

Серия микросхем ШИМ-контроллеров разработки компаний «НИИЭТ» и «Группа КРЕМНИЙ ЭЛ» на основе 20-В БиКДМОП-технологии

Илья СУРОВ
sur@niet.ru
Андрей БЕЛЯЦЕВ
Олег ДАНЦЕВ
dantsev@sitsemi.ru
Глеб ИГНАТЕНКО

В статье приводятся сведения о результатах разработки серии микросхем ШИМ-контроллеров, выполненной компаниями «НИИЭТ» и «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ», основные технические характеристики разработанных микросхем, их типовые схемы включения, описываются макетно-отладочные средства для них, включающие демонстрационные платы вторичных источников питания, построенные на микросхемах ШИМ-контроллеров, и SPICE-модели для симулятора LTspice.

В начале 2020 года Научно-исследовательский институт электронной техники (г. Воронеж) совместно с компанией «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» (г. Брянск) приступил к разработке серии микросхем ШИМ-контроллеров для вторичных источников питания (ВИП). Для данного проекта в компании «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» была разработана 20-В БиКДМОП-технология,

предназначенная для изготовления интегральных микросхем силовой электроники. Эта технология позволяет создавать силовые интегральные схемы с мощными ключами на выходе, способными работать на индуктивную или резистивную нагрузку, в частности микросхемы DC/DC-преобразователей, ШИМ-контроллеров, линейных стабилизаторов с малым падением напряжения и т. д.

Основные типы микросхем, которые могут быть изготовлены по данному технологическому процессу, приведены на рис. 1.

К основным элементам технологии относятся горизонтальный *n*-канальный ДМОП-транзистор, изолированный *n*-канальный МОП-транзистор, *p-n-p*-транзистор (рис. 2а), *p-n-p*-транзистор (рис. 2б), вертикальный *p-n-p*-транзистор с изолированным коллектором, КМОП-транзисторы (рис. 2в), *n*-канальный JFET-транзистор, стабилизатор, пережигаемая перемычка, конденсаторы на подзатворном диэлектрике и резисторы.

Совместно с компанией «НИИЭТ» была выполнена характеристика разработанного технологического процесса для применения в САПР по проектированию интегральных схем, что включало создание библиотеки аналоговых элементов, SPICE-моделей элементов, правил проверки на конструкторско-технологические ограничения и правил верификации электрических схем с топологией. Характеристика позволила сократить время разработки электрических схем кристаллов и постановки их на производство.

На основе данного технологического процесса созданы две серии микросхем — 1396EУxxx и 5340EУxxx. Их назначение и основные технические характеристики приводятся далее. Микросхемы выпускаются в металлополимерных (пластиковых) корпусах, соответствующих по габаритам и посадочным местам корпусам SO-8 и SO-20, а также в металлокерамическом исполнении.

Микросхемы 5340EУ014 и 5340EУ015 представляют собой однотактные ШИМ-

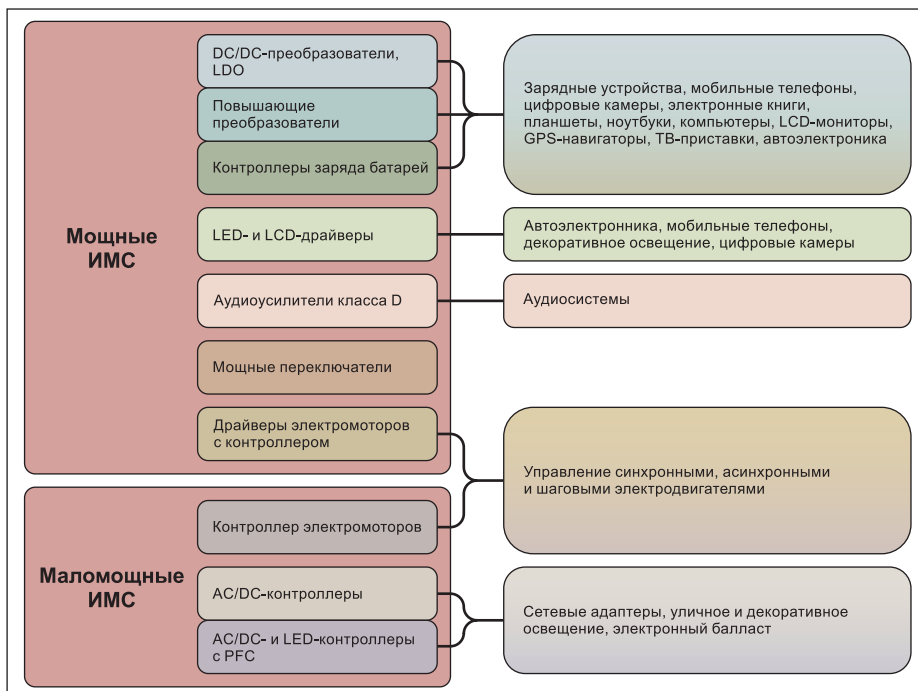


Рис. 1. Основные типы микросхем, изготавливаемых по 20-В БиКДМОП-технологии, и области их применения

