

А.А. Малаханов

(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

A.A. Malakhanov (Bryansk, Bryansk State Technical University)

ПОВЕДЕНЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ SPICE

BEHAVIORAL MODEL OF A LINEAR VOLTAGE STABILIZER IN THE SPICE LANGUAGE

Приведен вариант реализации поведенческой модели линейного стабилизатора напряжения на языке Spice. Представлены результаты моделирования в статическом режиме. Сопоставлены результаты моделирования с экспериментальными данными и техническим описанием производителя микросхем.

A variant of the implementation of the behavioral model of a linear voltage stabilizer in the Spice language is presented. The results of modeling in static mode are presented. The simulation results are compared with experimental data and technical description of the chip manufacturer.

Ключевые слова: линейный стабилизатор напряжения, поведенческая модель, Spice-модель.

Keywords: linear voltage stabilizer, behavioral model, Spice model.

Поведенческие модели описывают функционал интегральной микросхемы в целом, задают соответствие ее входных и выходных сигналов, имитируя ее работу. Однако такие модели не учитывают внутренней логики устройства и не могут быть использованы для синтеза принципиальной схемы [1]. Структура модели обусловлена основным ее применением – предварительным моделированием работы интегральной микросхемы для анализа разработанной архитектуры и принятых принципов работы.

Для реализации поведенческих моделей был выбран язык Spice. Верификация полученных Spice-моделей с параметрами и характеристиками реальных микросхем проводилась в программном комплексе Cadence Orcad.

Разработанные модели линейных стабилизаторов реализуют поведение в статическом режиме соответствующих микросхем, а также могут быть использованы при анализе работы микросхем во временной области. Модели имитируют поведение микросхем при нормальных условиях внешней среды.

Типовая структура линейных стабилизаторов напряжения, явившаяся основой для разработки моделей представлена на рисунке 1 [2].

На основании изучения структур и параметров имеющихся аналогов микросхем этой группы в программном комплексе Orcad были разработаны структурные схемы (рис. 2), имитирующие поведение линейных стабилизаторов.

Для удобства пользования моделями, представленная на рисунке 2 структурная схема была преобразована в один компонент (рис. 3), который оформлен в виде Spice модели.

