

דף הנחיות לתרגילי מחשב במקצוע "מעגלי מיתוג"

שם : יואב ידין
חדר : 767
טלפון : (04-829) 4710
Email : yadin@tx

העתקת קבצי SPICE גרסא 8.0 להתקנה ביתית :

- הורדת הקובץ 80dlabe.exe הנמצא ב -
ftp://ftp.technion.ac.il/pub/supported/ee/Shmuel_Schacham/
- הרצת הקובץ.
- הרצת .SETUP.EXE.

עבודה בחשבון בחווה :

חבילת SPICE 8.0 נמצאת תחת PROGRAMS תחת DESIGN LAB EVAL_8 .

תשובה לתרגיל מחשב תכלול :

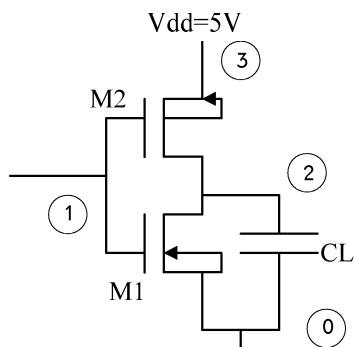
1. הדפסה של החלק הראשון של קובץ *.OUT עד ערכי הטרנזיסטורים (כולל).
2. חלקים מתוך טבלאות המספרים ו/או גרפים על פי הנדרש בלבד ובצמצום.
3. הסבר מילולי של הפתרון.

יש לזכור :

חבילת ה-SPICE שבחווה היא תוכנת EVALUATION (לצורכי הדגמה) ולכן אופציות מסויימות אינן עובדות (כמו PART), הספריות מאד מוגבלות (המודלים של טרנזיסטורי MOS מנוונים), ומספר הרכיבים במעגל מוגבל ל-25 רכיבים בלבד.

תוכנית דוגמא : מהפך CMOS פשוט

יש לממש את המעגל הבא :

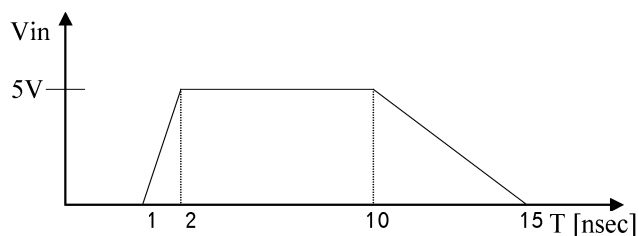


נתונים :

1. $CL=0.1\text{pF}$
2. M1 : רוחב התעלה גדול פי 2 מאורכה, $V_{TO}=1\text{V}$
3. M2 : רוחב התעלה גדול פי 4 מאורכה, $V_{TO}=1\text{V}$

השאלה :

- א. נדרש לשרטט את אופיין המהפך.
- ב. יש למצוא את V_{oh} , V_{ol} .
- ג. נדרש לשרטט את היציאה בתלות בזמן עבור V_{in} הבא :



תשובה :

קובץ *.CIR :

example

-----תאור-המעגל-----

```
Vdd 3 0 5
Vin 1 0 pwl 0 0 1n 0 2n 5 10n 5 15n 0
m1 2 1 0 0 ndn
m2 2 1 3 3 pup
CL 2 0 0.1p
```

-----מודל טרנזיסטור-NMOS-----

```
.model ndn nmos (LEVEL=2 VTO=1 W=4u L=2u)
```

-----מודל טרנזיסטור-PMOS-----

```
.model pup pmos (LEVEL=2 VTO=-1 W=8u L=2u)
```

-----ניתוח המעגל-----

```
.dc vin 0 5 0.1
.tran 0.01ns 25ns
```

-----הפלט הנדרש-----

```
.print dc v(2)
.probe
.end
```

כתיבת תוכנית SPICE

מבנה תוכנית SPICE :

- שורת כותרת
- תאור המעגל
- פרמטרי הטרנזיסטורים
- הניתוחים הדרושים
- אופן הצגת התוצאות המבוקשת
- שורת סיום

- את הקובץ יש לשמור עם סיומת "cir".
- כל שורה המתחילה ב - * היא שורת הערה. ניתן להוסיף שורות הערה בכל מקום בתכנית.
- ה - SPICE אינו מבחין בין אותיות גדולות וקטנות.

שורת כותרת:

השורה הראשונה בקובץ היא שורת כותרת. התוכנה מתעלמת משורה זו.

תאור המעגל:

תאור המעגל צריך לכלול את כל הרכיבים במעגל, הפרמטרים שלהם (התנגדות, קיבול וכו'), וצורת החיבור ביניהם. על מנת לתאר באיזה מקום במעגל נמצא כל רכיב יש למספר את הצמתים במעגל.
אדמה תסומן תמיד כצומת מס' 0.