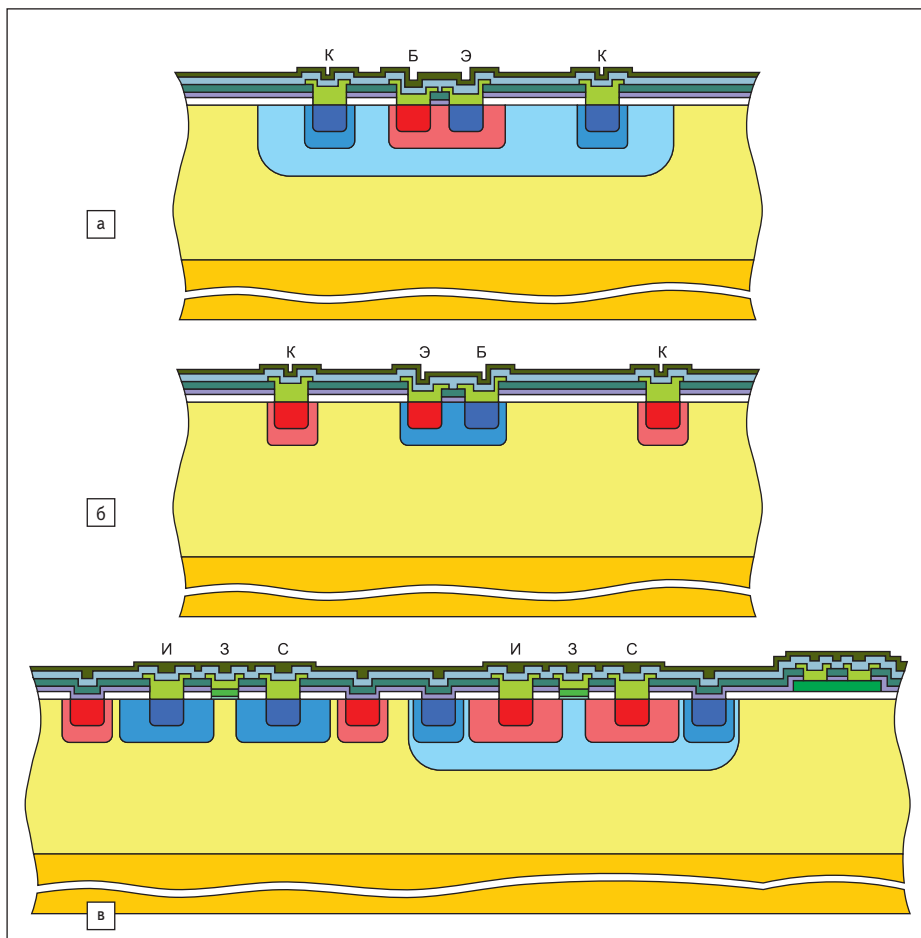


Рис. 2. Структуры некоторых основных элементов 20-В БикДМОП-технологии: а) n-p-n-транзистор; б) p-p-p-транзистор; в) КМОП-транзисторы

контроллеры для построения прямоходовых и обратноходовых преобразователей на-пряжения. В их состав входят блок защиты

от пониженного напряжения питания, источник опорного напряжения, схема мониторинга питающего и опорного напряжения,

Таблица 1. Основные характеристики микросхем 5340EY014 и 5340EY015

Топология ВИП	повышающая (boost)	
	обратноходовая (flyback)	
	прямоходовая (forward)	
Управление ШИМ	ток	
Минимальное напряжение питания, В	7,5	
Максимальное напряжение питания, В	12	
Уровни защиты от пониженного напряжения питания, вкл./выкл., В	7,2/6,9	
Максимальный рабочий цикл, %	100	
Максимальная рабочая частота, кГц	1000	
Пиковый выходной ток драйвера, А	±1	
Ограничение выходного тока	+	
Защита от перегрузки по току	+	
Плавный запуск	+	
Программируемая рабочая частота	+	
Корпус	5340EY014	4303Ю.8-А
	5340EY015	НО2.8-2В
Температурный диапазон, °С	-60...+125	

Примечание. Микросхема 5340EY014 совместима pin-to-pin с UCC2813-0 (UCC28C43).

усилитель сигнала ошибки, генератор, токовый компаратор с ШИМ-защелкой, компаратор выключения, блок бланкирования переднего фронта импульса тока, схема плавного запуска, выходной драйвер, ограничительный стабилизатор между выводом питания и общим выводом. Структурная схема микросхем 5340EY014 и 5340EY015 приведена на рис. 3; их основные характеристики — в таблице 1.

На рис. 4 представлена типовая схема включения микросхем 5340EY014 и 5340EY015.

Микросхемы 1396EY014, 1396EY015, 1396EY024, 1396EY025, 1396EY034, 1396EY035, 1396EY044 и 1396EY045 представляют собой двухтактные ШИМ-контроллеры для построения вторичных источников питания с двухтактной (push-pull) или полумостовой