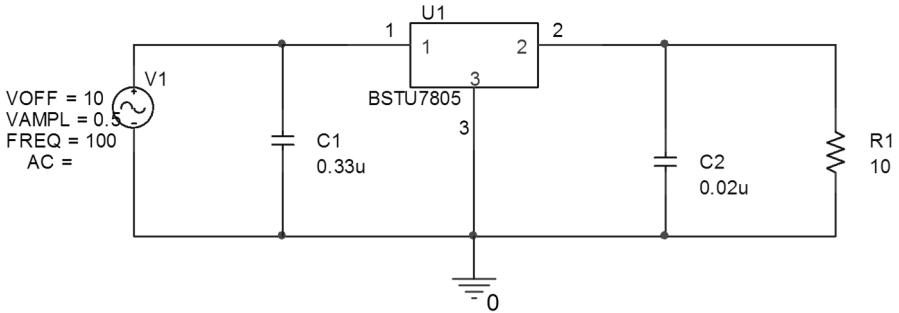


Рис. 3. Spice-модель ИМС в виде одного компонента

Текст Spice модели представлен ниже.

```
.SUBCKT BSTU7805 1 2 3
E_LIMIT_U    N21602 3 VALUE {LIMIT(V(N21586),0,1e+4)}
D_D_Ikz     N21592 N21686 Dbreak
V_CONST_Vref N21356 3 DC 1.000
E_LIMIT_Ikz  N21592 3 VALUE {LIMIT(V(N24029),0,1e+4)}
E_GAIN_Ikz   N24029 3 VALUE {1E6 * V(N21522)}
E_DIFF_U     N21308 3 VALUE {V(N21240,N21356)}
E_MULT_PWR   N21136 3 VALUE {V(N21528)*V(N24405)}
E_LIMIT3     N21954 3 VALUE {LIMIT(V(N21948),0,1e+4)}
E_DIFF_PWR   N21874 3 VALUE {V(N21136,N58707)}
R_R4         3 N21686 1k TC=0,0
R_R1         N21240 N21344 40k TC=0,0
E_DIFF_Ikz   N21522 3 VALUE {V(N21528,N21490)}
R_R2         3 N21240 10k TC=0.0001,0
E_GAIN_PWR   N21948 3 VALUE {1e6 * V(N21874)}
D_D_U        N21602 N21686 Dbreak
D_D_P        N21954 N21686 Dbreak
R_R5         3 N21686 10MEG TC=0,0
E_ESC_Power_limiting N58703 3 VALUE
+{(0.002*PWR(V(N24405,3),3)-
0.184*PWR(V(N24405,3),2)+3.677*V(N24405,3)+5.417)*V(N44206,3)}
V_CONST_PWR  N44206 3 DC 1
D_D1         N47543 N47547 Dbreak
D_D2         N47547 N47551 Dbreak
D_D3         N47551 N21344 Dbreak
E_E2         N24405 3 1 N21344 1
E_E1         1 N47543 N21686 3 1
R_R6         N21344 2 1e-6 TC=0,0
E_E_DI       N21528 3 N21344 2 1e+6
E_GAIN_Uout  N21586 3 VALUE {1E6 * V(N21308)}
E_ESC_Current_limiting N58299 3 VALUE
+{(0.278*PWR(V(N24405,3),3)-
17.185*PWR(V(N24405,3),2)+229.76*V(N24405,3)+1148.2)*V(N57461,3)}
V_CONST_Ikz  N57461 3 DC 1e-3
```

```

E_LIMIT_Ikz1    N21490 3 VALUE {LIMIT(V(N58299),1.2,2.5);
E_LIMIT_PWR    N58707 3 VALUE {LIMIT(V(N58703),0.01,30);
R_Ipot         1 3 25k TC=0,0
.ENDS BSTU7805

```

Верификация работы моделей проводилась по параметрам: выходное напряжение, нестабильность по напряжению, нестабильность по току, ток потребления, ток короткого замыкания, падение напряжения, выходное напряжение стабилизатора и др.

Рис. 3 также представляет собой схему измерения параметров по выходному напряжению, нестабильности по напряжению и падению напряжения. В случае замены нагрузочного резистора на другой номинал можем получить схемы для измерения тока короткого замыкания и нестабильности по току. Измерения проводились в режиме DC sweep. На рис. 4 – 5 представлены некоторые результаты измерений.

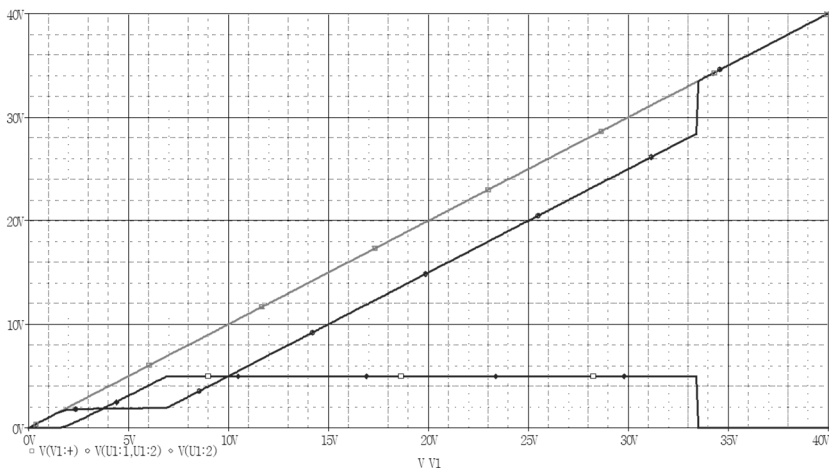


Рис. 4. Результаты измерений: верхний график – изменение напряжения на входе схемы; средний – падение напряжения на стабилизаторе; нижний – выходное напряжение стабилизатора (при токе нагрузки 350 мА)

Сравнивая результаты моделирования с экспериментом (рис.6) и техническими данными производителя [2], выявлено достаточно точное совпадение результатов по измерениям тока короткого замыкания микросхемы линейного стабилизатора серии 7805.

