KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 144

Основы построения систем питания ПЛИС

Юрий ШАРОПИН
Владимир БУДАЕВ

Программируемые логические схемы предъявляют особые требования к конструированию источников питания. В статье рассматриваются особенности проектирования источников питания ПЛИС Xilinx с применением ИС питания фирмы Semtech.

Введение

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), как FPGA, так и CPLD, находят все большее применение в разнообразных областях и решают различные задачи — от простой логики до цифровой обработки сигналов, и поэтому, для их питания требуются различные уровни мощности.

В целом, мощность, необходимая для питания ПЛИС, определяется следующими факторами: тип ПЛИС, ее рабочая частота, температура окружающей среды, число задействованных линий ввода-вывода и, конечно, процент используемых ресурсов ПЛИС.

По большому счету, проектирование источника питания ПЛИС — сложная инженерная задача. Каждая фирма-разработчик ПЛИС публикует соответствующую документацию по построению схем питания своих устройств. Чтобы упростить этот процесс, фирма Xilinx разработала специальное программное средство для оценки мощности потребления ПЛИС — Xilinx Power Estimator [1].

В статье подробно обсуждаются вопросы проектирования систем питания ПЛИС. В качестве элементной базы для построения систем питания рассмотрены компоненты фирмы Semtech. Для этих целей компания выпускает широкий спектр интегральных схем (ИС) с уникальными характеристиками, как линейных, так и импульсных.

Таким образом, с помощью только стабилизаторов фирмы Semtech можно полностью решить проблему питания любой системы на основе ПЛИС.

Уникальные требования к системе питания ПЛИС

Основная функция системы управления питанием ПЛИС ясна: обеспечить ПЛИС и сопряженные с ней схемы стабилизированным напряжением во всех режимах работы в точно установленных пределах изменения нагрузки. Но, как правило, достичь этого не так просто, поскольку необходимо учитывать следующие факторы: изменение температуры окружающей среды и тока нагрузки, флуктуацию входного напряжения. К тому же по потребляемой мощности ПЛИС значительно отличаются от других интегральных схем.

На ПЛИС реализуется неограниченное число всевозможных конфигураций схемы, работающих на разных тактовых частотах и, следовательно, потребляющих разную мощность. А так как исходными данными для проектирования системы питания ПЛИС является потребляемая мощность, разработчик должен иметь максимально четкое представление о проектируемой системе и условиях ее функционирования. Для этого необходимо определить:

1) тактовую частоту ПЛИС (потребляемая мощность пропорциональна частоте);
2) количество задействованных ресурсов ПЛИС;
3) скорость передачи данных, осуществляемых ПЛИС;
4) наличие конфигурационного перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства (ППЗУ);
5) число необходимых питающих напряжений и отдельных источников питания;
6) диапазон рабочих температур.

Кроме того, для построения оптимальной системы питания ПЛИС разработчику предстоит правильно спроектировать топологию печатной платы и заземление всей системы.

В общем, данная система питания должна удовлетворять следующим требованиям, которые обсуждаются в примерах применения для ПЛИС [4–9]:

1) ограничить параметры переходного процесса при включении питания. Для этого:
   a) обеспечить значительный ток (1–2 А) при включении питания,
   b) обеспечить монотонность протекания переходного процесса по напряжению питания,
   c) время протекания переходного процесса до номинального значения напряжения не должно быть больше определенной величины, указанной в спецификации для конкретного семейства ПЛИС, в зависимости от типа семейства ПЛИС требуется обеспечить определенную последовательность подачи питающих напряжений;
2) максимально снизить уровень высокочастотного шума, неизбежного в цифровых высокоскоростных схемах. Для этого необходимы:
   a) раздельные шины питания для различных основных потребителей тока,
   b) установка достаточного количества шунтирующих конденсаторов,
   c) корректная разводка печатной платы.

В целом структурная схема системы питания ПЛИС (рис. 1) состоит из первичного источника питания, формирующего входное напряжение (V_{in}) для стабилизатора напряжения, схемы, устанавливающей последовательность подачи различных напряжений и по необходимости схемы слежения за уровнями напряжений (супервизор). Следует особо отметить, что одним из ключевых компонентов системы питания ПЛИС является

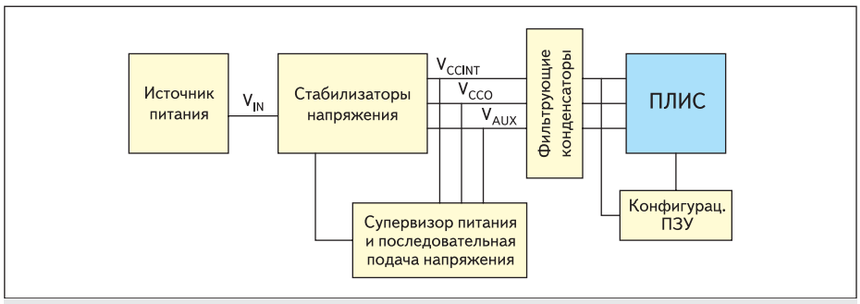

Рис. 1. Блок-схема системы питания ПЛИС

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 145

цепочка шунтирующих конденсаторов вокруг ПЛИС. Они позволяют распределить рабочий ток между потребителями, используя низкоимпедансные пути прохождения тока, тем самым снижая уровень высокочастотного шума. Кроме того, к важным моментам относится и правильность разводки печатной платы, особенно земляных полигонов.

Уровни питающих напряжений ПЛИС

Для питания разных функциональных блоков ПЛИС используются различные уровни напряжения. Для обеспечения одного уровня напряжения необходим один вторичный источник питания.

Все ПЛИС нуждаются в источнике напряжения питания ядра, но большинство сложных ПЛИС испытывают потребность и в отдельном источнике напряжения питания для блоков ввода-вывода, источнике опорных напряжений, источнике напряжения для терминальных резисторов и источнике напряжения для дополнительных функций. Рассмотрим более подробно типы напряжения питания, необходимые для ПЛИС Xilinx:

- **V_{CCINT}. Внешнее напряжение питания ядра.** Является основным питающим напряжением ПЛИС и, как правило, обеспечивает большую часть мощности, затрачиваемой в ПЛИС. Основное напряжение источника зависит от семейства ПЛИС. Ряд основных напряжений питания включает: 1,2; 1,5; 1,8; 2,5; 3,3 и 5,0 В. Напряжение питания ядра может использоваться и для питания конфигурационного ППЗУ.
- **V_{CCO}. Напряжение питания блоков ввода-вывода.** ПЛИС от Xilinx содержат блоки ввода-вывода, которые могут быть сконфигурированы для работы по различным стандартам. В зависимости от того, какой стандарт выбран разработчиком, применяются различные уровни напряжений (1,5; 1,8; 2,5; 3,0 и 3,3 В). Конфигурирование блоков ввода-вывода возможно в одной и той же ПЛИС, но подразумевает наличие нескольких источников напряжения питания устройства ввода-вывода (V_{CCO}).
- **V_{CCAUX}. Вспомогательное напряжение питания,** необходимое для различных вспомогательных функций ПЛИС, например для устройства управления тактовой частотой или интерфейсом JTAG. Вспомогательные устройства более чувствительны к шуму, нежели другие, и поэтому V_{CCAUX} имеет более высокие требования по развязке для минимизации наведенного шума. Напряжения V_{CCAUX} могут быть 2,5 и 3,3 В. В случае если источник питания ядра напряжением V_{CCO} обладает низким шумом, от него можно запитать блоки вспомогательных функций.
- **$V_{CCAUXTX}$. Вспомогательное напряжение питания для RocketIO-трансиверов,** которыми располагает семейство ПЛИС Virtex-II Pro. Это питающее напряжение обладает особыми требованиями к шуму. Устройство должно быть запитано отдельным стабилизатором напряжения, подключенным к отдельной заземляющей поверхности на печатной плате (GNDA).
- **V_{REF}. Опорное напряжение питания** необходимо для дифференциального порта, использующего различные стандарты ввода-вывода, таких как LVDS.
- **V_{TT}. Напряжение питания терминальных резисторов.**

