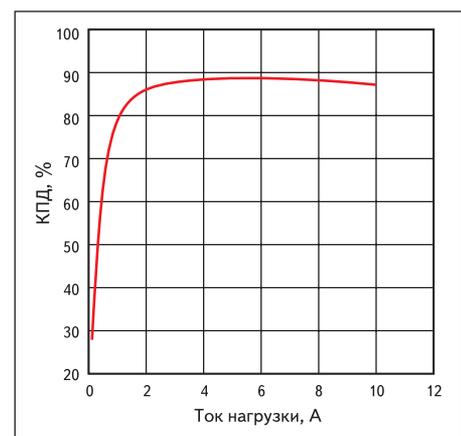


Рис. 8. График зависимости КПД преобразователя от значения тока нагрузки

жениями 1,5 В при 12 А, 1,8 В при 12 А, 2,5 В при 12 А и 3,3 В с током 10 А соответственно. В качестве согласующего генератора используется разработка Linear Technology LTC6902 — многофазный генератор с расширенной частотной модуляцией. При данных условиях общая выходная мощность с учетом КПД (рис. 8) каждого из модулей составила 103 Вт при общих размерах решения 11×11 см.

Заключение

Компания Linear Technology разработала инновационное поколение DC/DC-преобразователей, характеризующееся высокой степенью интеграции. Это решение позволяет разработчикам уменьшить рабочую площадь на печатной плате, а реализованное устройство дает возможность обеспечить точным и стабильным питанием такие устройства, как цифровые сигнальные процессоры, программируемые вентильные матрицы и микропроцессоры. Небольшие размеры, контроль выходного напряжения на наличие пульсаций, возможность работы с токами до 14 А и широкий диапазон входных и выходных напряжений — вот основные преимущества новой линейки DC/DC-конвертеров, выгодно отличающих LTM4600 от других типов преобразователей. ■