כל רכיב במעגל מתואר בעזרת שורה אחת בתוכנית. מבנה השורה :

- השורה צריכה להתחיל באות המתארת את הרכיב :

MOS	M	מקור מתח	V	נגד	R
טרנזיסטור ביפולרי	Q	מקור זרם	I	קבל	C
דיודה	D			סליל	L

- לאחר האות הנ"ל ובצמוד לה ממשיך שם הרכיב (לדוגמא VIN , CL , M1 וכו').
- לאחר מכן מופיעים הצמתים אליהם מחובר הרכיב, לפי הסדר הבא :
 - עבור רכיבים עם שתי רגליים : קודם הפלוס ואח"כ המינוס.
 - עבור טרנזיסטורי MOS : קודם הצומת של ה-D, אח"כ ה-G, ה-S וה-B.
 - עבור טרנזיסטורים ביפולריים : קודם הצומת של ה-C, אח"כ ה-B, וה-E.
- פרמטרי הרכיב (עבור נגד – ההתנגדות, עבור מקור מתח DC - המתח, וכו')
 - כל הפרמטרים מופיעים ביחידות MKS ([F], [m], [A], [V]) (וכו').

- ניתן להוסיף אחרי הערך אות לשינוי סדר הגודל:
- .1meg=1e6, 1k=1e3, 1m=1e-3, 1u=1e-6, 1n=1e-9, 1p=1e-12, 1f=1e-15
- עבור טרנזיסטורים יש לרשום שם של מודל המכיל את פרמטרי הטרנזיסטורים.

- תנאי התחלה: ניתן להוסיף בסוף השורה תנאי התחלה לרכיב (למשל מתח התחלתי לקבל) ע"י כתיבת תנאי התחלה = IC.

- דוגמאות:

נגד	ערך צומת2 צומת1 שם R
קבל	*(מתח התחלה=IC) ערך צומת2 צומת1 שם C
סליל	*(זרם התחלה=IC) ערך צומת2 צומת1 שם L
מקור מתח DC	ערך צומת2 צומת1 שם V
טרנז' MOS	*(אורך התעלה=L רוחב התעלה=W) מודל צומתB צומתS צומתG צומתD שם M
טרנז' ביפולרי	*(IC=Vbe, Vce) מודל צומתE צומתB צומתC שם Q
דיודה	*(IC=Vd) מודל צומת2 צומת1 שם D

- מקורות מתח משתנים בזמן:

ליניארי למקוטעין	...זמן4 מתח3 זמן3 מתח2 זמן2 מתח1 זמן1 צומת2 צומת1 PWL שם V
סינוסי	תדירות אמפליטודה מתח-מוצע צומת2 צומת1 SIN שם V

* פרמטר אופציונלי.

פרמטרי הטרנזיסטורים:

יש מספר פרמטרים אותם ניתן לקבוע לכל טרנזיסטור. פירוט מלא של הפרמטרים מופיע בסוף חוברת זו ובספר הלימוד.

לכל טרנזיסטור מותאם מודל הקובע את ערכי הפרמטרים של הטרנזיסטור. ניתן להשתמש באותו מודל עבור מספר טרנזיסטורים זהים במעגל.

מבנה שורה המגדירה מודל:

- השורה צריכה להתחיל ב – "model".
- אח"כ מופיע שם המודל (כפי שהופיע בשורה המתארת את הרכיב).
- לאחר מכן סוג הרכיב – "NMOS", "PMOS", "D" (דיודה), "QNL" (ביפולרי).
- אח"כ ניתן לקבוע את פרמטרי הטרנזיסטורים ע"י כתיבת "ערך = פרמטר". אם לא ניתן ערך לאחד הפרמטרים ה – SPICE משתמש בערכי ה – Default המצויינים בטבלה בסוף החוברת.
- דוגמא:

.model ndn nmos LEVEL=2 VTO=1 W=4u L=2u

הניתוחים הדרושים :

ניתן להריץ סימולציה אחת מכל סוג (DC, TRAN, AC) בכל קובץ.

- הגדרת סימולצית DC :

<ערך קפיצה> <ערך סיום> <ערך התחלה> <שם רכיב המתח> DC.

- הגדרת סימולצית TRAN :

* (UIC) * <זמן התחלה> <זמן סיום> <זמן קפיצה> TRAN.

אופן הצגת התוצאות :

ניתן לראות את תוצאות הסימולציה בטבלאות ובגרפים. ה- SPICE מוציא קובץ פלט (עם סיומת ".out"), הכולל את תאור המעגל, הניתוחים המבוקשים, פרמטרי הטרנזיסטורים וטבלאות של תוצאות הסימולציה.