Последовательность подачи питающих напряжений

В зависимости от семейства ПЛИС может потребоваться определенная последовательность подачи питающих напряжений. Для семейства Spartan-IIE требуется одновременная подача напряжений V_{CCINT} и V_{CCO}. Если напряжение ядра V_{CCINT} подать раньше напряжения питания блоков ввода-вывода, ток может резко вырасти из-за того, что линии ввода-вывода не находились в высокоимпедансном состоянии. Тем не менее, если ток ICCPO обеспечивается источником питания V_{CCINT}, процесс включения будет успешным независимо от последовательности подачи питающих напряжений. Для семейства Virtex-II Pro очередность включения источников не важна, за исключением источника V_{CCAUX}, который должен включаться раньше V_{CCO}, чтобы обеспечить минимальный ток от источника питания. Для уточнения конкретных требований следует обратиться к оригинальной документации.

Одно из решений проблемы очередности подачи питающих напряжений — применение стабилизаторов напряжения с дополнительным выводом разрешения работы.

Основные рекомендации по выбору источника питания

Для питания ПЛИС предназначены как схемы понижения первичного напряжения питания, так и схемы повышения. В первом случае можно использовать стабилизаторы не только непрерывного действия, но и ключевые. Во втором — лишь импульсный тип преобразования напряжения. Рассмотрим критерии выбора типа стабилизаторов напряжения.

Линейные и импульсные стабилизаторы напряжения

Как только определена максимальная мощность и напряжение питания ПЛИС, можно выбрать тип преобразователя. В таблице 1 представлены основные функциональные отличия линейных стабилизаторов напряжения от импульсных.

Кроме очевидных параметров установившегося состояния напряжения источника питания и потребляемого тока существует несколько других требований для источника напряжения, которые проявляются во время переходного процесса при включении питания и во время работы ПЛИС. Наиболее важными из них являются: тип переходного процесса по напряжению при включении питания, монотонность его протекания, наличие шумов в цепи питания и в цепи заземления (совместный коммутационный шум). Совместный коммутационный шум может быть снижен цепью шунтирующих конденсаторов.

Характеристика ИС стабилизаторов компании Semtech

Рассмотрим характеристики стабилизаторов, рекомендуемых компанией Semtech для проектирования источников питания ПЛИС Xilinx. Они представлены в таблицах выбора (таблицы А, Б, В приводятся в конце статьи), разработанных инженерами компании Semtech.

Линейные стабилизаторы

Компанией Semtech производятся два типа устройств: линейные стабилизаторы и контроллеры линейных стабилизаторов (без встроенного проходного транзистора). Линейные стабилизаторы Semtech обладают высокой точностью (от 1 до 3,5%), поставляются в различных корпусах и располагают дополнительными функциями, такими, как температурная защита, защита от превышения тока и режим отключения, в котором ИС потребляют около 10 мкА.

Стабилизаторы Semtech выпускаются с фиксированным или регулируемым выходным напряжением на выходной ток до 10 А, для стабилизаторов с ультранизким падением напряжения это напряжение составляет 75 мВ.

Таблица 1. Сравнение линейных и импульсных стабилизаторов напряжения

Параметр	Линейный	Импульсный
Сложность проектирования	низкая	от средней до высокой
Напряжение пульсаций на выходе	низкое	от среднего до высокого
Необходимость в радиаторе	да	нет
Эффективность	низкая	высокая
Стабилизационные характеристики	отличные	от средних до хороших оптимальных
Генерация помех	низкая	от средней до высокой
Длительность переходных процессов	от средней до быстрой	от медленной до средней
Предельно допустимый выходной ток	от низкого до умеренного	от низкого до высокого
Нестабильность напряжения	от низкой до высокой	от очень низкой до средней
Возможность регулирования напряжения	есть	есть
Повышение выходного напряжение	отсутствует	имеется
Стоимость	низкая	от умеренной до высокой
Уровень шума	низкий	от среднего до высокого

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 146

Таблица 2. Линейные стабилизаторы и контроллеры

Наименование	Описание	$I_{вых}$, А	$I_{огр}$, А	$U_{пад}$, мВ	$U_{вх}$, В	$U_{вых}$, В	$U_{вых}$, %	$I_{потр}$, мкА	$U_{шум}$, мкВ	Корпус
SC1453	Стабилизатор со сверхнизким падением напряжения и низким выходным шумом	0,15	0,40	150	2,25–6,5	1,5; 1,8; 2,5 2,7; 2,8; ... –3,3	±2	75	26	SOT-23
SC1454	Сдвоенный стабилизатор с очень низким падением напряжения и выходным шумом, с входами разрешения	0,15	0,40	155	2,25–6,5	1,8; 2,5; 2,8; 3,0; 3,3	±2	130	27	MSOP-8
SC1457	Стабилизатор со сверхнизким падением напряжения с выходом превышения напряжения	0,15	0,40	150	2,25–6,5	1,5; 1,8; 2,5 2,7; 2,8; ... –3,3	±2	75	110	SOT-23-5
SC5205	Стабилизатор со сверхнизким падением напряжения и низким выходным шумом	0,15	0,30	165	2,5–16	1,8; 2,5; 2,8; 3,0; 3,3; 3,6; 3,8; 4,0; 5,0	±3	2750	–	SOT-23-5
SC553	Стабилизатор со сверхнизким падением напряжения и регулируемым выходом	0,15	0,40	150	2,25–6,5	1,25– 6 adj.	±2	75	–	SOT-23-5
SC1563	Стабилизатор со сверхнизким падением напряжения и низким током утечки	0,50	1,0	350	2,2–6,5	1,2–4,8 adj.	±2	85	–	MSOP-8, SOT-23-5
SC4211	Стабилизатор с очень малым входным напряжением и малым падением, с входом разрешения	1,0	1,5	250	1,4–5,5	0,5–3,3 adj.	±3	3000	–	SOIC-8
SC4215	Стабилизатор с очень малым входным напряжением и малым падением, с входом разрешения	2,0	3,0	500	1,6–5,5	0,8–3,3 adj.	±2	750	–	SOIC-8
SC4215A	Стабилизатор с очень малым входным напряжением и малым падением, с входом разрешения	2,0	3,0	500	1,4–5,5	0,5–3,3 adj.	±3	50	–	SOIC-8
SC4210	Контроллер линейного стабилизатора на полевом транзисторе	–	–	–	4–15	От 0,5	–	2300	–	MSOP–8
SC4210A	Контроллер линейного стабилизатора на полевом транзисторе	–	–	–	4–15	От 0,5	–	2300	–	MSOP-8

Примечание: adj. — регулируемый выход. Таблица отсортирована по возрастанию выходного тока.

