

С.В. Седых, А.Н. Школин

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЫ 5340EU01x

DEVELOPMENT AND TESTING OF THE BEHAVIORAL MODEL OF THE 5340EU01x INTEGRAL MICROCIRCUIT

Приведено описание функциональной схемы поведенческой модели интегральной схемы (ИС) ШИМ-контроллера 5340EU01x. Выполнена верификация поведенческой модели, путем проведения экспериментальных исследований на компьютерном прототипе, с использованием типовых схем измерения наиболее важных электрических параметров ИС, и сравнения полученных данных с нормированными техническими условиями величинами. Разработка тестового проекта в среде моделирования LTspice и анализ поведения ИС при использовании ее в схеме понижающего, импульсного источника питания.

The description of the functional diagram of the behavioral model of the integrated circuit (IC) of the 5340EU01x PWM controller is given. The verification of the behavioral model was carried out by conducting experimental studies on a computer prototype, using standard circuits for measuring the most important electrical parameters of the IC. Comparison of the obtained data with standardized technical conditions and values. Development of a test project in the LTspice modeling environment and analysis of the behavior of the IC when used in a step-down, switching power supply circuit.

Ключевые слова: моделирование в электронике, поведенческая модель, импульсный источник питания, ШИМ-контроллер, LTspice, язык SPICE.

Keywords: simulation in electronics, behavioral model, switching power supply, PWM controller, LTspice, SPICE language.

Современный этап развития разработок в сфере проектирования электронных устройств характеризуется стремлением использования компьютерных средств моделирования, нежели исследование устройства на тестовом макете.

Компьютерное моделирование является очень важным этапом разработки электронного устройства, без которого уже сложно, а в некоторых случаях невозможно, представить проектирование всевозможных современных радиоэлектронных устройств. Данная стадия выступает как в роли дополнительной меры для улучшения прогнозируемости поведения и исследования отдельных узлов устройства, а также в полной мере послужить заменой физическому моделированию (макетированию), что положительно

отразится как на стоимость, так и надежность конечной, разрабатываемой продукции. Данный факт аргументируется, например, следующими обстоятельствами:

1. Необходимостью сокращения сроков разработки новых электронных устройств.
2. Наличием эффективных алгоритмов и программ компьютерного моделирования электрических цепей.
3. Развитой теорией математического моделирования электронных компонентов.
4. Часто физическое моделирование просто невозможно из – за повышенной сложности устройства.

Ключевыми проблемами, препятствующие использованию компьютерного моделирования, являются: отсутствие верифицированных поведенческих моделей (ПМ) того или иного компонента, входящего в разрабатываемое устройство, а также неправильное их применение; неверная настройка и использование вычислительных алгоритмов, приводящие к получению ошибочных результатов моделирования, что в свою очередь требует высокую квалификацию инженера-проектировщика. [3]

В данной работе описана и верифицирована, разработанная в ФГБОУ ВО «БГТУ», ПМ однокантного экономичного многофункционального ШИМ-контроллера с токовым режимом, предназначенная для моделирования блоков питания, выполненных на основе данной интегральной схемы(ИС) серии 5340EУ01х, в средах моделирования и системах автоматизированного проектирования(САПР), использующих язык схемотехнического моделирования SPICE.

Областью применения ПМ является анализ электрических переходных процессов во временной области в средах моделирования и САПР [1–4].

ПМ интегральной микросхемы ШИМ-контроллера серии 5340EУ01х реализована в соответствии с функциональной схемой, приведенной на рис. 1.

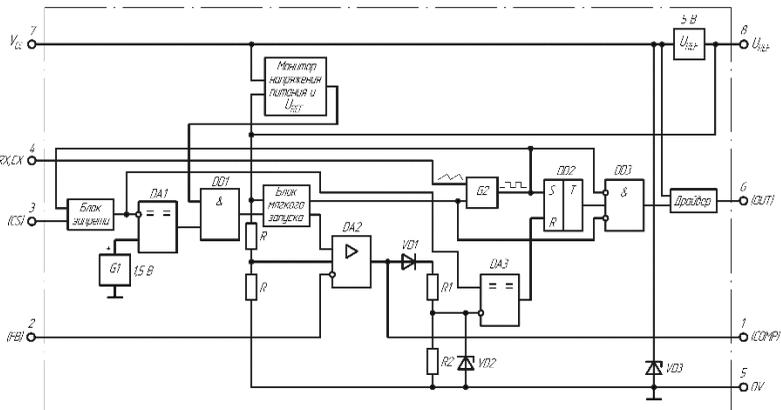


Рис. 1. Функциональная схема ПМ ИС 5340EУ01х

Функциональный блок ПМ монитора питания и опорного напряжения формирует разрешающие логические сигналы для остальных внутренних блоков ПМ в зависимости от поданного напряжения питания на ИС согласно двум порогам – порогу срабатывания (включения) и порогу отпускания (выключения).