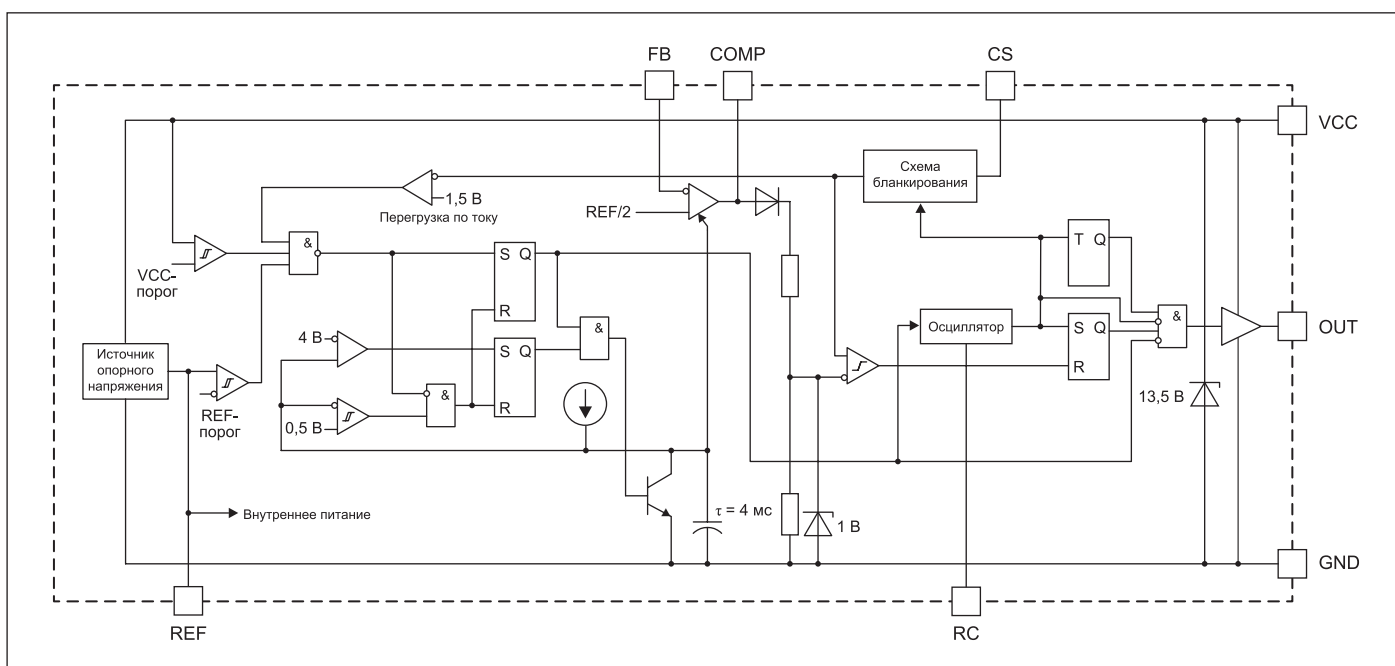


Рис. 3. Структурная схема микросхем 5340EY014 и 5340EY015

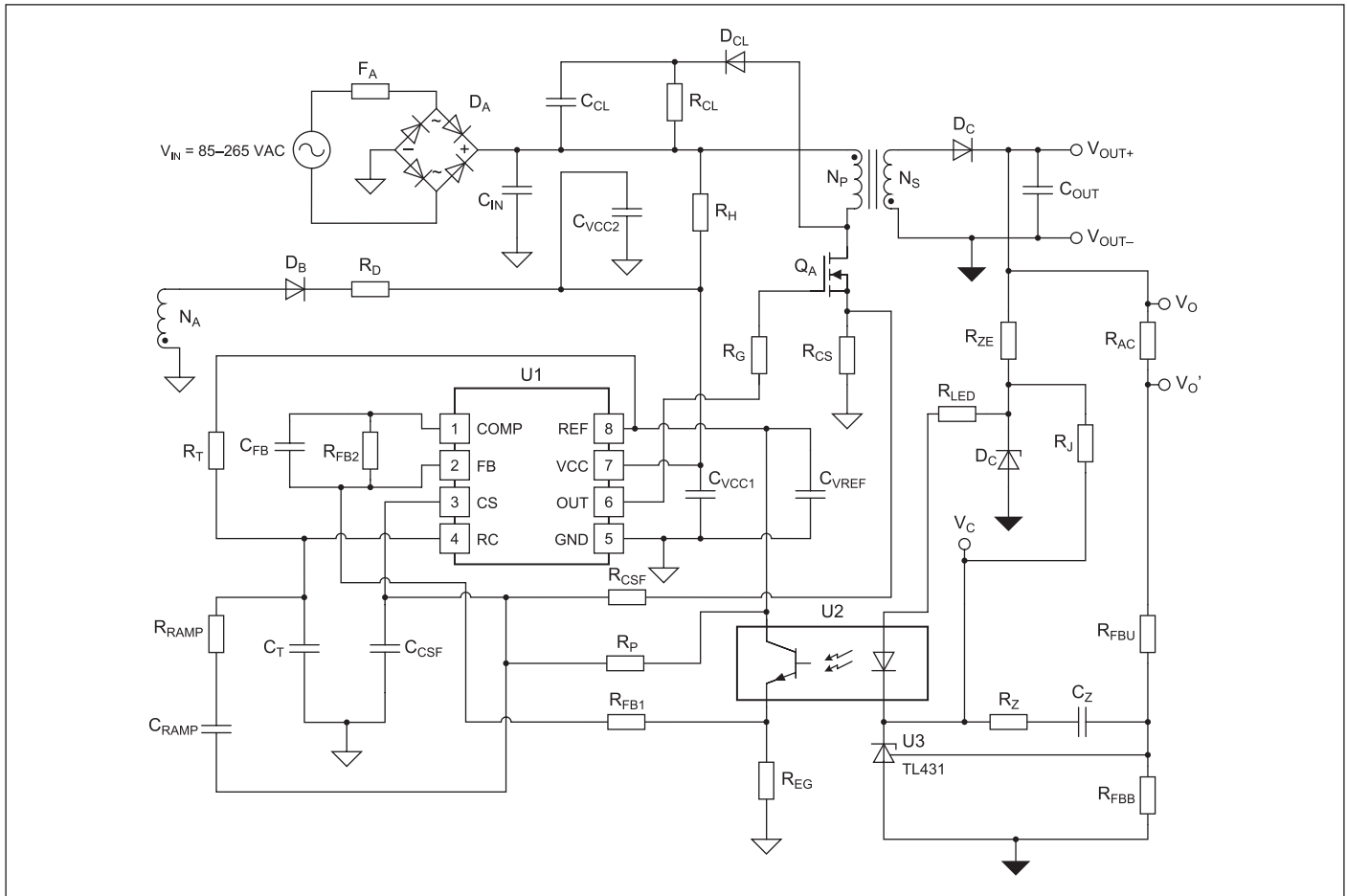


Рис. 4. Типовая схема включения микросхем 5340EU014 и 5340EU015

Таблица 2. Основные характеристики микросхем 1396EU014, 1396EU015, 1396EU024, 1396EU025, 1396EU034, 1396EU035, 1396EU044 и 1396EU045

Топология ВИП		двухтактная (push-pull) полумостовая (half-bridge)
Управление ШИМ		ток
Минимальное напряжение питания, В	1396EU014, 1396EU015	12,5
	1396EU034, 1396EU035	4,3
	1396EU024, 1396EU025	4,3
	1396EU044, 1396EU045	4,3
Максимальное напряжение питания, В		15
Уровни защиты от пониженного напряжения питания, вкл./выкл., В	1396EU014, 1396EU015	12,5/8,3
	1396EU034, 1396EU035	4,3/4,1
	1396EU024, 1396EU025	4,3/4,1
	1396EU044, 1396EU045	4,3/4,1
Максимальный рабочий цикл, %		50
Максимальная рабочая частота, кГц		1000
Пиковый выходной ток драйвера, А		±1
Ограничение выходного тока		+
Защита от перегрузки по току		+
Плавный запуск		+
Программируемая компенсация наклона		+
Время плавного запуска, мс	1396EU014, 1396EU015	3,5
	1396EU024, 1396EU025	0,075
	1396EU034, 1396EU035	0,075
	1396EU044, 1396EU045	0,075
Корпус	1396EU014, 1396EU024, 1396EU034, 1396EU044	4303Ю.8-В
	1396EU015, 1396EU025, 1396EU035, 1396EU045	5121.20-А
Температурный диапазон, °С		-60...+125

Примечание. Микросхема 1396EU014 совместима pin-to-pin с UCC28083, микросхема 1396EU024 совместима pin-to-pin с UCC28084, микросхема 1396EU034 совместима pin-to-pin с UCC28085, микросхема 1396EU044 совместима pin-to-pin с UCC28086.

