

МОДЕЛИРАНЕ НА CMOS ИНТЕГРАЛНИ ЕЛЕМЕНТИ

П.Д. Петрова, Тодорова В.Д.

Технически Университет -
Габрово

Abstract:

A microcircuit and a functional macrocircuit modelling is used for the analysis of the static transfer characteristics of the CMOS integrated logic elements. The models and the modelling parameters are in accordance with the syntax of the SPICE package. The modules, described the equivalent circuits, are formed. They can be used in the systems for studying of the CMOS IC and devices. The comparative estimation of the experimental and modelling results is made.

Keywords: microcircuit modelling, macrocircuit modelling, CMOS IC

Изхождайки от особеностите на схемотехничното моделиране и в съответствие с принципната схема на CMOS инвертор, показана на фиг. 1, в настоящата работа е създаден модел чрез замяна на двата разнотипни MOS транзистора с подходяща еквивалентна схема, в частност, с тази на Шикман-Ходжиз [1].

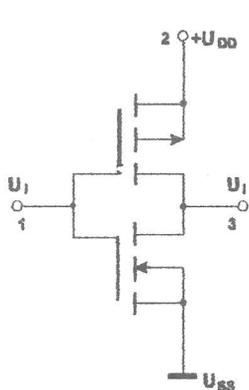
Схемата от фиг. 1 се описва със следния файл, съобразен с изискванията на PSPICE пакета, показана по-долу:

```
• SUBCKT CMOS          1 2 3
  M1 3 1 0 0      MON   (W)  (L)
  M2 3 1 2 2      MOP   (W)  (L)
• MODEL MON NMOS     [(VTO) (NSUB) (UO) (KP)
                      (PHI) (GAMMA) (LAMBDA)]
• MODEL MOP PMOS     [(VTO) (KP) (PHI) (GAMMA)
                      (TOX) (XY) (NSUB) (NSS)
                      (RSH) (UO)]
• ENDS
```

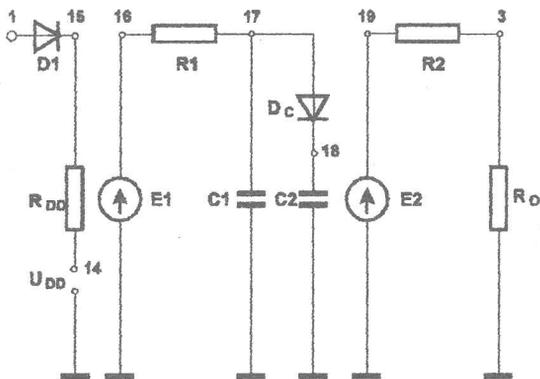
Основните трудности при практическото използване на файла, описващ инвертора във вид на подсхема, произтичат от недостатъчната каталожна информация за определяне моделните параметри на CMOS транзисторите. Това налага задаване на препоръчвани в литературата стойности, което води до намаляване на точността на крайните резултати.

Тези трудности могат да се избягнат при прилагане на друг подход - този на *функционалното макро моделиране*.

Функционалният макромодел на CMOS инвертора, синтезиран по този подход, е представен на фиг. 2.



Фиг. 1. Принципна схема CMOS инвертор



Фиг. 2. Функционален макромодел на CMOS инвертор

Входното стъпало се замества с диод D1, който в зависимост от нивото на сигнала е или отпушен, или запушен. Инвертирането на сигнала става във възел 16, което се моделира чрез зависимия източник E1. Напрежението на E1 се управлява от напрежението във възел 15 по зависимостта:

$$E1 = VK1 - V(15), \quad (1)$$

като VK1 е апроксимационен коефициент. Стойността му се избира така, че да съответствува на реализираната логическа операция.

За регулиране на времеконстантата, отчитаща различното закъснение при преминаване на сигнала от ниво логическа „1“ в ниво логическа „0“ и обратно, е включен диодът D_C . В зависимост от състоянието му (отпушено или запушено) са в сила следните зависимости:

$$\tau = R_1 \cdot C_1 \text{ или } \tau = R_1(C_1 + C_2).$$

Зависимият източник E_2 в изходното стъпало се управлява от напрежението върху C_1 , като:

$$E_2 = K \cdot V(17) \quad (2)$$

Чрез коефициента K се отчита падът на напрежението във възел 17, дължащ се на съпротивлението R_1 .

Чрез R_2 се моделира изходното съпротивление на CMOS инвертора.