Функциональный блок ПМ генератора обеспечивает задающее пилообразное нарастающее напряжение, частота которого зависит от внешних подключенных к ИС компонентов. Задающее пилообразное нарастающее напряжение на выходе генератора используется для формирования импульсов предустановки ШИМ «защелки», реализованной в виде триггера.

Функциональный блок ПМ усилителя ошибки обеспечивает усиление сигнала обратной связи по напряжению и формирование напряжения на внешнем выводе COMP. Уровень задающего напряжения в усилителе определяется как половина от опорного напряжения, т.е. при уровне опорного напряжения в установившемся режиме равном 5В он составляет 2,5В.

Функциональный блок ПМ мягкого запуска обеспечивает плавный во времени процесс нарастания напряжения на выводе COMP.

Функциональный блок токового компаратора ПМ сравнивает сигналы обратной связи по току (вывод CS) с выходным сигналом блока усилителя ошибки по напряжению, и формирует входной логический сигнал ШИМ «защелки», реализованной в виде триггера.

Верификация ПМ ИС проведена на соответствие статических и динамических электрических параметров модели параметрам, приведенным в технических условиях. Диаграммы результатов работы ПМ, иллюстрирующие некоторые параметры, входящие в технические условия, приведены на рис. 2.

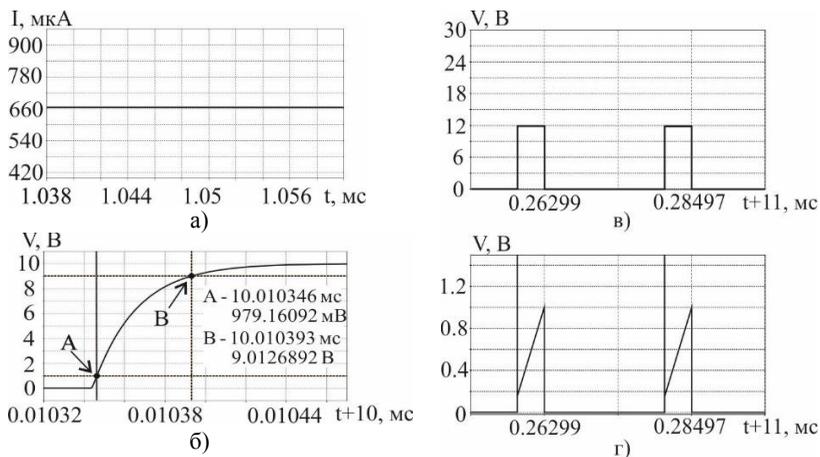
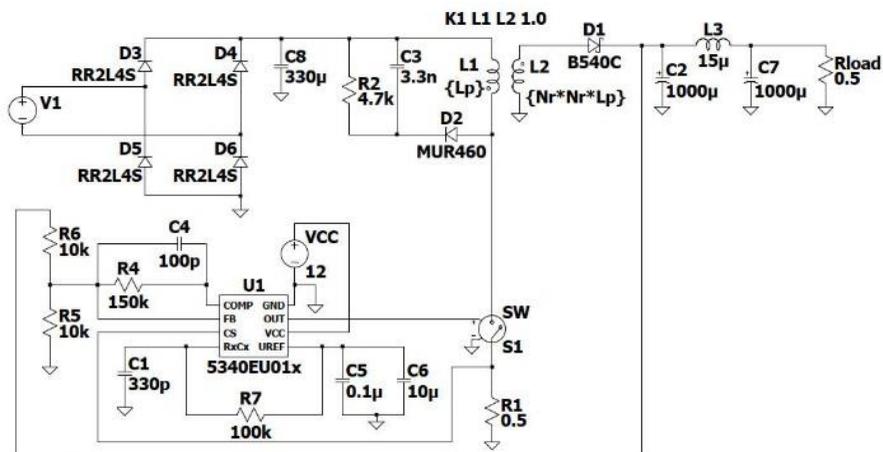