топологий. Они содержат источник опорного напряжения, блоки защиты от пониженного и повышенного напряжения питания, датчик тока, схему плавного запуска, ШИМ-компаратор, частотозадающий генератор, выходные драйверы, программируемую компенсацию наклона на входе CS и разрядный транзистор. Разрядный транзистор шунтирует выход CS на «землю» в каждом периоде ШИМ-сигнала. Эта функция позволяет минимизировать емкость фильтрующего конденсатора CF и задержку коррекции тока. Сдвоенный выходной каскад сконфигурирован для работы в режиме push-pull. Выходы Т-триггера переключаются с половинной частотой. Для предотвращения протекания сквозного тока задержка переключения составляет 110 нс, что ограничивает коэффициент заполнения в каждом канале величиной 50%. Структурная схема микросхем 1396EU014, 1396EU015, 1396EU024, 1396EU025, 1396EU034, 1396EU035, 1396EU044 и 1396EU045 приведена на рис. 5, а их основные характеристики — в таблице 2.

На рис. 6 представлена типовая схема включения микросхем 1396EU014, 1396EU015, 1396EU024, 1396EU025, 1396EU034, 1396EU035, 1396EU044 и 1396EU045. Это двухтактный изолированный DC/DC-преобразователь мощностью 20–200 Вт с входным напряжением 12 В и выходным напряжением 2,5 В.

Микросхемы 1396EU064 и 1396EU065 представляют собой ШИМ-контроллеры с фазовым сдвигом. Такие ШИМ-контроллеры реализуют управление силовым каскадом полного моста посредством резонансного переключения при нулевом напряжении для обеспечения высокой эффективности на высоких частотах. В состав микросхем входят блок защиты от пониженного напряжения питания, источник опорного напряжения, схема мониторинга питающего и опорного напряжения, усилитель сигнала ошибки, генератор, токовый компаратор с ШИМ-защелкой, компаратор выключения, схема плавного запуска, выходной драйвер, ограничительный стабилитрон между

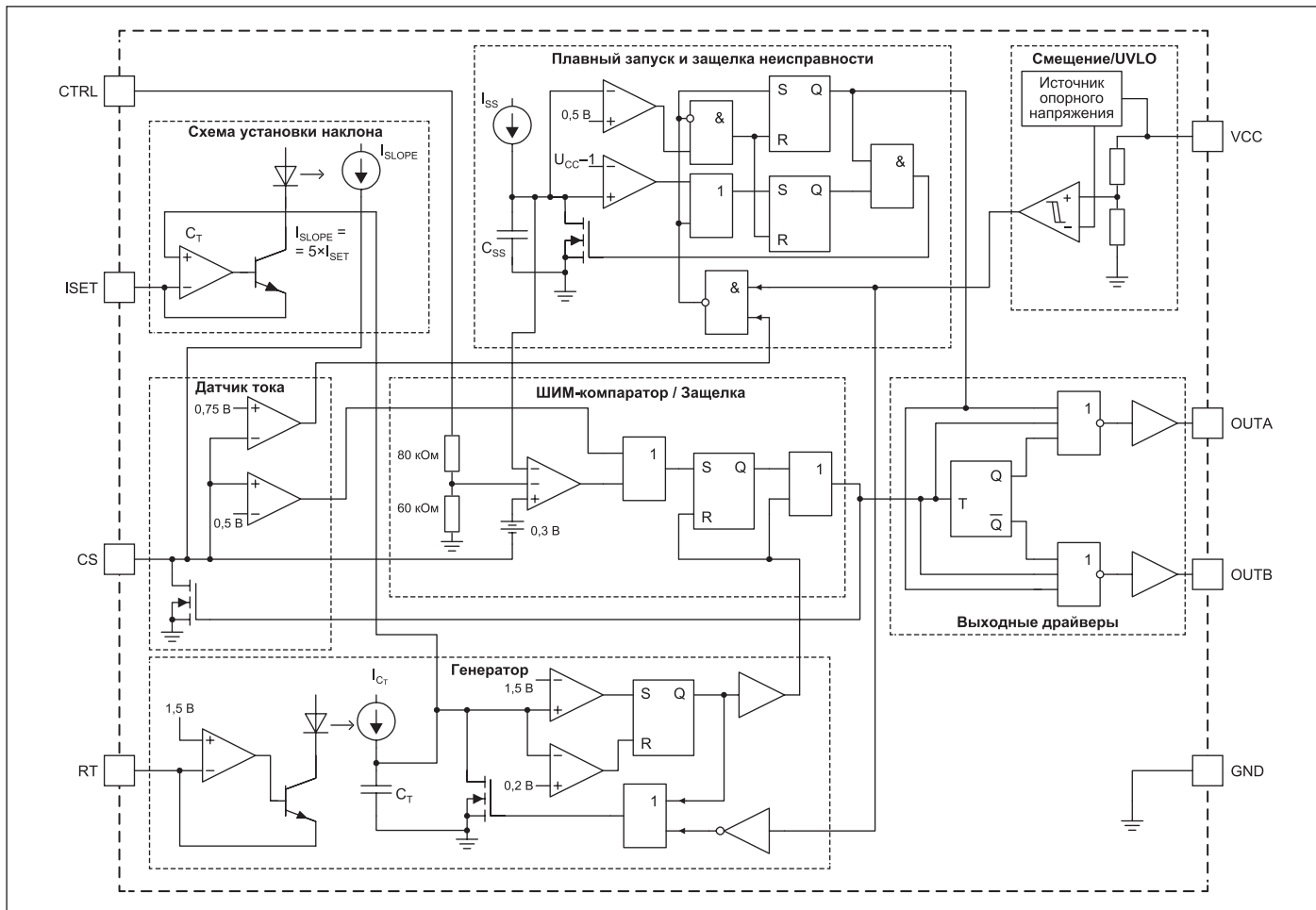


Рис. 5. Структурная схема микросхем 1396EY014, 1396EY015, 1396EY024, 1396EY025, 1396EY034, 1396EY035, 1396EY044 и 1396EY045

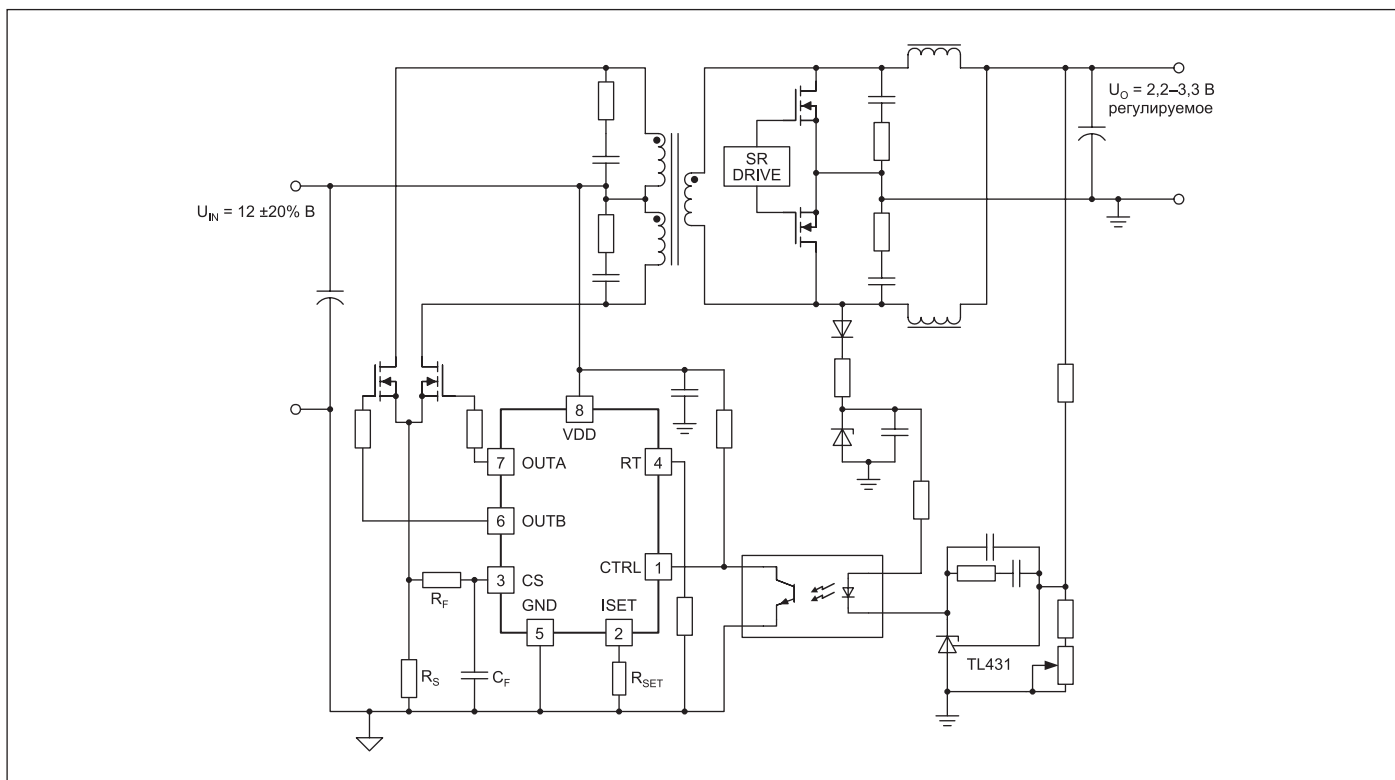


Рис. 6. Типовая схема включения микросхем 1396EY014, 1396EY015, 1396EY024, 1396EY025, 1396EY034, 1396EY035, 1396EY044 и 1396EY045

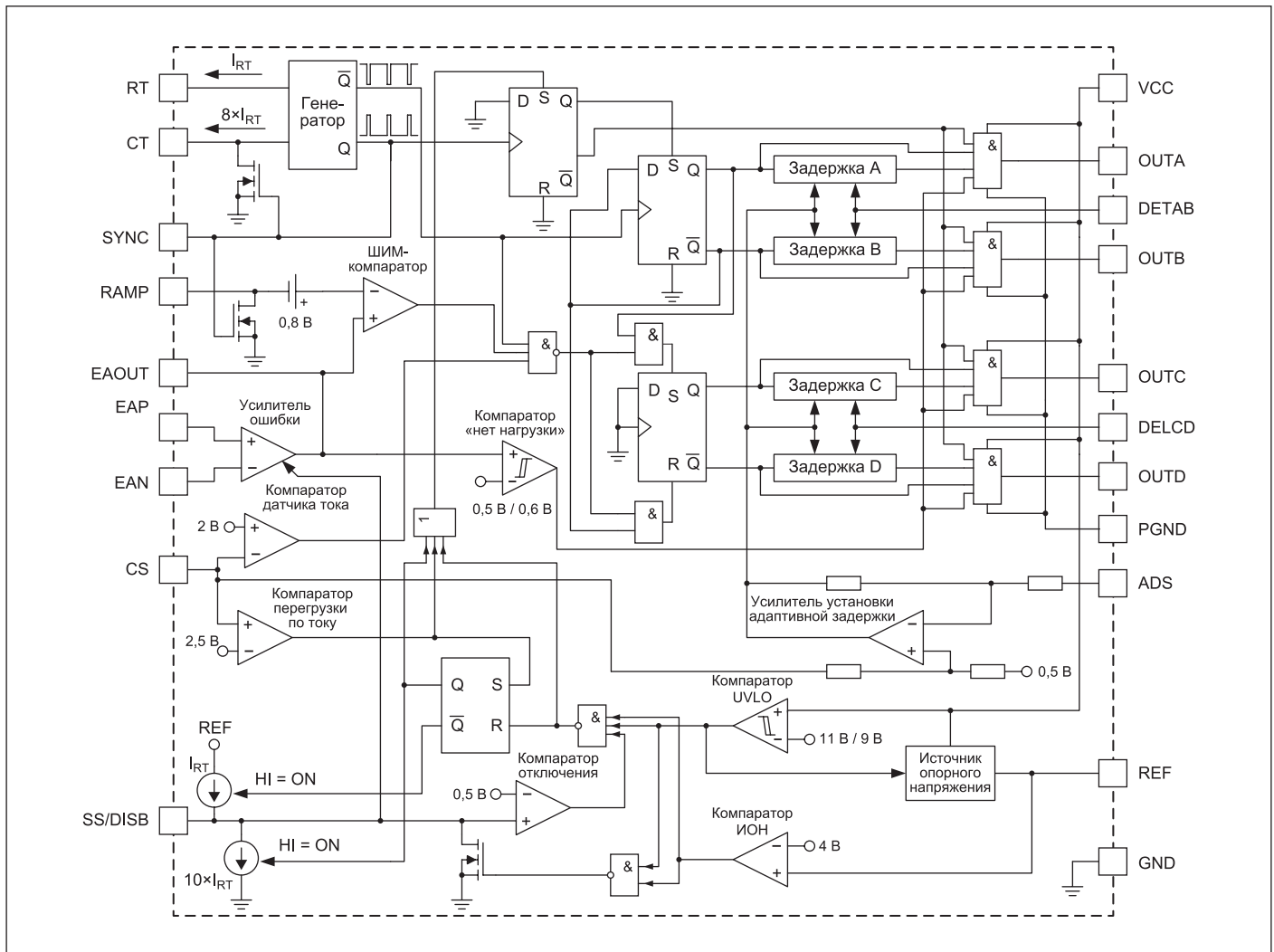


Рис. 7. Структурная схема микросхем 1396EU064 и 1396EU065

выводом питания и общим выводом. Структурная схема микросхем 1396EU064 и 1396EU065 приведена на рис. 7; их основные характеристики — в таблице 3.

На рис. 8 представлена типовая схема включения микросхем 1396EU064 и 1396EU065 — AC/DC-преобразователь с входным переменным напряжением 220 В и выходным постоянным напряжением 12 В.

Для микросхем ШИМ-контроллеров разработаны комплекты макетно-отладочных средств, состоящие из демонстрационных плат и SPICE-моделей для симулятора LTspice.

Демонстрационные платы представляют собой образцы источников питания (Reference Design). Примеры данных плат показаны на рис. 9.

Для компьютерного моделирования источников питания на базе микросхем ШИМ-контроллеров серий 1396EUxxx и 5340EUxxx разработаны SPICE-модели для LTspice — бесплатного симулятора, созданного компанией Linear Technology, с 2017 года принадлежащей Analog Devices.

На рис. 10а приведена электрическая схема источника питания на микросхеме 1396EU014, на рис. 10б показаны результаты моделирования работы источника питания в LTspice.

Заключение

Первый совместный опыт работы компаний «НИИЭТ» и «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» можно считать успешным. В рамках данного проекта компания «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» разработала

Таблица 3. Основные характеристики микросхем 1396EU064 и 1396EU065

Топология ВИП	полный мост (phase-shifted full-bridge)	
Управление ШИМ	ток, напряжение	
Минимальное напряжение питания, В	10	
Максимальное напряжение питания, В	16,5	
Уровни защиты от пониженного напряжения питания, вкл./выкл., В	11/9	
Максимальный рабочий цикл, %	100	
Максимальная рабочая частота, кГц	1000	
Пиковый выходной ток драйвера, А	±0,1	
Ограничение выходного тока	+	
Защита от перегрузки по току	+	
Плавный запуск	+	
Программируемая рабочая частота	+	
Вывод внешней синхронизации	+	
Корпус	1396EU064	4321.20-E
	1396EU065	5121.20-A
Температурный диапазон, °С	-60...+125	

Примечание. Микросхема 1396EU064 совместима pin-to-pin с UCC2895.

серию микросхем 5340EUxxx и намерена расширить номенклатуры выпускаемых ИС. В настоящее время планируется разработка микросхемы с максимальным коэффициентом заполнения 50% для обратныхходовых преобразователей. Также ведутся работы по созданию серии микросхем контроллеров ККМ, мониторов питания, драйверов МОП-транзисторов.

В рамках данной совместной работы «НИИЭТ» создал серию микросхем 1396EUxxx и также планирует расширение линейки ИС собствен-