Ряд стабилизаторов специфицирован на уменьшение выходного шума, его среднеквадратичное значение составляет 26 мкВ.

Компания Semtech, будучи одной из ведущих компаний в области разработки устройств защиты от электростатических (ESD) и электромагнитных (EMI) помех, производит некоторые стабилизаторы с защитой от ESD, согласно стандарту JEDEC JESD22-A114-B. В таблице 2 приведены основные характеристики линейных стабилизаторов и контроллеров, рекомендованных фирмой Semtech для применения в источниках питания ПЛИС Xilinx.

Импульсные стабилизаторы

Импульсные стабилизаторы выпускаются для преобразователей с гальванической развязкой или без гальванической развязки. Серия ИС для импульсных источников питания охватывает все топологии импульсных преобразователей напряжения: понижающая, повышающая, инвертирующая, двухполярный инвертирующий преобразователь Кука (SEPIC). Наиболее распространенной схемой для построения источников питания для микропроцессорной техники является схема понижающего преобразователя с синхронным выпрямлением.

Импульсные стабилизаторы компании Semtech — это высоко интегрированные высокоэффективные микросхемы, работающие на высокой частоте преобразования вплоть до 2,5 МГц, что позволяет значительно снизить размеры индуктивностей и конденсаторов, сэкономив пространство на печатной плате. Кроме стабилизаторов изготавливаются также контроллеры без внутреннего ключевого транзистора. Все контроллеры и стабилизаторы обладают встроенными схемами вольтодобавки для управления затворами ключевых транзисторов.

Большинство ИС стабилизаторов представляют собой сдвоенные схемы, обеспечивающие два выходных напряжения. В этом случае (для снижения выходных пульсаций) на выходах формируются сигналы с разностью фаз 180°. Некоторые ИС (SC2441/A), кроме двух понижающих контроллеров, имеют и повышающий преобразователь. Он может использоваться для питания драйверов MOSFET понижающих преобразователей или как третий отдельный выход.

Стабилизаторы обладают отличными динамическими и переходными характеристиками, обеспечивая ограничения тока в каждом цикле преобразования для защиты от перегрузки по току при коротком замыкании в выходной цепи.

Большинство ИС обладают дополнительными функциями: защита от понижения напряжения с гистерезисом, защита от перегрева и плавный старт. Для сдвоенных стабилизаторов дополнительные функции раздельные.

Все ИС выполнены в миниатюрных корпусах поверхностного монтажа, что значительно экономит площадь печатной платы и снижает стоимость производства (рис. 2).

Необходимо отметить также уровень технической поддержки, осуществляемой фирмой Semtech. Для большинства ключевых стабилизаторов и контроллеров выпускаются отладочные платы, в спецификациях подробно описан принцип работы и примеры применения, а также приводится топология печатной платы и схемы классического применения ИС. В таблице 3 приведены ИС стабилизаторов и контроллеров, рекомендованных компанией Semtech для построения систем питания ПЛИС Xilinx. Таблица отсортирована по возрастанию выходного тока.

Рост тока при включении питания

Рост тока в момент переходного процесса при включении питания обусловлен особенностями архитектуры ПЛИС, основанной на SRAM-технологии.

Каждый раз при включении питания конфигурационная программа загружается в оперативную память (RAM) из внешней постоянной памяти.

Однако в течение небольшого периода (порядка нескольких мс) — в момент включения питания — оперативная память находится в случайном состоянии и может вызвать скачок тока благодаря случайному конфликтному соединению внутренних блоков ПЛИС. Для большинства других ИС значительного превышения рабочего тока в момент включения не наблюдается.

Рост тока (I_{CCPO}) при включении питания продолжается несколько миллисекунд и происходит между определенными промежуточными уровнями напряжения.

Например, для семейства Spartan переходная характеристика приводится в виде линейно-нарастающего напряжения между 0,6 и 0,8 В. Во время переходного процесса ПЛИС может рассматриваться как низкоимпедансный элемент с сопротивлением от 0,3 до 6 Ом. Для успешной реализации включения ПЛИС и линейного нарастания напряжения в спецификации к ПЛИС приводится минимальное значение тока (I_{CCPO} min), которое должен обеспечить источник питания. Необходимо учесть, что значение этого тока зависит от температуры кристалла (Tj) ПЛИС. Так, для семейства Spartan-II минимальное значение тока при включении питания (I_{CCPO} min) равно 1,5 А (при температуре Tj = –40 °С для промышленного исполнения), а для коммер-