Стоит также отметить достаточно быстрое получение результатов моделирования статического режима разработанной модели в САПР, что положительно скажется на применимости поведенческой модели для целей ее использования в схемах разработчиков электронной техники.

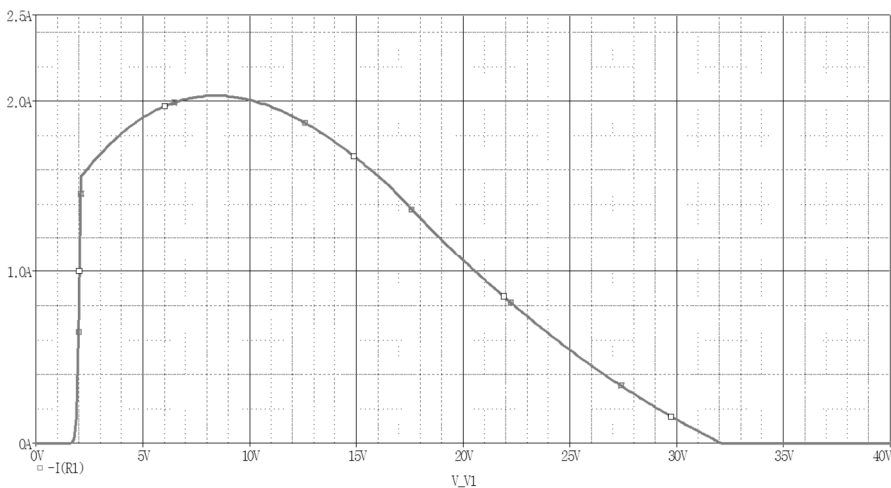


Рис. 5. Ток короткого замыкания

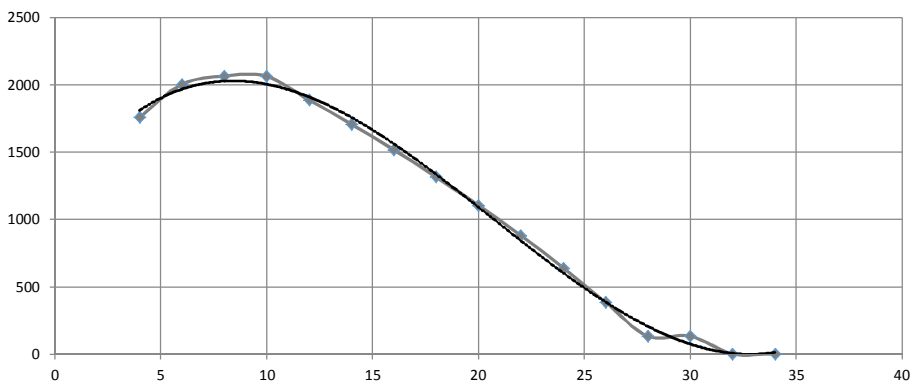


Рис. 6. Ток короткого замыкания, полученный экспериментальным путем, и его сплайн

Список литературы

1. R. Batra, P. Li, L. Pileggi, and Y. Chien. A Methodology for Analog Circuit Macromodeling / Behavioral Modeling and Simulation Conference, 2004.
2. MC78MXX/LM78MXX 3-Terminal 0.5A Positive Voltage Regulator. – URL: https://www.techshopbd.com/uploads/product_document/78M05.pdf.

Материал поступил в редколлегию 14.10.19.