

УДК 621.38\001.2

Е.А. Глазкова

ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ (ПЛИС)

Рассмотрены особенности проектирование источника электропитания ПЛИС. Рассмотрены способы реализации блоков выпрямления и стабилизации напряжения и обеспечения требуемой очерёдности подачи напряжений на ПЛИС.

Ключевые слова: источник электропитания, выпрямитель напряжения, стабилизатор напряжения, ПЛИС, напряжение электропитания ПЛИС.

В большинстве сложных цифровых микросхем используется несколько питающих электрических напряжений, которые должны подаваться на микросхему в строгой последовательности и с необходимой скоростью нарастания.

Для каждого напряжения используется свой собственный источник электропитания.

Структурная схема источника электропитания ПЛИС (программируемой логической интегральной схемы) состоит из первичного источника электропитания, формирующего входное напряжение для вторичного источника электропитания и секвенсора. Напряжение от первичного источника поступает на несколько вторичных, с помощью которых формируются все необходимые напряжения электропитания. Секвенсор формируют необходимую последовательность подачи напряжений и/или скорость их нарастания. Следует особо отметить, что одним из ключевых компонентов интерфейса электропитания ПЛИС является цепочка шунтирующих конденсаторов вокруг ПЛИС. Они позволяют распределить рабочий ток между потребителями, используя низкоимпедансные пути прохождения тока, тем самым снижая уровень высокочастотного шума.

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

- тактовую частоту ПЛИС (потребляемая мощность пропорциональна частоте);
- количество задействованных ресурсов ПЛИС;
- число необходимых питающих электрических напряжений и отдельных источников электропитания;
- диапазон рабочих температур.

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

Все ПЛИС нуждаются в источнике напряжения электропитания ядра, но большинство сложных ПЛИС испытывают потребность и в отдельном источнике напряжения электропитания для блоков ввода-вывода, источ-

нике опорных напряжений, источнике напряжения для терминальных резисторов и источнике напряжения для дополнительных функций. Рассмотрим более подробно типы напряжения электропитания, необходимые для ПЛИС *Xilinx*:

- V_{CCINT} — внешнее напряжение электропитания 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 электропитания включает: 1,2; 1,5; 1,8; 2,5; 3,3 и 5,0 В. Напряжение электропитания ядра может использоваться и для электропитания конфигурационного ППЗУ.

- V_{CCO} — напряжение электропитания 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 электропитания устройства ввода-вывода ($VCCO$).

- V_{CCAUX} — вспомогательное напряжение электропитания, 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

электропитания ядра напряжением V_{CCO} обладает низким шумом, от него можно запитать блоки вспомогательных функций.

- $V_{CCAUXTX}$ — вспомогательное напряжение электропитания 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 электропитания необходимо для дифференциального порта, использующего различные стандарты ввода-вывода, таких как *LVDS*.

- V_{TT} — напряжение электропитания терминальных резисторов.

В зависимости от семейства ПЛИС может потребоваться определенная последовательность подачи питающих напряжений. Для семейства *Spartan-II E* требуется одновременная подача напряжений V_{CCINT} и V_{CCO} . Если напряжение ядра V_{CCINT} подать раньше напряжения электропитания блоков ввода-вывода, ток может резко вырасти из-за того, что линии ввода-вывода не находились в высокоимпедансном состоянии. Тем не менее, если ток I_{CCPO} обеспечивается источником электропитания 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 электропитания.

Для электропитания разрабатываемой ПЛИС требуются два питающих напряжения: 2В для электропи-

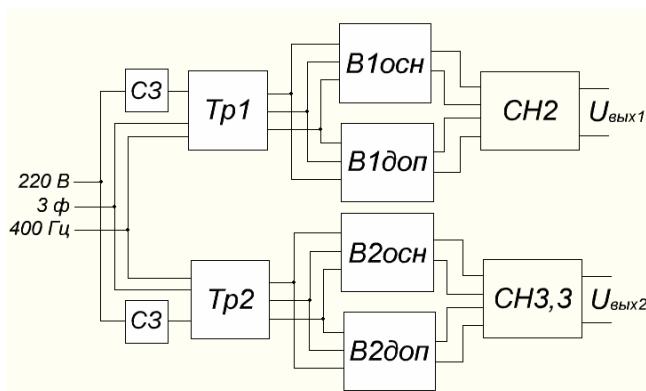


Рис. 1. Структурная схема источника электропитания

тания блоков ввода-вывода и ЗВ для электропитания ядра. Необходимо обеспечить как можно меньший интервал ($0 \div 30$ мс) между включением выходных сигналов напряжений источника электропитания и их определённую очерёдность: в начале требуется подать напряжение 3,3 В, а затем 2 В. Напряжения должны подаваться в такой очерёдности или одновременно.

