מבחן בקורס התקני מל"מ 83812

מועד ב - 14.8.2023

א. יש לסמן את התשובה הנכונה אך ורק בטבלת התשובות. תשובות בכל מקום אחר לא יזכו בניקוד.
ב. הניקוד זהה על כל שאלה: 6.25 נקודות.
ג. נא לענות על 16 מתוך 20 השאלות.
ד. ניתן להשתמש בדף הקבועים, בדף הנוסחאות האישי ובמחשבון.
ה. משך המבחן 3 שעות.

בהצלחה!

טבלה לסימון התשובות:

D	C	B	A	**1**
D	C	B	A	**2**
D	C	B	A	**3**
D	C	B	A	**4**
D	C	B	A	**5**
D	C	B	A	**6**
D	C	B	A	**7**
D	C	B	A	**8**
D	C	B	A	**9**
D	C	B	A	**10**
D	C	B	A	**11**
D	C	B	A	**12**
D	C	B	A	**13**
D	C	B	A	**14**
D	C	B	A	**15**
D	C	B	A	**16**
D	C	B	A	**17**
D	C	B	A	**18**
D	C	B	A	**19**
D	C	B	A	**20**

1 . עבור JFET מסיליקון נתון כי אזור P^+ מאולח $10^{18}\ cm^{-3}$ וריכוז התורמים בתעלה $10^{16}cm^{-3}$. בהינתן כי $a = 1\mu m$, $\mu_n = 1000\frac{cm^2}{Vs}$, $\frac{Z}{L} = 10$. חשב את I_D עבור $V_G = -6$.

a) 6.13 mA
b) 2.8 mA
c) 0.076 mA
d) 0.06 nA

2. עבור JFET מ GaAs בעל תעלת n, נתון ריכוז האלוחים:
$N_a = 10^{18}\ cm^{-3}$, $N_d = 3 * 10^{15}cm^{-3}$. ריכוז נושאי המטען האינטרינזי ב GaAs הינו:
$n_i = 1.8 * 10^6\ cm^{-3}$, ניידות האלקטרונים : $\mu_n = 8000\frac{cm^2}{V-S}$, והקבוע הדיאלקטרי: $\varepsilon_{GaAs} = 13.1$
בהינתן כי הרוחב המטלורגי של התעלה הוא $a = 0.7\ \mu m$, ואורך התעלה : $L = 1.2\ \mu m$. חשבו את מתח הצביטה הפנימי V_p ?

a) 7.66V
b) 1.01V
c) -1.5V
d) 0.7V

3. מצאו את מתח V_{GS} על מנת לקבל רוחב שכבת מחסור של $h = 0.1\ \mu m$. (ניתן להזניח את מתח V_{DS}).

a) 7.66V
b) 6.85V
c) 0.51 V
d) -7.66V

4. נתון טרנזיסטור PNP מסיליקון עם הפרמטרים הבאים: $W_b = 0.2\ \mu m, Area = 10^{-4}\ cm^2$

Emitter	Base	collector
$N_a = 5 \cdot 10^{18}\ cm^{-3}$	$N_d = 10^{16}\ cm^{-3}$	$N_a = 10^{15}\ cm^{-3}$
$\tau_n = 100\ ps$	$\tau_p = 2500\ ps$	$\tau_n = 2\ \mu s$
$\mu_n = 150\ \frac{cm^2}{Vs}$	$\mu_n = 1500\ \frac{cm^2}{Vs}$	$\mu_n = 1500\ \frac{cm^2}{Vs}$
$\mu_p = 100\frac{cm^2}{Vs}$	$\mu_p = 400\frac{cm^2}{Vs}$	$\mu_p = 450\frac{cm^2}{Vs}$