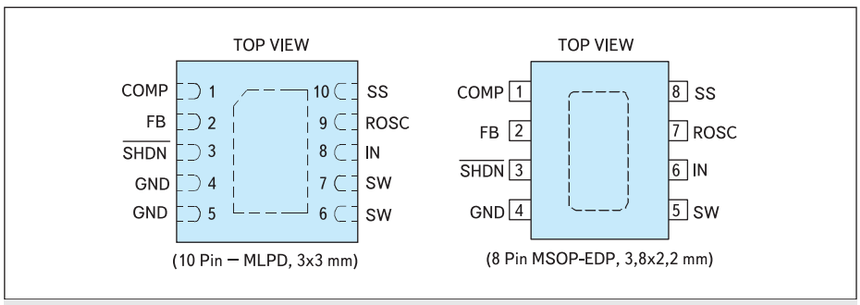

Рис. 2. Корпуса ИС SC4501

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 147

Таблица 3. Импульсные стабилизаторы напряжения и контроллеры

Наименование	Описание	$U_{вх}$, В	$I_{вых}$, А	$U_{вых}$, В	$I_{потр}$	КПД, %	f_{max}, МГц	Корпус
SC1462	Схема удвоения напряжения с высоким значением выходного тока на переключаемых конденсаторах	1,65–5,5	0,08	2 Uвх	140 мкА	94	0,160	SOT-23-6
SC192	Синхронный понижающий ШИМ-стабилизатор, с интегрированным ключом	2,7–5,5	0,70	0,75–Uвх	35 мкА	95	0,750	MLPD-10 (3×3 мм)
SC4502	Повышающий стабилизатор с плавным пуском	1,4–16	0,9	до 32	1,1 мА	90	2,0	MLPD-10 (3×3 мм)
SC194A	Синхронный понижающий ШИМ-стабилизатор, с интегрированным ключом, с программируемым выбором выходного напряжения	2,7–5,5	1	1,0; 1,2; 1,5; 1,8	6 мА	92	1,250	MLPD-10 (3×3 мм)
SC4517A	Понижающий стабилизатор	3–16	1,5	Adj.	1мА	–	1,40	MSOP-10
SC4501	Повышающий стабилизатор с плавным пуском	1,4–16	2	2–32	1,1 мА	90	2,0	MSOP-8 MLPD-10 (3×3 мм)
SC4518	Понижающий стабилизатор	3–16	2	Adj.	1мА	–	0,60	MSOP-10
SC4519	Понижающий стабилизатор	3–16	3	Adj.	1мА	–	0,60	SO-8
SC2440	Сдвоенный стабилизатор с интегрированным 2-амперным ключом	2,78–20	4	0,8–$U_{вх}$	3,3 мА	88	2,50	TSSOP-16
SC1408	Низковольтный контроллер для повышающего преобразователя или для SEPIC	1,8–16,5	10	3,3–$U_{вх}$	110 мкА	87	0,30	SOIC-8
SC4607	Синхронный понижающий контроллер с очень низким значением входного напряжения, с высоким значением КПД	2,25–5,5	20	0,5–$U_{вх}$	2 мА	–	1,0	MSOP-10
SC2442	Высокопроизводительный сдвоенный синхронный понижающий контроллер с широким диапазоном входного напряжения	4,5–30	25	0,75–$U_{вх}$	8 мА	90	1,0	TSSOP-24
SC4611	Высокопроизводительный синхронный понижающий стабилизатор с широким диапазоном входного напряжения	4,5–30	35	0,5–$U_{вх}$	4 мА	–	1,0	TSSOP-20
SC2441	Двухфазный синхронный понижающий контроллер с повышающим преобразователем, с очень низким входным напряжением	1,8–16	40	0,5–$U_{вх}$	10 мА	–	1,0	TSSOP-28
SC2446	Двухфазный одно- или двухвыходной синхронный понижающий контроллер	4,7–16	60	0,5–$U_{вх}$	1,7 мА	93	1,0	TSSOP–28
SC4510	Синхронный понижающий контроллер с функцией слежения	2,5–16	–	–	8 мА	–	1,0	TSSOP-20

Примечание: adj. — регулируемый выход.
Все ИС выполнены в индустриальном диапазоне температур (–40...+85 °С).

ческого исполнения — 0,25 А (при температуре 0 °С).

Таким образом, источник питания во время переходного процесса должен поддерживать ток I_{CCPO} для обеспечения правильной работы ПЛИС.

В процессе конфигурации ПЛИС также наблюдается рост тока на величину порядка 50–100 мА [3].

Верхняя граница тока переходного процесса (I_{CCPO}) определяется предельной мощностью источника питания, поэтому максимальное значение I_{CCPO} в спецификации не приводится. Длительность переходного процесса определяется временем реакции источника питания.

При проектировании источника питания нужно уделить особое внимание, с одной стороны, требованию обеспечения тока I_{CCPO}, а с другой — ограничению тока переходного процесса для того, чтобы он не вызвал срабатывание схемы защиты стабилизатора от перегрузки по току и это не привело к его выключению.

Для линейных стабилизаторов существует номинальный параметр — ток ограничения при коротком замыкании (I_{LIM} или I_{OTP}). Во время подачи питания ПЛИС может рассматриваться как нагрузка, стремящаяся обеспечить режим короткого замыкания. Поэтому, выбирая стабилизатор, нужно убедиться, что выполняется условие $I_{LIM} > I_{CCPO}$.

Для импульсных стабилизаторов компании Semtech существует возможность изменения тока ограничения I_{LIM} при проектировании схемы источника питания.

На рис. 3, 4 изображены переходные процессы напряжения и тока для случая роста тока без ограничения (сплошные линии), а также для случая с ограничением (пунктирная линия). В случае без ограничения рост тока превышает уровень срабатывания схемы защиты от короткого замыкания, в случае использования схем с ограничением по току переходный процесс задерживается на определенное время.

Характер роста напряжения при включении питания и требования ко времени переходного процесса

В момент включения питания очень важны продолжительность и монотонность протекания переходного процесса по напряжению питания ядра (без колебаний), особенно когда конфигурация ПЛИС происходит сразу после включения питания.

Монотонность переходного процесса важна, так как любое падение напряжения V_{CCINT} при критическом напряжении сброса (V_{CCPOR}) может прервать поток данных, загружаемых из конфигурационной памяти в ПЛИС. На рис. 3 изображен именно монотонный переходный процесс.

Для всех ПЛИС продолжительность протекания переходного процесса по напряжению V_{CCINT} не должна превышать 50 мс. Этот параметр для каждого семейства ПЛИС разный. Требования к монотонности переходного процесса и его продолжительности также относятся и к конфигурационному ППЗУ. Нарушение подобных требований при включении питания может привести к неверной конфигурации ПЛИС.

Наличие конфигурационной памяти ПЛИС тоже накладывает требования на рабочие характеристики источника питания. Например, рис. 5 поясняет требования, предъявляемые

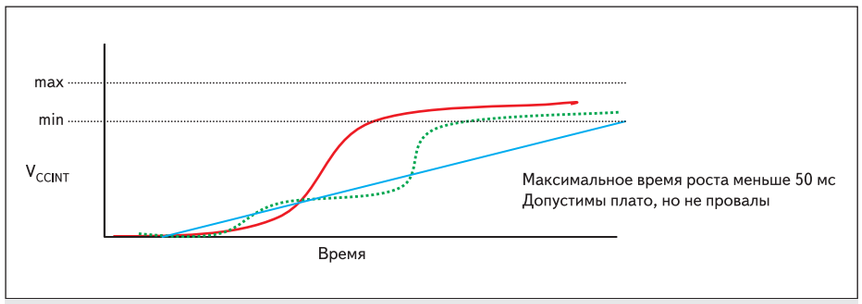

Рис. 3. Рост напряжения

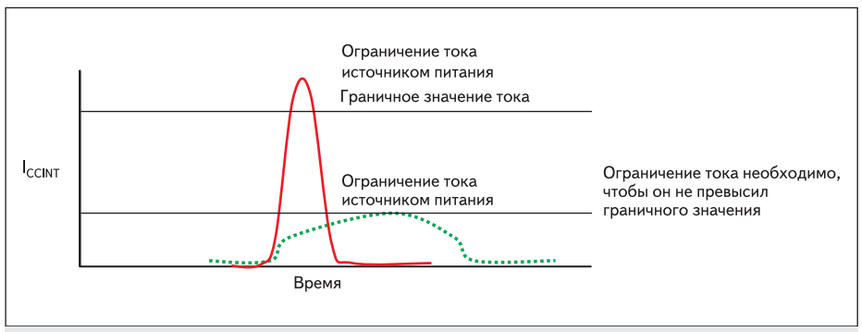

Рис. 4. Ограничение тока

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 148

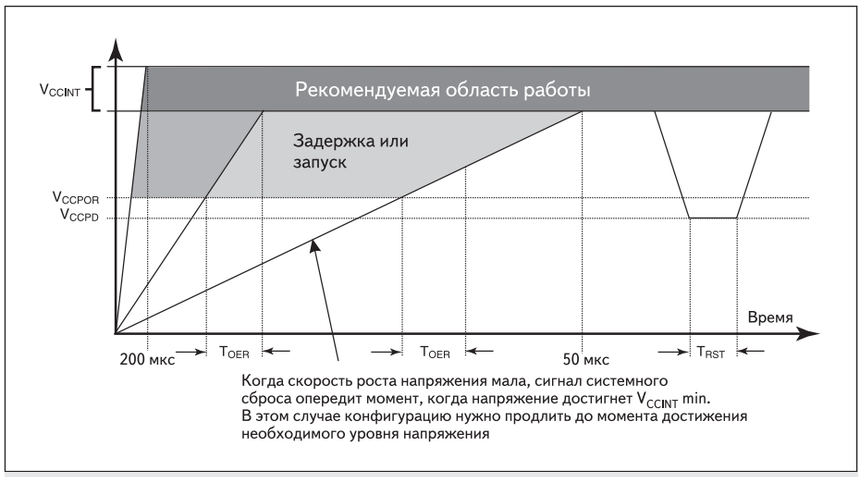

Рис. 5. Пояснение к требованию скорости роста напряжения питания для семейства XC18V00 с конфигурационной постоянной памятью

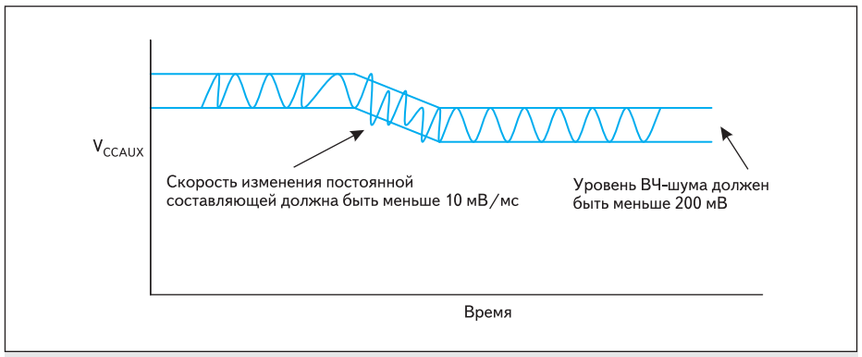

Рис. 6. Высокочастотный шум и скорость изменения V_{CCAUX}

к продолжительности переходного процесса по напряжению для семейства конфигурационной памяти XC18V00. Данный пример показывает, что минимальная продолжительность переходного процесса больше чем 200 мкс. Заметьте, что ППЗУ и ПЛИС удерживаются в состоянии сброса до тех пор, пока напряжение V_{CCINT} не достигнет значения напряжения сброса V_{CCPOR}. Когда нужное значение достигнуто, осуществляется задержка для достижения напряжением минимального рабочего значения V_{CCINT} min. После сигнала системного сброса начинается процесс загрузки ПЛИС. Обратите внимание, что при медленном нарастании V_{CCINT} требуется дополнительная задержка для удержания ПЛИС и ПЗУ в состоянии сброса до тех пор, пока напряжение питания не достигнет минимального рабочего значения V_{CCINT} min. Для этого необходимо использовать дополнительную схему слежения за напряжением питания (супервизор).

Если уровень напряжения на входе ПЗУ падает ниже своего минимального порога (V_{CCPD}) на время большее, чем T_{RST}, то ПЗУ перейдет в состояние сброса, пока V_{CC} опять не достигнет уровня V_{CCPOR}. Дополнительная информация представлена в спецификации XC18V00 Series of In-System Programmable Configuration PROMs, DS026 (v5.0). Необходимо также отметить, что при падении напряжения V_{CCINT} до уровня ниже своего минимального рабочего значения, оно должно достигнуть меньшего значения, чем 0,1 В перед тем, как снова вернется в нормальное рабочее значение. Следовательно, разрядные резисторы должны обеспечивать быстрое снижение напряжения на шунтирующих конденсаторах.

Шум источника питания

Уровень шума дополнительного напряжения питания V_{CCAUX} весьма важен для некоторых ПЛИС. Уровень пульсаций и шума для V_{CCAUX} должен быть ниже 200 мВ пикового значения, а скорость изменения постоянной составляющей этого напряжения не должна быть выше 10 мВ/мс (рис. 6).

Шунтирующие конденсаторы

Для снижения уровня высокочастотного шума на каждый вывод питания ПЛИС необходимо ставить шунтирующий конденсатор. Шунтирующий конденсатор для ядра ПЛИС обеспечивает возможность протекания кратковременных переходных токов. В зависимости от семейства ПЛИС и конкретного его применения, ядро может потребовать амперных выбросов тока длительностью 50 пс. Таким образом, частотный диапазон, покрываемый шунтирующими конденсаторами, должен быть от 1 кГц до 500 МГц (см. источник [1. стр. 23]). Кроме того, частотный диапазон может быть разбит на три поддиапазона: низкий, средний и высокий. Для высокочастотного диапазона необходимо использовать конденсатор с низкой индуктивностью и емкостью от 0,0001 до 0,1 мкФ и помещать его на расстоянии не больше чем 1 см от вывода питания ПЛИС.

Для определения параметров ВЧ конденсатора Xilinx использует метод «запаса (хранения) средней энергии». Подробно этот метод рассмотрен в [1].

Шунтирующие конденсаторы требуются и для протекания «ключевых» токов блоков ввода-вывода. Общая величина тока системы ввода-вывода определяется числом одновременно коммутируемых выводов (ОКВ или SSO). Максимальное число ОКВ для каждого банка ввода-вывода определено в спецификации конкретной ПЛИС. Процент использования выводов от максимального числа ОКВ определяет количество необходимых шунтирующих конденсаторов [5].

Алгоритм проектирования схемы питания ПЛИС с использованием таблиц выбора

Итак, система питания ПЛИС представляет собой набор стабилизаторов, обеспечивающих необходимые уровни питающих напряжений и токов. Поэтому для начала следует определить степень применения ресурсов ПЛИС, а затем оценить потребляемые токи и используемые уровни напряжений. Далее, исходя из семейства и условий работы ПЛИС, выбирают оптимальное решение для системы питания — тип стабилизатора и конкретную ИС.

Оптимальный выбор стабилизатора легко осуществить с помощью трех таблиц выбора (приводятся в конце статьи), составленных фирмой Semtech для всех производимых семейств ПЛИС фирмы Xilinx. В таблице А представлены напряжения питания ядра, блоков ввода-вывода и вспомогательные напряжения всех семейств ПЛИС и конфигурационной памяти. Для большинства ПЛИС указан ток потребления в момент подачи питания, максимальный ток потребления блоков ввода-вывода и ток потребления вспомогательными устройствами ПЛИС. Таблица Б предлагает провести выбор стабилизаторов для семейств ПЛИС и памяти. Выбор осуществляется исходя из следующих параметров: напряжение первичного источника питания (V_{IN}), напряжение ядра ПЛИС (V_{INT}) и потребляемый ток. Таблица В предоставляет возможность выбора стабилизатора напряжения блоков ввода-вывода и дополни-

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 149

тельных функций. Параметрами выбора являются: напряжение подсистемы питания ввода-вывода (V_{CCO}), первичное напряжения питания V_{IN} и ток потребления.

Удобен следующий алгоритм проектирования системы питания ПЛИС с использованием таблиц выбора ИС стабилизаторов:

1. Выбрать конкретную ПЛИС и необходимую рабочую частоту.
2. Оценить потребляемую мощность ПЛИС в соответствии со значением напряжения питания ядра (V_{CCINT}), ввода-вывода (V_{CCO}) и вспомогательных функций (V_{CCAUX}), используя Xilinx Power Estimator [1].
3. Для определения подходящих ИС стабилизаторов питания используем таблицы выбора (в конце статьи).

По таблице А выбираем необходимые для семейства напряжения питания ядра, блоков ввода-вывода и вспомогательного напряжения.

По таблице Б находим ИС стабилизатора для питания ядра ПЛИС.

По таблице В определяем ИС стабилизаторов для питания блоков ввода-вывода и питания дополнительных функций.

4. Таблицы обеспечивают только начальный выбор подходящих стабилизаторов. Для каждого решения необходимо дальнейшее уточнение условий работы — параметров по постоянному току (входное напряжение, потребляемый ток, рассеиваемая мощность и максимальная температура перехода), а также условий протекания переходных процессов (ток при включении питания, стабильность при изменении импеданса нагрузки).

Пример выбора схемы питания ПЛИС

При построении схемы питания необходимо руководствоваться документом [4].

1. Выберем для примера ПЛИС Virtex-II Pro XC2VP70.
2. С помощью программного средства [1] оценим потребляемую мощность для всех источников питания используемых в Virtex-II Pro XC2VP70.
   - Входное напряжение V_{IN} = 5 В;
   - V_{CCINT} = 1,5 В, при I_{CCINT} = 8 А;
   - V_{CCO} = 3,3 В, при I_{CCO} = 2 А;
   - V_{CCAUX} = 2,5В, при I_{CCO} = 300 мА.
3. Из предыдущего шага определили необходимые величины мощности:
   На основании таблицы Б найдем ИС, удовлетворяющие параметрам мощности. Возможны три следующих решения для источника напряжения V_{CCINT}:
   - импульсный стабилизатор напряжения SC4607;
   - импульсный стабилизатор напряжения SC2441 или
   - контроллер линейного стабилизатора напряжения SC4210A.
4. Произведем расчеты рассеяния мощности, температуры перехода кристалла и КПД.

Таблица А. Напряжения питания ядра, линий ввода-вывода и вспомогательные напряжения питания для семейств Xilinx FPGA, CPLD и конфигурационного ПЗУ

Семейство FPGA	V_{CCINT}	I_{CCPO}		V_{CCO}						I_{CCO} max	V_{CCAUX}		I_{CCAUX} max
		Коммер.	Ин-дустр.	1,2 В	1,5 В	1,8 В	2,5 В	3,0 В	3,3 В		3,3 В	2,5 В	
Spartan XCS05, 10, 20, 30, 40	5	100 мА											
Spartan-XL XCS05XL, 10XL, 20XL, 30XL, 40XL	3,3	100 мА											
Spartan-II BC2S15, 30, 50, 100, 150, 200	2,5	250 мА(1)	1,5 А(1)		•		•		•	500 мА			
Spartan-3 XC3S50, 200, 400, 1000, 1500, 2000, 4000, 5000	1,2			•	•	•	•	•	•	500 мА 1,2 А 2 А		•	300 мА
Spartan-3E XC3S100E, 250E, 500E, 1200E, 1600E	1,2			•	•	•	•	•	•	500 мА 1,5 А 3 А		•	50 мА 60 мА 100 мА
Spartan-IIE XC2S50E, 100E, 150E, 200E, 300E, XC2S400E, 600E	1,8	300 мА 500 мА	500 мА 700мА		•	•	•		•	500 мА 750 мА			
Virtex-5 XC5VLX30, 50, 85, 110, 220, 330	1,0				•	•	•		•	2 А 5 А		•	500 мА 600 мА
Virtex-4 XC4VLX15, 25, 40, 60, 80, 100, 160, 200 XC4VSX25, 35, 55 XC4VFX12, 20, 40, 60, 100, 140	1,2	110, 160, 250, 300, 400 500, 700, 850 175,250,400 111,151,244,339, 511,702 мА		•	•	•		•	3 А 0,5 2,5 А 4 А		•	1 А 0,4 А 1 А 2 А	
Virtex-II XC2B40, 80, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, XC2B4000, 6000, 8000	1,5	200 мА 250 мА 1100 мА		•	•	•		•	2,3 А	•(3)		50 мА	
Virtex-II Pro XC2BP2, 4, 7	1,5	500 мА		•	•	•		•	8 А		•(3)	1 А	
XC2BP20, 30, 40, 50		600, 800, 1050, 1250 мА							10 А				
XC2BP70, 100, 125		1,7, 2,2, по							20 А				
Virtex-E, Virtex-E Ext Mem XCB50E, 100E, 200E, 300E 400E, 600E 1000E, 1600E, 2000E, 2600E, 3200E	1,8	500 мА 500 мА 1,2 А	2А		•	•	•	•	•	3 А 5 А 5 А			
Virtex XCB50, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000	2,5	500 мА	2А							3 А 5 А			
Семейство CPLD													
CoolRunner XPLA3 XCR3032XL, 3064XL, 3128XL, 3256XL, 3384XL, 3512XL	3,3	(7)											
CoolRunner-II XC2C32, 64, 128, 256, 384, 512	1,8	100 мА (5, 6, 7)			•	•	•		•				
XC9500, XC2C32, 64, 128, 256, 384, 512	5,0												
XC9500XL, XC9526XL, 9572XL, 95144XL, 95288XL	3,3						•						
XC9500XB, XC9536XB, 9572XB, 95144XB, 95288XB	2,5					•	•		•				

Конфигурационное ПЗУ	V_{CCINT} (4, 9)	I_{CCINT} max	$V_{CCO(4)}$						I_{CCO} max
			1,2 В	1,5 В	1,8 В	2,5 В	3,0 В	3,3 В	
XC18V00 XC18V512, 01, 02, 04	3,3 В, 10%	25 мА			•			25 мА	
XCFXX XCF01S, 02S, 04S	3,3 В, 10%	20 мА	•	•	•			25 мА(6)	
XCF08P16P, 32P	1,8 В, 10%	20 мА	Нет отдельного напряжения питания V_{CCO}						
XC17V00 XC17V01, 02, 04	3,3 В, 10%	15 мА							
SC17V05,16	3,3 В, 10%	100 мА							
XC1700E, L XC1704L, 02L, 01/L, 512L, 36E, 65E/EL, 128E, EL, 256E, EL	5 В	10 мА							
XC17S00 XC17S05, 10, 20, 30, 40	5 В	10 мА							
XC17S00XL 05XL, 10XL, 20XL, 30XL, 40XL, 50XL, 100XL, 150XL	3,3 В, 10%	5 мА							
XC17S00A 15A, 30A, 50A, 100A, 150A, 200A, 300A	3,3 В, 10%	15 мА							