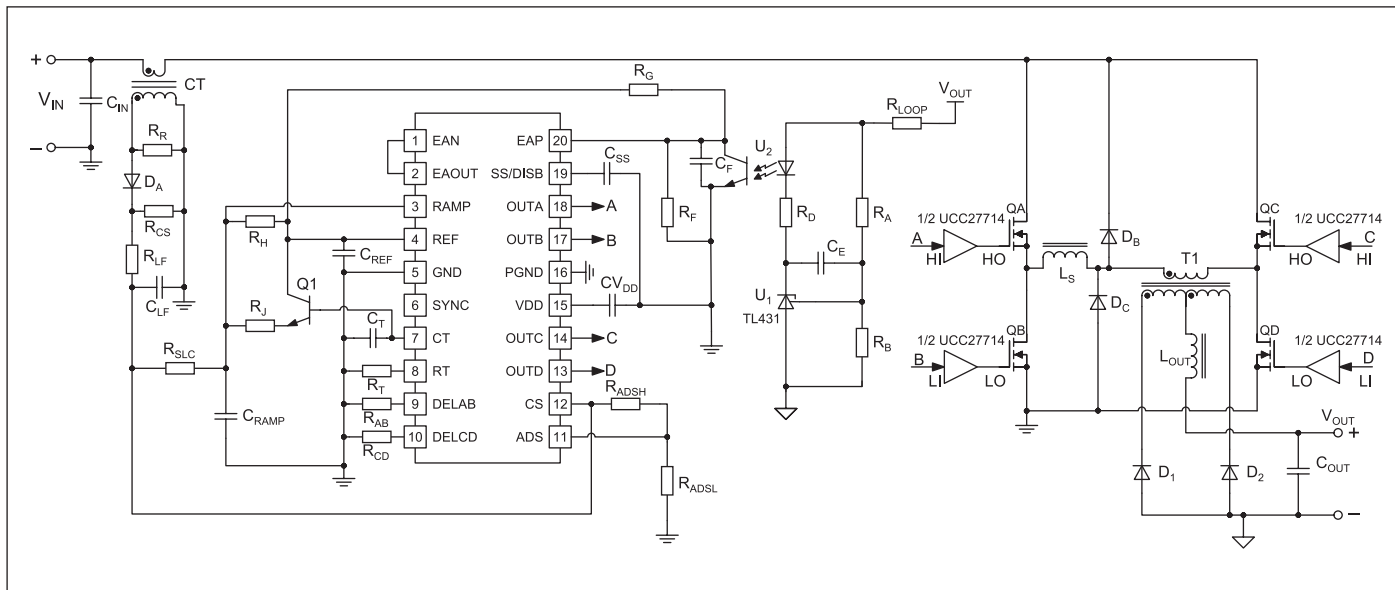


Рис. 8. Типовая схема включения микросхем 1396EY064 и 1396EY065

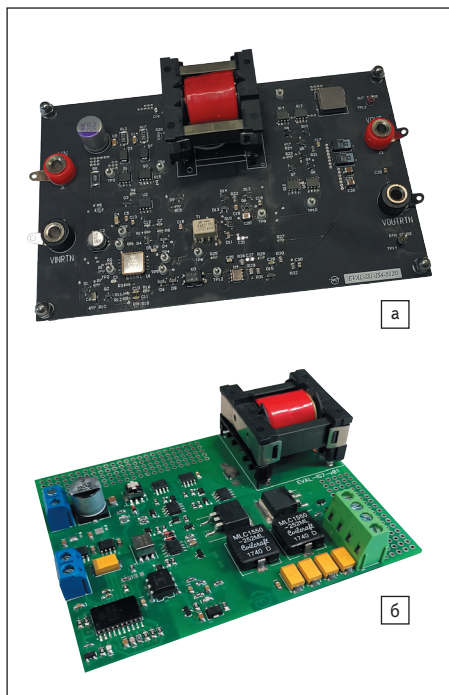


Рис. 9. Демонстрационные платы для микросхем: а) 1396EY045; б) 1396EY064

ной разработки. В настоящее время предприятие проводит исследование, направленное на создание микросхем синхронных DC/DC-преобразователей и ШИМ-контроллеров для построения источников питания.

Литература

1. www.niiet.ru/product/1396ey014/
2. www.niiet.ru/product/1396ey025-1396ey024/
3. www.niiet.ru/product/1396ey035-1396ey034/
4. www.niiet.ru/product/1396ey045-1396ey044/
5. www.niiet.ru/product/шим-контроллер-для-построения-вторич/

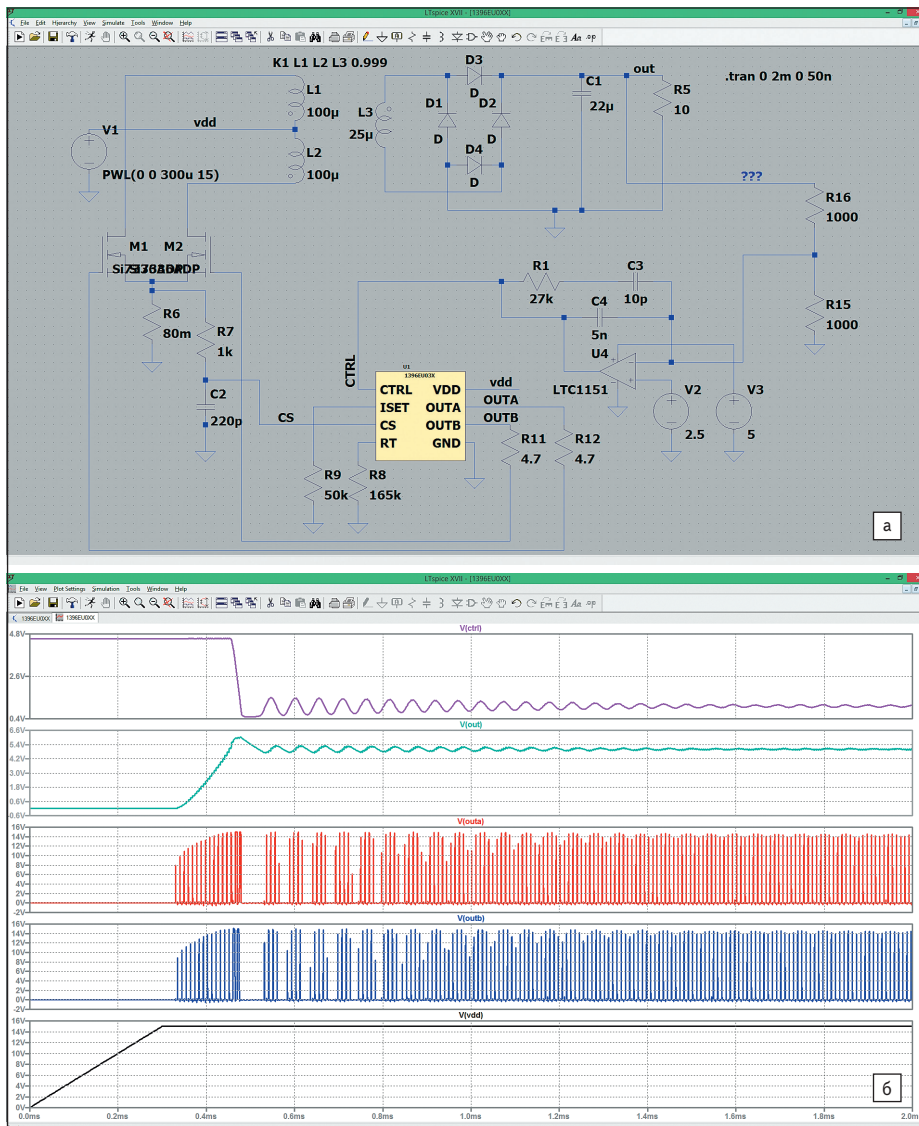


Рис. 10. а) Электрическая схема источника питания на микросхеме 1396EY014 в LTspice; б) результаты ее моделирования