4. חשבו את γ

a) 0.9991
b) 0.0099
c) 0.5
d) 1

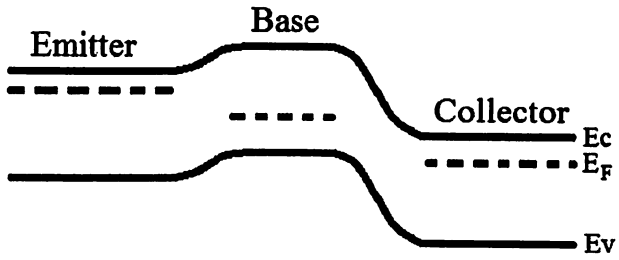
5. חשבו את β

a) 150
b) 213
c) 32
d) 486

6. בהנחה וזמן מעבר המטען בבסיס הינו דומיננטי, חשבו את תדר הקטעון של הטרנזיסטור f_T

a. 50.1 GHz
b. 4.5 KHz
c. 8.24 GHz
d. 4 MHz

7. נתונה דיאגרמת פסי האנרגיה הבאה של טרנזיסטור בי-פולארי בטמפרטורת החדר:



באיזה מצב הפעלה פועל הטרנזיסטור, באיזה מצב מופעל הצומת BC ומדוע ?

a. הטרנזיסטור במצב פעיל קדמי, הממתח על צומת BCהוא קדמי, על מנת לאפשר זרמים גדולים דרך הצומת
b. הטרנזיסטור במצב פעיל קדמי, הממתח על צומת BCהוא אחורי, על מנת לאסוף את כל נושאי המיעוט בבסיס סמוך לצומת
c. הטרנזיסטור במצב פעיל אחורי, הממתח על צומת BCהוא קדמי, על מנת לאפשר זרמים גדולים דרך הצומת
d. הטרנזיסטור במצב פעיל אחורי, הממתח על צומת BCהוא אחורי, על מנת ליצור שדה סחיפה גדול בצומת

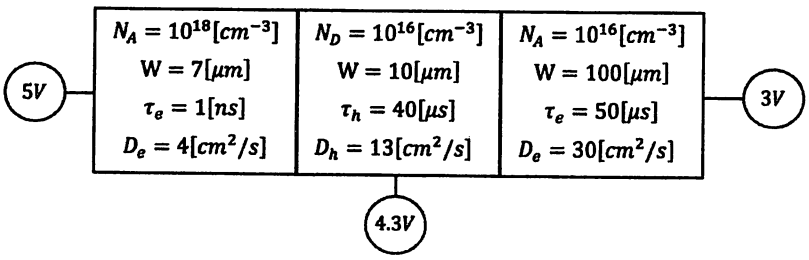
8. מדוע נהוג להזניח את הרקומבינציה בקולקטור של טרנזיסטור ביפולארי?

a. כי הקולקטור קצר.
b. כי התהליך דומה לרקומבינציה באמיטר ולכן אין צורך לחזור על הפיתוחים.
c. מפני שבמצב פעיל קדמי הצומת קולקטור-בסיס בממתח אחורי ורוב הזרם בצומת הקולטקור-בסיס מקורו בדיפוזיה בבסיס
d. כי הקולקטור מסומם בריכוז נמוך מהאמיטר

9. כיצד אפקט EARLY משפיע על טרנזיסטור BJT

a. במקרה בו אילוח הסיגים באמיטר יותר גדול מאילוח הסיגים בבסיס , ישנה העברת מטען יעילה יותר מהאמיטר לבסיס.
b. במקרה בו אילוח הסיגים בבסיס נמוך ביחס לקולקטור, שכבת המחסור בין הקולקטור לבסיס חודרת לתוך הבסיס וערך הבטא גדל
c. במקרה בו אילוח הסיגים בבסיס גבוה ביחס לקולקטור ,שכבת המחסור בין הקולקטור לבסיס חודרת לתוך הבסיס וערך הבטא גדל
d. במקרה בו אילוח הסיגים בבסיס גובה ביחס לקולקטור , זרם IC קטן כי מתח early מקטין את המתח האחורי המופעל על צומת בסיס הקולקטור

10. נתון טרנזיסטור ביפולרי עם הנתונים הבאים:

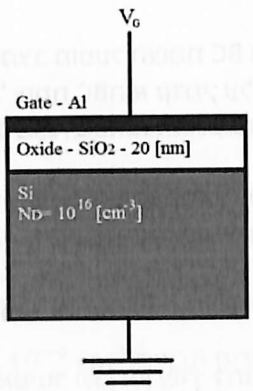


על סמך מפלי המתח המסומנים בשאלה, איזה הדק משמש כפולט (אמיטר) ובאיזה מצב הפעולה נמצא הטרנזיסטור ?