Выходная мощность для источника питания напряжением 1,5 В:

$$P_{OCCCINT} = V_{CCINT} \times I_{CCINT} = \\ = 1{,}5\ \text{В} \times 8\ \text{А} = 12\ \text{Вт}.$$

Для линейного стабилизатора напряжения входная мощность была бы следующей:

$$P_{ICCCINT} = V_{IN} \times I_{CCINT} = \\ = 5\ \text{VDC} \times 8\ \text{А} = 40\ \text{Вт}.$$

А рассеяние мощности:

$$P_{DCCCINT} = P_{ICCCINT} - P_{OCCCINT} = \\ = 40 - 12 = 28\ \text{Вт}.$$

Тогда КПД был бы следующий:

$$\text{КПД} = P_{OCCCINT}/P_{ICCCINT} = 12/40 = 30\%.$$

Применим транзистор — FDB7030BL (Fairchild).

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 150

Таблица Б. Выбор стабилизаторов напряжения для питания ядра ПЛИС (FPGA и CPLD) или конфигурационной памяти

Семейство FPGA

Spartan, Spartan-XL, V_{CCINT} = 5 В±5%		Максимальный выходной ток		
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<3 А
>1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502	
2,5÷5 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502	
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC2440, SC4519, SC4510	SC2440, SC4519, SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4519, SC4510

Spartan-II, Virtex, V_{CCINT} = 2,5 В±5%		Максимальный выходной ток			
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<5 А	5 А<I_{max}<8 А
>1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502	SC4210A, SC2441	SC4210A, SC2441
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190	SC4215A, SC4620, SC4607, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607, SC4210A
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC2440, SC4519, SC4510	SC4510	SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611

Spartan-3, Spartan-3E, Spartan-3L, Virtex-4, V_{CCINT} = 1,2 В±5%		Максимальный выходной ток			
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<5 А	5 А<I_{max}<8 А
>1,8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC4210A, SC2441
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	SC4215A, SC4620, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607, SC4210A
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC2440, SC4519, SC4510	SC4510	SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611

Spartan-IIE, Virtex-E, V_{CCINT} = 1,8 В±5%		Максимальный выходной ток			
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<5 А	5 А<I_{max}<8 А
>1, 8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC4210A, SC2441
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	SC4215A, SC4620, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC2440, SC4519, SC4510	SC4510	SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611

Virtex-II, Virtex-II Pro, V_{CCINT} = 1,5 В ±5%		Максимальный выходной ток				
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<5 А	5 А<I_{max}<15 А	<25 А
>1,8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC4210A, SC2441	SC2441
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	SC4215A, SC4620, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC2441
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC2440, SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510, SC2446
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611, SC2442	SC4611, SC2442

Virtex-5, VCCINT = 1,0 В±5%		Максимальный выходной ток				
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<5 А	5 А<I_{max}<15 А	<25 А
>1,8 В	Понижающие	SC192, SC194A	SC2440	SC4210A, SC2441	SC2441	SC2441
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	SC4215A, SC4620, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC2441
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC2440, SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510, SC2446
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611, SC2442	SC4611, SC2442

Spartan-3, Spartan-3E, Spartan-3L, V_{CCINT} = 1,2 В±5%		Максимальный выходной ток			
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А	2 А<I_{max}<5 А	5 А<I_{max}<8 А
>1,8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC4210A, SC2441
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	SC4215A, SC4620, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607, SC4210A
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC2440, SC4519, SC4510	SC4510	SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611

Семейство CPLD

CoolRunner XPLA3, XC9500XL, V_{CCINT} = 3,3 В±5%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	< 300 мА	300 мА<I_{max}<2 А
>1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502
3,3÷5В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190	SC4215A, SC4620, SC192
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611

CoolRunner-II, V_{CCINT} = 1,8 В±5%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	< 200 мА	
>1,8 В	Понижающие	SC1408, SC1563, SC192	
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440*	
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	

XC9500, V_{CCINT} = 5,0 В±5%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А
>1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502
2,5÷5 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC4519, SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611

XC9500XV, V_{CCINT} = 2,5 В±5%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	<300 мА	300 мА<I_{max}<2 А
>1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190	SC4215A, SC4620, SC192
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC4519, SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC4519, SC4611

Конфигурационное ПЗУ

XC18V00, XCFXXS, XC17V00, XC17S00, XC17S00A(8), V_{CCINT} = 3,3 В±10%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	<30 мА	30 мА<I_{max}<200 мА
>1,8 В	Повышающие	SC1462, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502
2,5÷5 В	Понижающие	SC5205	SC5205, SC1453, SC1454 SC1457, SC553, SC192, SC190
≤12 В	Понижающие	SC5205	SC5205
≤24 В	Понижающие	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611

XC1700E, CX1700L, XC17S00, V_{CCINT} = 5,0 В±10%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	<30 мА	30 мА<I_{max}<200 мА
>1,8 В	Повышающие	SC1462, SC4501, SC4502	SC4501, SC4502
2,5÷5 В	Повышающие	SC1462, SC4501, SC4502	SC1462, SC4501, SC4502
≤12 В	Понижающие		
≤24 В	Понижающие	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611

XCFXXP, V_{CCINT} = 1,8 В±10%		Максимальный выходной ток	
V_{IN} Range	Преобразование	<30 мА	30 мА<I_{max}<200 мА
>1,8 В	Понижающие	SC1408, SC1563, SC192	SC1408, SC4215A, SC4620, SC192
2,5÷5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC190, SC194A	SC4215A, SC4620, SC192, SC190, SC194A
≤12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC4519, SC4510
≤24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518, SC2440	SC4519, SC4611

Тогда температура кристалла транзистора составит:

$$T_J = R_{JA} \times P_{DCCCINT} + T_A = 62{,}5 \times 28 + 40 = 1790\ °C$$

намного больше предельно допустимой (150 °С). Таким образом, мы вынуждены будем применить радиатор.

Чтобы не рассеивать не нужную мощность и тем самым повысить КПД и снизить габариты источника питания, будем использовать импульсный стабилизатор напряжения.

Для питания ядра и блоков ввода-вывода возьмем ИС SC4607. Для питания вспомогательных функций и терминальных резисторов выберем линейные стабилизаторы напряжения со сверхнизким падением напряжения SC4215 и SC1563 соответственно.