- על מנת לשרטט גרפים יש לכתוב בתכנית ה- SPICE את השורה "PROBE". אם שורה זו מופיעה בקובץ, ה- SPICE מוציא את כל הנתונים הדרושים לשרטוט גרפים לקובץ עם סיומת ".dat". התוכנה הקוראת את הקובץ ומשרטטת את הגרפים נקראת PROBE, והסבר על הפעלתה נמצא בהמשך.
- על מנת לקבל את תוצאות הסימולציה (מתח בצומת מסוים או זרם דרך מקור מתח) בטבלה יש לרשום : <תוצאה מבוקשת> <סוג סימולציה> PRINT.

למשל :

הדפסת טבלה של המתח בצומת 1 כפונקציה של המתח המשתנה בסימולצית DC :

PRINT DC V(1)

הדפסת טבלה של הזרם העובר דרך מקור המתח Vdd כפונקציה של הזמן בסימולצית TRAN :

PRINT TRAN I(Vdd)

הטבלאות מופיעות בקובץ הפלט עם סיומת ".out".

שורת סיום :

בסוף כך תכנית תופיע השורה "end".

פירוט, הסברים ופקודות נוספות ניתן למצוא ב-HELP של כל תוכנה (מגרסא 8) וב-USER GUIDE הממוחשב.

שרטוט המעגל בתוכנת SCHEMATICS

1. הפעלת התוכנה : מתוך ה - Design Manager.
2. הבאת רכיבי המעגל : Draw > Get New Part ובחירת הרכיבים מהתפריט. ניתן לראות את שרטוט הרכיב בתפריט המתקדם (Advanced). דוגמאות לשמות רכיבים שימושיים :
 - מקור מתח DC - VDC, מקור מתח משתנה בזמן בצורה לינארית למקוטעין - VPWL.
 - נגד - R, קבל - C.
 - אדמה - GND_EARTH.
3. אם לא ניתן למצוא רכיבים בתפריט יש לבדוק האם מותקנות הספריות :
 - . Library Setting... Options > Editor Configuration ואז בחירת
4. חיווט המעגל נעשה ע"י בחירת Draw > Wire וציוור החוטים בעזרת העכבר.
5. ניתן לסובב את הרכיבים ע"י בחירת Edit ואח"כ Rotate או Flip.
6. הגדרת שמות הרכיבים וגודלם ע"י לחיצה כפולה על הרכיב ושינוי החלונות המתאימים.
7. הגדרת המודלים של הטרנזיסטורים והדיודות : בחירת הרכיב ואז בחירת התפריט Edit > Model > Edit Instance Model (Text) ושינוי או הוספה של פרמטרים בחלון.
8. הגדרת הניתוחים : Analysis > Setup... וסימון V בניתוחים הרצויים. לאחר מכן יש ללחוץ על כפתורי הניתוחים הנ"ל עם העכבר ולבחור את הפרמטרים המתאימים.
9. אם רוצים לקבל בקובץ out. גם טבלת ערכים של מתח בנקודה מסויימת יש לבחור את הרכיב VPRINT1 מתוך Get New Part, למקם אותו בנקודה, ולקבוע את הניתוח (DC ו/או TRAN) עבורו רוצים לקבל את הטבלה ע"י לחיצה כפולה על הרכיב. ניתן לקבל גם טבלה של ערכי זרם (רכיב IPRINT) או של הפרש מתחים בין שתי נקודות (VPRINT2).
10. מספור הצמתים נעשה ע"י לחיצה כפולה על קטע חוט השייך לצומת.

הרצת ה- SPICE

1. אפשרות א' : תאור המעגל בקובץ טקסט.
 - כתיבת קובץ TEXT (*CIR) המתאר את המעגל שאותו נדרש לנתח, ערכי המתח/זרם בכניסות וסוגי הניתוח הנדרשים.
 - הרצת התוכנית PSPICE (או PSPICEAD) מתוך ה- Design Manager.
 - פתיחת קובץ המעגל (*CIR) והרצתו ע"י בחירת : FILE > OPEN > OPEN.
2. אפשרות ב' : תאור המעגל בעזרת שרטוט ב-Schematics.
 - שרטוט המעגל בעזרת התוכנית SCHEMATICS ושמירתו תחת *.SCH.
 - קביעת הכניסות והניתוחים המבוקשים.
 - הרצה ע"י SIMULATE (מתוך תפריט ANALYSIS).

הצגת התוצאות :

- * טבלאות נתונים נלקחות מקובץ ה- TEXT (*OUT).
- * גרפים ניתן לצייר באמצעות התוכנה PROBE.