A. הדק שמאל , 10^{18} $[cm^{-3}]$, פעיל קדמי
B. הדק שמאל , 10^{18} $[cm^{-3}]$, פעיל אחורי
C. הדק ימין , 10^{16} $[cm^{-3}]$, פעיל קדמי
D. הדק ימין , 10^{16} $[cm^{-3}]$, קטעון

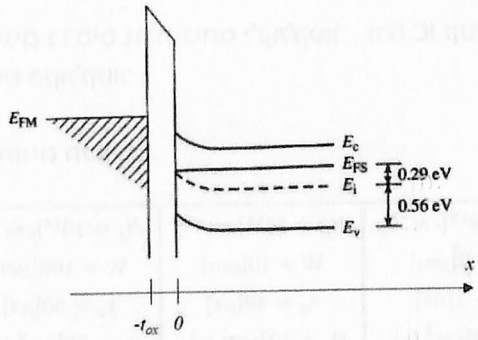
11. נתון שהזרם באמיטר שווה ל $IE = 1.35[mA]$ חשבו את הזרם בבסיס I_B
a. 250 µA
b. 20 nA
c. 64 µA
d. 2.63 mA

12. נתון קבל MOS הבא בטמפרטורת החדר:



פונקציות העבודה של אלומיניום $\phi_{Al} = 4.11$ [V] .
רוחב תחמוצת הסיליקון $t_{SiO2} = 20$ [nm] הסימום בסיליקון $N_D = 10^{16}$ $[cm^{-3}]$
מהו המתח השער VG שיש להפעיל על הקבל על מנת לקבל שוני בהתנהגות הקיבול בתדר גבוה ובתדר נמוך?
a. $V_G > -0.15$ [V]
b. $V_G < -0.15$ [V]
c. $V_G > -1.13$ [V]
d. $V_G < -1.13$ [V]

13. נתון קבל MOS בעל עובי תחמוצת SiO2 של $t_{ox} = 0.2[\mu m]$ בטמפרטורת החדר.
פסי האנרגיה בהפעלת מתח שער מסוים נתונים בציור הבא:



מהו מפל המתח על התחמוצת במצב הנתון?

a. -1.4 [V]
b. -0.1 [V]
c. -0.56 [V]
d. 0.29 [V]

14. עבור הקבל בשאלה 3.2, מהו מתח הסף של הקבל?

a. -1.38 [V]
b. -5 [V]
c. -0.56 [V]
d. 0.56 [V]

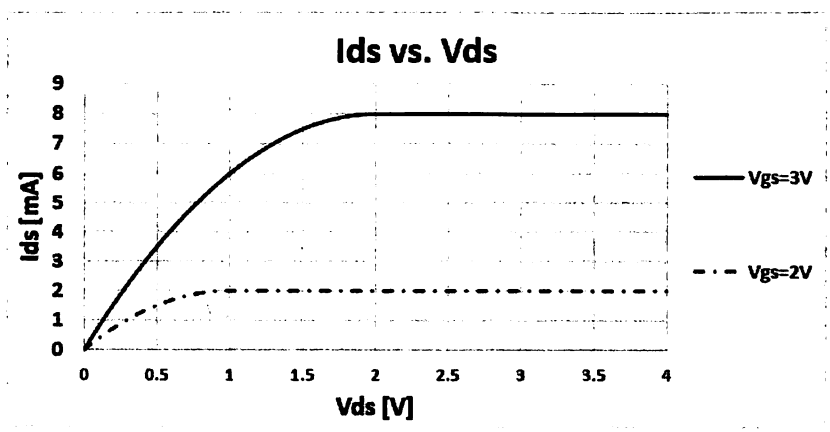
15. עבור קבל MOS, בעל שער מזהב, שכבה מבודדת של SiO2 בעובי $t_{sio2} = 100\ [nm]$ (ללא זיהומים בשכבת המבודד) וסיליקון מאולח ב$N_D = 1.45 * 10^{17}[cm^{-3}]$. אילו מתכונות הקבל יושפעו עקב החלפת מתכת השער באלומיניום, בעל פונקציית עבודה נמוכה יותר ($\phi_{Al} < \phi_{Au}$)? אילו תכונות יושפעו מהחלפת המבודד בסיליקון ניטריד, בעל מקדם דיאלקטרי גבוה ($\varepsilon_{Sio2} < \varepsilon_{Si3N4}$)?