Рис. 2. Диаграммы результатов верификации параметров: (а)ток потребления; (б) время нарастания выходного сигнала; (в)выходное и (г) входное максимальное, напряжение токового компаратора

Проверка адекватности ПМ, осуществляется путем сравнения, полученных на диаграммах, значений с интервалом допустимых значений электрических параметров ПМ ИС, которые нормируются техническими условиями. Таким образом, для параметров: ток потребления ($< 3\text{mA}$); время нарастания выходного сигнала ($< 70\text{ns}$); входное максимальное напряжение токового компаратора (1В). [1]

Тестовый проект реализован в среде моделирования LTSpice. Графическое представление тестового проекта в редакторе LTSpice приведено рис. 3. Данная схема источника питания, собранная по типовой схеме обратного преобразователя напряжения, включает в себя разработанную ПМ ИС 5340EU01x и обеспечивает работу нагрузки мощностью 48 Вт с выходными параметрами: $U_{\text{вых}}=5\text{В}$ и $I_{\text{вых}}=10\text{А}$.



```
.tran 0 12m 0 50n startup
.param Lp=760u
.param Nr=8/90 ; Nr=Wsecondary/Wprimary
.MODEL sw sw ron=75m roff=10Meg von=2.5 voff=2
SINE(0 311 50 0 0 90)
.ic V(HV)=310
```

Рис. 3. Тестовый проект источника питания в среде моделирования LTSpice

Диаграммы переходных процессов, характеризующих переходные процессы, при моделировании импульсного источника питания по типовой схеме включения ИС, приведены на рис. 4.

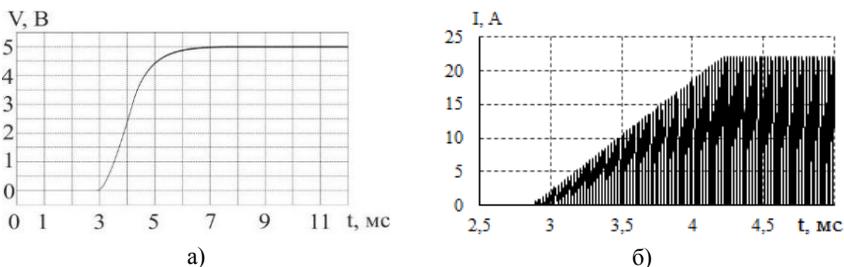


Рис. 4. Диаграммы результатов моделирования работы источника питания: (а) выходное напряжение на нагрузке в процессе запуска; (б) переходный процесс тока вторичной обмотки

В работе были описаны функциональные блоки, входящие в структурную схему ПМ ИС 5340EУ01х, такие как: монитор питания, опорного напряжения, генератора пилообразного напряжения, усилителя ошибки, мягкого запуска и токового компаратора. Вследствие проведения экспериментальных исследований ПМ, на компьютерном прототипе измерительной схемы, были получены диаграммы статических и динамических электрических параметров, из которых можно сделать вывод том, что они соответствуют установленным критериям допустимых значений нормированных, техническими условиями, величин. Соответственно, можно судить о подтверждении валидности ПМ. Тестовый проект, реализованный в среде моделирования LTspice, показал адекватность работы ПМ в составе компьютерной модели обратноходового преобразователя напряжения.

Список литературы

1. Дракин, А.Ю. Использование имитационных моделей при контроле параметров интегральных микросхем / А.Ю. Дракин, А.Н. Школин, А.А. Пугачев // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 4.
2. Княгинин, Д.А. Поведенческая модель ШИМ-контроллера на структурном уровне / Д.А. Княгинин, А.Н. Школин // САПР и моделирование в современной электронике // Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, Брянск, 22–23 ноября 2017 г. Под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 200-203.
3. Школин, А.Н. Разработка поведенческих моделей интегральных микросхем ШИМ-контроллеров высокочастотных импульсных источников питания / А.Н. Школин, С.В. Михеев // САПР и моделирование в современной электронике // Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, Брянск, 22–23 ноября 2017 г. Под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017. – С. 146-152.
4. Shkolin, A.N. Development of automated measurement systems for testing integrated circuits of switching converters / A.N. Shkolin, A.Y. Drakin, V.F. Zotin // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). – IEEE, 2018. – P. 1-4.

Материал поступил в редакцию 20.10.20.