Для каждого напряжения, подаваемого на ПЛИС, используется свой собственный источник электропитания (рис. 1). Каждый из них состоит из трансформатора (Tp1 и Tp2), питающегося от трёхфазной сети напряжением 220 В и частотой 400 Гц, выпрямителей напряжения (B1_{осн}, B1_{доп} и B2_{осн}, B2_{доп}), и стабилизатора напряжения (CH2 и CH3,3).

Выпрямители напряжения B1_{осн}, B1_{доп} и B2_{осн}, B2_{доп} обеспечивают на выходе два необходимых выпрямленных напряжения постоянного тока: основное и дополнительное. На входе источников вторичного электропитания установлены узлы защиты от перенапряжения на основе плавкого предохранителя (C3).

CH2 и CH3,3 имеют выходные параметры 2 В 4 А и 3,3 В 6 А.

Исполнения стабилизаторов отличаются, в основном, количеством транзисторов регулирующего компонента, поэтому рассмотрим только один из них — CH3,3.

Данный компенсационный стабилизатор напряжения непрерывного действия помимо основного стабилизатора напряжения содержит также дополнительный параметрический стабилизатор напряжения, схему защиты от перенапряжения на выходе, от перегрузок по току и коротких замыканий в нагрузке. Его структурная схема приведена на рис. 2.

В состав стабилизатора напряжения входят следующие функциональные узлы:

- основной узел компенсационной стабилизации;
- дополнительный узел параметрической стабилизации (ПСН);
- устройство защиты от перегрузок по току и коротких замыканий в нагрузке;
- устройство защиты от превышения напряжения в выходных цепях.

Основной узел компенсационной стабилизации напряжения состоит из регулирующего элемента (РЭ), измерительного элемента (ИЭ1), схемы управления (СУ), включающей в себя схему сравнения и усилитель постоянного тока.

Схема защиты от перенапряжения на выходе (СЗН) включает в себя измерительный элемент (ИЭ2), пороговое устройство (ПУ) и ключ (К).

Схема защиты от перегрузок по току и коротких замыканий в нагрузке (СЗТ) состоит из датчика тока (ДТ) и части схемы управления (СУ).

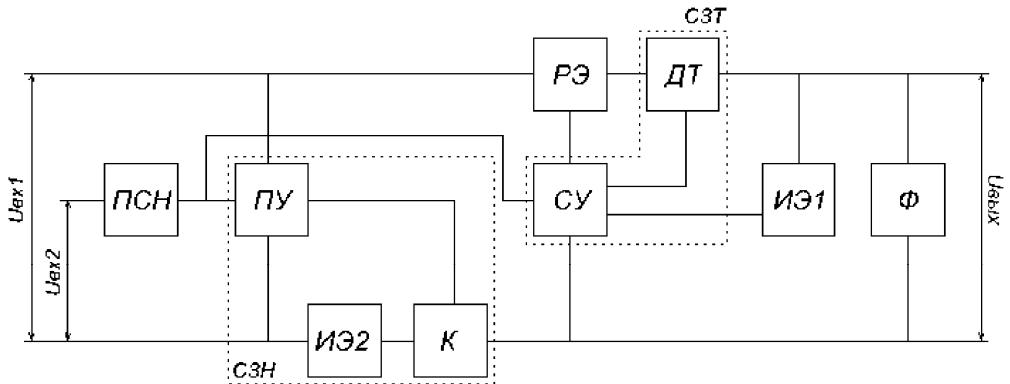


Рис. 2. Структурная схема стабилизатора напряжения

Один из способов обеспечения требуемой очерёдности включения напряжений — подбор соответствующей ёмкость конденсаторов в фильтрах выпрямителей и стабилизаторов напряжения.

Другой метод — использование электрического ключа и устройства управления. При использовании данного метода и правильном подборе элементов схем задержка между появлением напряжений на ПЛИС будет определяться временем включения ключа.

Разработанный источник электропитания может применяться для ПЛИС, для обеспечения работы которых требуются такие же уровни питающих напряжений блока ввода-вывода, ядра и очерёдность их включения.

Алгоритмы разработки источника электропитания могут применяться при решении сходных задач, как разработки блоков источника электропитания, так и при решении задач обеспечения селективности каналов электропитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов С. «Применение стабилизаторов Micrel для питания ПЛИС и DSP» // Мир электронных компонентов, 2008, № 3. — С. 37—42.
2. Шаропин Ю., Будаев В. «Основы построения систем электропитания ПЛИС» // Компоненты и технологии, 2006, № 8 — С. 144—151.
3. Найвельт Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов Ч.И. и др, под редакцией Найвельта Г.С. «Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: справочник». — М.: Радио и связь, 1985. — С. 576.
4. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. «Электроника», 2 издание. — М.: Высшая школа, 1991 — С. 617. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Глазкова Е.А. – кафедра автоматики и управления в технических системах, glazkovaea@gmail.com, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru