УДК 621.3

DOI: 10.30987/conferencearticle_61c997f0431748.26288605

РАЗРАБОТКА SPICE-МОДУЛЯ МИКРОСХЕМЫ HV9931 ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Константин Павлович Клямеров¹, студент, k.klyamero@klyamero@gmail.com

Андрей Александрович Лысенков¹, студент, lysenkovandrew02@gmail.com

Сергей Александрович Амелин², к.т.н., доцент

¹АО «НПК «Тристан», Россия, Смоленск

²Филиал «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске Россия, Смоленск

Аннотация. Приведен процесс разработки SPICE-модели ШИМ контроллера HV9931 и тестирование в типичной схеме включения.

Ключевые слова: ШИМ, контроллер, SPICE-модель, HV9931.

DEVELOPMENT OF SPICE MODULE OF HV9931 CHIP FOR SIMULATION OF ELECTRONIC CIRCUITS

Konstantin P. Klyamero¹, student, k.klyamero@gmail.com

Andrei Al. Lysenkov¹, student, lysenkovandrew02@gmail.com

¹NPK Tristan JSC, Russia, Smolensk

Sergey Al. Amelin²

²Smolensk branch of MPEI, candidate of technical sciences, docent, Russia, Smolensk

Abstract. The process of development of the PWM SPICE model of the HV9931 controller and testing in a typical switching-on scheme is given.

Keywords: PWM, controller, SPICE model, HV9931.

Современный процесс разработки невозможно представить без применения средств математического моделирования для выявления особенностей работы разрабатываемых электронных схем. Необходимо разрабатывать новые модели электронных устройств наиболее универсальными, например, в виде подсхемы *SPICE*. Создание *SPICE*-подсхем ШИМ контроллеров светодиодов является актуальной задачей.

Компания *SupertexInc* выпускает ряд ШИМ-контроллеров, использующихся при разработке современных стабилизаторов тока светодиодов, например, микросхема *HV9931* [2]. Разработанную ранее макромоделю данного ШИМ-контроллера [4] возможно использовать только в среде математического моделирования *Micro-Cap*. Целью данной работы является создание подсхемы ШИМ-контроллера на языке *SPICE* и исследование ее работы. При помощи программы схемотехнического моделирования *Micro-Cap* возможно транслировать файл макромоделей микросхемы в файл на языке *SPICE*. Генерируется файл формата *.ckt*, с описанием функционирования модели на языке *PSPICE*.

Директивы, находящиеся в начале сгенерированной программы на языке *PSPICE*, к определению подсхемы микросхемы *HV9931* отношения не имеют.

Они являются вспомогательными файлами, определяющими функции (.FUNC) и глобальные параметры (.PARAM) (рис. 1).

```
.FUNC HOTD(D,MAX) {IF((V(D)*I(D)>MAX),1,0)}
.FUNC HOTB(Q,MAX) {IF((VCE(Q)*IC(Q)+IB(Q)+VBE(Q)>MAX),1,0)}
.FUNC HOTF(M,MAX) {IF((VDS(M)*ID(M)>MAX),1,0)}
.PARAM LOW3MIN=(IMPORT(LOW3MIN.OUT,LOW3THRES))
.PARAM HIGH3MAX=(IMPORT(HIGH3MAX.OUT,HIGH3THRES))
.PARAM LOWLVDS=(IMPORT(LOWLVDS.OUT,LOWLIMIT))
.PARAM HILVDS=(IMPORT(HILVDS.OUT,HILIMIT))
.PARAM LIMTLVDS=(IMPORT(LIMTLVDS.OUT,LVDSLIMITS))
.FUNC SKINAC(DCRES,RESISTIVITY,RELPERM,RADIUS) {(PI*RADIUS*RADIUS)/((PI*RADIUS*RADIUS)-
-PI*(RADIUS-SKINDEPHAC(RESISTIVITY,RELPERM)**2))*DCRES}
.FUNC SKINDEPHAC(RESISTIVITY,RELPERM) {503.3*(SQRT(RESISTIVITY/(RELPERM*F)))}
.FUNC SKINTR(DCRES,RESISTIVITY,RELPERM,RADIUS,FREQ) {(PI*RADIUS*RADIUS)/((PI*RADIUS*RADIUS)-
-PI*(RADIUS-SKINDEPTHTR(RESISTIVITY,RELPERM,FREQ)**2))*DCRES}
.FUNC SKINDEPTHTR(RESISTIVITY,RELPERM,FREQ) {503.3*(SQRT(RESISTIVITY/(RELPERM*FREQ)))}
```

Рисунок 1 – Листинг программы (директивы)

Описание макромодели начинается с директивы .SUBCKT и заканчивается директивой .END. Между ними находится описание компонентов, которые использовались при создании макромодели (рис. 2).

```
.SUBCKT HV9931 VIN VDD CS1 CS2 PWM_D RT GATE AGND PARAMS: ROSC=205K
R1 PWM_D 0 100k
ROSC 0 0 205k
U1 DLYLINE $G_DPWR $G_DGND 11 12
+ 1 IO_STD IO_LEVEL=0 MNTYMKDLY=0
V1 1 0 8
V2 9 0 DC 0 AC 1 0 Pulse 0 7.5 0 0 0 1u {(RosC)/25E9+22/25E6}
X1 VIN 1 VDD COMP PARAMS: VH=7.5
X2 0 CS1 5 COMP PARAMS: VH=7.5
X3 0 CS2 7 COMP PARAMS: VH=7.5
X4 VDD 9 10 AND2 PARAMS: VH=7.5
X5 5 7 11 OR2 PARAMS: VH=7.5
X6 11 12 13 OR2 PARAMS: VH=7.5
X7 PWM_D 14 BUF PARAMS: GAIN=1
X8 10 13 15 16 RS-TR PARAMS: VH=7.5
X9 15 14 17 M2 PARAMS: VH=7.5
X10 17 GATE BUF PARAMS: GAIN=1
.MODEL 1 UDLY (DLYMN=214N DLYMX=215N DLYTY=216N)
.MODEL IO_STD UIO (
+ DRVH=130 DRVL=130
+ ATOD1="ATOD_STD" ATOD2="ATOD_STD_NX"
+ ATOD3="ATOD_STD" ATOD4="ATOD_STD_NX"
+ DTOA1="DTOA_STD" DTOA2="DTOA_STD"
+ DTOA3="DTOA_STD" DTOA4="DTOA_STD"
+ TSWHL1=3.310NS TSWHL2=3.310NS
+ TSWHL3=3.310NS TSWHL4=3.310NS
+ TSWLH1=2.115NS TSWLH2=2.115NS
+ TSWLH3=2.115NS TSWLH4=2.115NS
+ DIGPOWER="DIGFPWR")
.MODEL D074 NX DOUTPUT (
+ S0NAME="0" S0VLO=-1.5 S0VHI=1.4
+ S1NAME="1" S1VLO=1.4 S1VHI=5.5)
.MODEL Q74 NFN (ISE=1E-16 ISC=4E-16 BF=49 BR=.04 CJE=1P CJC=.5P VJE=.9
+ VJC=.8 MJE=.5 MJC=.33 TF=.2N TR=10N CJS=3P VJS=.7
+ RC=40 MJS=.33)
.MODEL D74CLMP D (IS=1E-14 CJO=5P M=.5 RS=0)
.MODEL D74 D (IS=1E-14 CJO=5P M=.5)
.MODEL DINT4 DINPUT (
+ S0NAME="0" S0TSW=3.5NS S0RLO=7.1 S0RHI=170 ;@6.8 OHMS, .2V
+ S1NAME="1" S1TSW=7.5NS S1RLO=415 S1RHI=195 ;@133 OHMS, 3.4V
+ S2NAME="F" S2TSW=3.5NS S2RLO=41.8 S2RHI=107 ;@30.1 OHMS, 1.4V
+ S3NAME="R" S3TSW=3.5NS S3RLO=41.8 S3RHI=107 ;@30.1 OHMS, 1.4V
+ S4NAME="X" S4TSW=3.5NS S4RLO=41.8 S4RHI=107 ;@30.1 OHMS, 1.4V
+ S5NAME="2" S5TSW=3.5NS S5RLO=1MEG S5RHI=1MEG)
*
.ENDS HV9931
```

Рисунок 2 – Листинг программы (начало описания макромодели HV9931)

После директивы .SUBCKT записано название макромодели (HV9931), имена узлов (VIN, VDD, CS1, CS2, PWM_D, RT, GATE, AGND). Ключевым словом .PARAMS обозначен параметр, который может быть изменен пользователем при моделировании. В разработанной макромодели

микросхемы *HV9931* это сопротивление внешнего резистора *ROSC*, который задаёт частоту генератора тактовой частоты *V2*.

Описание используемых при создании макромоделей компонентов приводится после окончания ее описания. Типовое описание модели начинается с названия компонента (для совместимости с *SPICE* название конденсатора должно начинаться с *C*, резистора с *R*, источников напряжения с *V*, а функциональных блоков с *X*). Далее указаны номера (или символические имена) узлов к которым подключён компонент и заданный параметр элемента. Заканчивается описание макромоделей директивой *.ENDS* после которой пишут название макромоделей, используемое вначале (*.ENDS HV9931*).

В сгенерированной программе присутствуют также и описания моделей функциональных блоков [3], из которых моделировалась внутренняя структура ШИМ-контроллера стабилизатора тока светоизлучающих диодов (рис. 3). Описание моделей функциональных блоков структурно аналогичны структуре макромоделей микросхемы *HV9931*.

```
.SUBCKT BUF PINA PINB PARAMS: GAIN=1
E1 PINB 0 PINA 0 {GAIN}
R1 0 PINA 100Meg
RE1 PINA 0 1G;added by E1
.ENDS BUF
```

Рисунок 3 – Листинг программы (описание модели буферного усилителя)

Разработанная *SPICE*-подсхема ШИМ-контроллера стабилизатора тока светодиодов *HV9931* была проверена в типичной схеме включения для оценки корректности ее работы в программе *Micro-Cap* (рис. 4).

Рисунок 4 – Модель ШИМ-стабилизатора тока светодиодов

Моделирование показало корректность работы разработанной подсхемы стабилизатора тока светодиодов *HV9910* на языке *PSPICE*. Эта модель поддерживает на выходе ток светоизлучающего диода на постоянном уровне (рис. 5).

Рисунок 5 – Временные диаграммы тока и напряжение на светодиоде VD2

Разработанная в среде схемотехнического моделирования программы *Micro-Cap* макромодель ШИМ- стабилизатора тока светодиодов *HV9931* успешно транслирована в подсхему на языке *PSPICE*. Изучена структура разработанной программы. Проверка показала, что полученная *SPICE*-подсхема работает корректно, а, значит, возможно ее использование для разработки, устройств, содержащих узлы на основе ШИМ-контроллера стабилизатора тока светодиодов *HV9931*.

Список литературы

1. Амелина М.А., Амелин С.А Программа схемотехнического моделирования MICRO-CAP. Версии 9, 10 – Санкт-Петербург, Издательство Лань, 2014, 632 С.
2. Universal High Brightness LED Drivers HV9931. Supertex inc. Doc.# DSFP-HV9931.
3. Амелин С.А., Амелина М.А. Библиотека функциональных блоков. Системы компьютерной математики и их приложения. 2013. № 14. С. 5-7.
4. Клямеров К.П., рук. С.А. Амелин, к.т.н., доц. Математическая модель драйвера светодиодной лампы с единичным коэффициентом мощности // Сборник: XVIII международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика» – Смоленск: Издательство «Универсум», филиал НИУ МЭИ в г. Смоленске.

Материал принят к публикации 30.09.21.