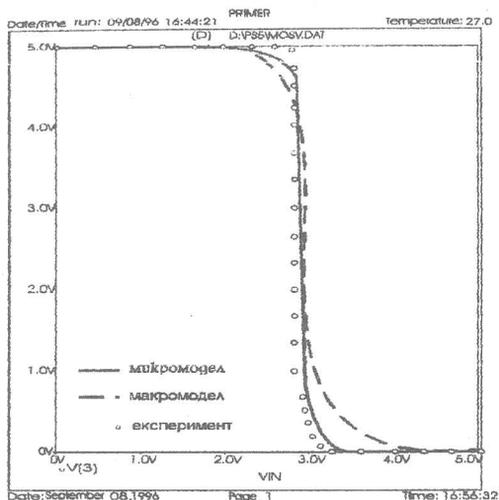
Функционалният макромодел на CMOS инвертора се описва със следния файл:

```

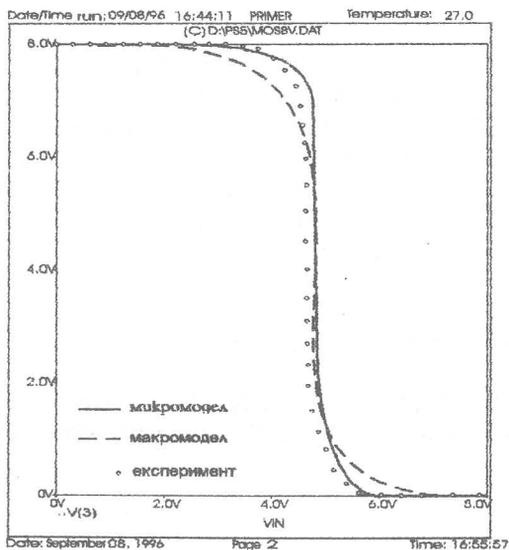
• SUBCKT      CMOS      1 2 3
  D1      15      1      DIOD
  VDD     14      0      VAL
  RDD     14      15     VAL
  R1      16      17     VAL
  R2      19      3      VAL
  C1      17      0      VAL
  C2      18      0      VAL
  DC      17      18     DIOD
  E1      16      0      POLY(1) 15 0 VK1 K
  E2      19      0      17 0 K1
• MODEL      DIOD      D
• ENDS

```

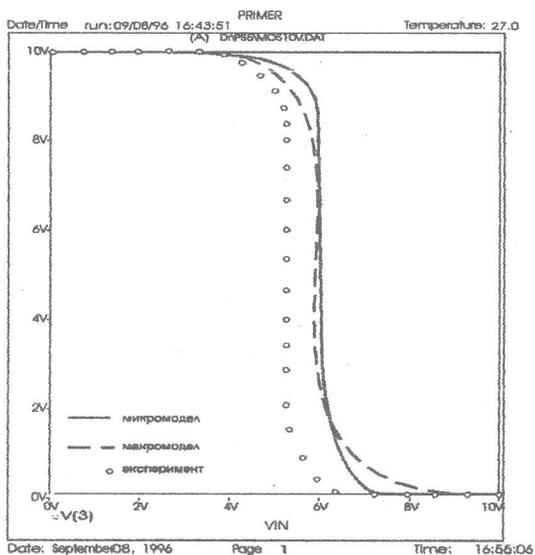
С представения функционален макромодел са възпроизведени статични предавателни характеристики за CMOS IC MC 14011B. Същите са сравнени с получените от микромоделването и по експериментален път. Резултатите да представени на фиг. 3, 4 и 5 за различни захранващи напрежения.



Фиг. 3. Статични предавателни характеристики на CMOS ИС MC 14011B при $U_{DD} = 5\text{ V}$



Фиг. 4. Статични предавателни характеристики на CMOS ИС MC 14011B при $U_{DD} = 8\text{ V}$



Фиг. 5. Статични предавателни характеристики на CMOS ИС MC 14011B при $U_{DD} = 10\text{ V}$

Сравнителната оценка на графичните зависимости показва че:

- функционалният макромодел е достатъчно достоверен и може да се използва при схемотехнично моделиране;
- резултатите от функционалното макромоделирание са с по-ниска точност от тези при схемотехничното микромоделирание;
- на базата на функционалния модел могат да се изследват и други CMOS логически елементи и схеми.

Л и т е р а т у р а :

1. Geiger R.L., Ph.E. Allen, N.R. Strader. VLSI Design Techniques for Analog and Digital Circuits. *Mc Graw-Hill Publishing Company, 1990*