KiT#61(8).qxd 8/26/2006 7:20 PM Page 151

Таблица В. Стабилизаторы для питания линий ввода-вывода и дополнительных функций

V_{CCO}	Входное напряжение		Максимальный выходной ток				
	Диапазон	Преобразование	<300 мА	<300 мА<I_{CCO}<2 А	2 А<I_{CCO}<5 А	5 А<I_{CCO}<10 А	>10 А
1,2 В	1,8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC2441	SC2441
	2,5–5 В	Понижающие	SC1563, SC192(14), SC194A	SC4215A, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607	SC4607
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510, SC4210	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
1,5 В	1,8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC2441	SC2441
	2,5–5 В	Понижающие	SC1563, SC192, SC194A	SC4215A, SC4607, SC192, SC194A	SC4607, SC4210A	SC4607	SC4607
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
1,8 В	1,8 В	Понижающие	SC4211	SC4215A	SC4210A, SC2441	SC2441	SC2441
	2,5–5 В	Понижающие	SC1563, SC192	SC4215A, SC4607, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607	SC4607
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
2,5 В	1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501	SC4501			
	2,5–5 В	Понижающие	SC1563, SC192	SC4215A, SC4607, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
3,0 В	1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501	SC4501			
	2,5–5 В	Повышающие/ Понижающие	SC1563, SC192	SC4215, SC4607, SC450, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
3,3 В	1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501	SC4501			
	2,5–5 В	Повышающие/ Понижающие	SC1563, SC192	SC4215, SC4607, SC4501, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
V_{CCAUX}	Входное напряжение		Максимальный выходной ток				
Диапазон		Преобразование	<300 мА	<300 мА<I_{CCAUX}<2 А	2 А<I_{CCAUX}<5 А	5 А<I_{CCO}<10 А	>10 А
2,5 В	1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501	SC4501			
	2,5–5 В	Понижающие	SC1563, SC192	SC4215A, SC4607, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
3,3 В	1,8 В	Повышающие	SC1408, SC4501	SC4501			
	2,5–5 В	Понижающие	SC1563, SC192	SC4215A, SC4607, SC192	SC4607, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A	SC4607, SC2441, SC4210A
	<12 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4510	SC4510	SC4510	SC4510
	<24 В	Понижающие	SC4517A, SC4518	SC4519, SC4611	SC4611	SC4611	SC4611
RocketI/O Supplies	Входное напряжение		Максимальный выходной ток				
	Диапазон	Преобразование	<100 мА	<300 мА<I_{CCAUX}<2 А	1 А<I_{CC}<2 А	2 А<I_{CC}<5 А	
$V_{CCAUXTX}$ $V_{CCAUXRX}$ 2,5 В	1,8 В	Повышающие	SC4501	SC4501	SC4501		
	2,5–5 В	Понижающие	SC5205, SC1453, SC1457, SC553, SC192	SC4211, SC4607, SC192	SC4215A, SC4607, SC4210A	SC4607, SC4210A	
	<12 В	Понижающие	SC5205	SC4519, SC4510	SC4519, SC4510	SC4510	
	<24 В	Понижающие	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4611	
V_{TTX}, V_{TRX} DC Coupled 3,3 В	1,8 В	Повышающие	SC4501	SC4501	SC4501		
	2,5–5 В	Понижающие	SC5205, SC1453, SC1457	SC4211, SC4607, SC553, SC192	SC4215A, SC4607, SC192	SC4607, SC4210A, SC4210A	
	<12 В	Понижающие	SC5205	SC4519, SC4510	SC4519, SC4510	SC4510	
	<24 В	Понижающие	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4611	
V_{TTX} AC Coupled 2,5 В±5%	1,8 В	Повышающие	SC4501	SC4501	SC4501		
	2,5–5 В	Понижающие	SC5205, SC1453, SC1457, SC553, SC192	SC4211, SC4607, SC192	SC4215A, SC4607, SC4210A	SC4607, SC4210A	
	<12 В	Понижающие	SC5205	SC4519, SC4510	SC4519, SC4510	SC4510	
	<24 В	Понижающие	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4611	
V_{TRX} AC Coupled 2,5 В±5%	1,8 В	Повышающие	SC4501	SC4501	SC4501		
	2,5–5 В	Понижающие	SC5205, SC1453, SC1457, SC553, SC192	SC4211, SC4607, SC192	SC4215A, SC4607, SC4210A	SC4607, SC4210A	
	<12 В	Понижающие	SC5205	SC4519, SC4510	SC4519, SC4510	SC4510	
	<24 В	Понижающие	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4519, SC4611	SC4611	

Заключение

Мы рассмотрели только некоторые аспекты разработки источников питания ПЛИС. При конкретном проектировании, конечно, появится множество других вопросов и «подводных камней», например, разводка печатной платы, выбор пассивных компонентов и т. д. Разумеется, больше всего вопросов возникнет при разработке импульсных стабилизаторов, выборе рабочей частоты, ограничении тока, построении выходного фильтра.

Данная статья ни в коем случае не претендует на замену оригинальных спецификаций, скорее наоборот — это обзор и руководство по дальнейшему использованию. При проектировании источника питания, естественно, придется обратиться к документации как для ПЛИС, так и для ИС стабилизаторов напряжения.

С целью повышения КПД системы питания лучше использовать импульсные стабилизаторы, особенно если первичный источник питания — батарея или аккумулятор.

Необходимо также отметить основные достоинства ИС стабилизаторов компании Semtech: высокий КПД, высокая частота работы ключевых стабилизаторов и контроллеров, что обеспечивает малые размеры пассивных элементов, небольшое количество дополнительных элементов, требуемых для построения ключевых стабилизаторов. Все ИС питания Semtech производятся в миниатюрных корпусах для поверхностного монтажа.

По материалам «Руководства по проектированию источников питания ПЛИС Xilinx компании Semtech» (Semtech Power Management Application and Design Guide for Xilinx FPGAs).

Литература

1. Интернет-ресурс для расчета потребляемой мощности ПЛИС Xilinx Web Power Tools: www.xilinx.com/products/design_resources/power_central/index.htm
2. Таблицы выбора ИС питания: www.semtech.com/pc/downloadDocument.do?id=654 (файл FPGAX-SG. pdf)
3. XAPP158 «Powering Xilinx FPGAs» — «Питание ПЛИС Xilinx».
2. XAPP189 «Powering Xilinx Spartan-II FPGAs» — «Питание ПЛИС семейства Spartan-II».
3. Каршенбойм И. Микросхемы FPGA фирмы Actel // Компоненты и технологии. № 2. 2003.
4. XAPP451 «Power-Assist Circuits for the Spartan-II and Spartan-IIE Families» — «Вспомогательные цепи для питания ПЛИС семейств Spartan-II и Spartan-IIE».
5. XAPP623 «Power Distribution System (PDS) Design: Using Bypass/Decoupling Capacitors» — «Система распределенного питания, использование шунтирующих конденсаторов».
6. XAPP689 «Managing Ground Bounce in Large FPGAs» — «Снижение скачков общего потенциала в больших проектах, использующих ПЛИС».
7. XAPP450 «Power-On Requirements for the Spartan-II and Spartan-IIE Families» — «Требования при включении питания для семейств Spartan-II и Spartan-IIE».
8. XAPP389 «Powering CoolRunner-II CPLDs» — «Питание ПЛИС семейства CoolRunner-I»I.
9. XAPP110 «XC9500 CPLD Power Sequencing» — «Последовательность подачи напряжений питания ПЛИС семейства XC9500».