a. תכונות הקבל לא יושפעו כלל – הן נקבעות על פי תכונות המצע ועובי המבודד בלבד.
b. החלפת המבודד תשפיע על כל ערכי הקיבול שנמדוד וכן על מתח הסף. החלפת המתכת תשפיע על מתח יישור הפסים, וכתוצאה מכך על מתח הסף.
c. החלפת מתכת השער תשפיע על כל ערכי הקיבול שנמדוד. החלפת המבודד תשפיע על מתח יישור הפסים, וכתוצאה מכך על מתח הסף.
d. החלפת המבודד תשפיע רק על ערך הקיבול המקסימלי שנמדוד, וכן על מתח הסף. החלפת המתכת תשפיע על מתח הסף.

16. מדוע ישנו הבדל במדידת קיבול כפונקציה של מתח (CV) בתדר AC גבוה לעומת מדידה בתדר נמוך

a) רק בתדר גבוה נוצרת שכבת האינברסיה
b) בתדר נמוך קיבול השכבה המבודדת על השער הוא דומיננטי ובתדר גבוה הוא זניח
c) בתדר גבוה נושאי המטען באזור הדפלציה לא מצליחים לעקוב אחר שינוי זרם החילופין המהיר
d) בתדר גבוה קיבול השכבה המבודדת על השער הוא דומיננטי ובתדר נמוך הוא זניח

17. נתון אופיין זרם מתח עבור טרנזיסטור MOSFET



מהו קבוע הטרנזיסטור K ?

a) $1\frac{A}{V^2}$

b) $4\frac{A}{V^2}$

c) $21\frac{A}{V^2}$

d) $40\frac{A}{V^2}$

18. עבור MOSFET בעל הנתונים הבאים :

$t_{sio2} = 10\ nm$, $\mu_n = 200\frac{cm^2}{V-S}$, $V_T = 0.8\ V, L = 1\ \mu m, Z = 25\ \mu m$

מהו זרם I_D כאשר מפעילים $V_G = 5$, $V_D = 0.1\ V$?

a) $3.45 * 10^{-3}A$

b) $6 * 10^{-3}A$

c) $1 * 10^{-4}A$

d) $6.8 * 10^{-4}A$

19. סמנו את המשפט הנכון במקרה שבו מתרחש short channel effect

a) מהירות מיתוג הטרנזיסטור תרד

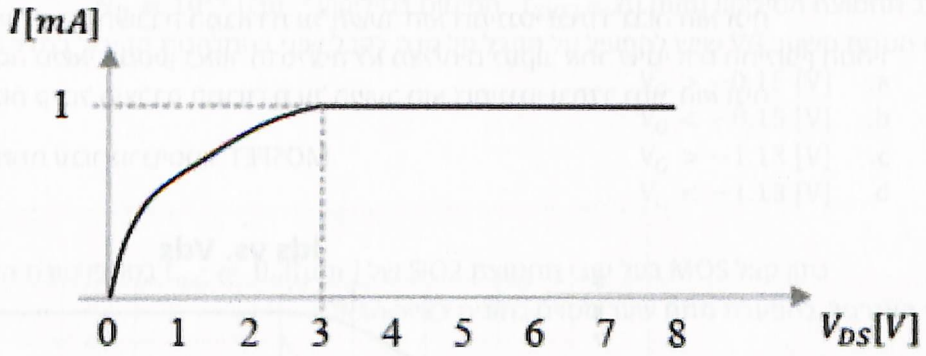
b) עלות יצור הטרנזיסטור קטנה

c) נוצרת שכבת אינברסיה בתעלה

d) עלולה להתרחש תופעת punch through ותפקוד הטרנזיסטור יפגע

20. נתון טרנזיסטור NMOS עם יחס של רוחב לאורך התעלה הבא $W/L = 10$

מודדים את זרם I_{Ds} כפונקציה של מתח V_{Ds} עבור מתח השער $V_{GS} = 5V$



אם נתון שקיבול התחמוצת הינו: $C_{ox} = 5.66 * 10^{-8}\ [\frac{F}{cm^2}]$ חשבו, מהי הניידות האפקטיבית של נושאי המטען בתעלת האינורסיה μ_{eff} ?

a. $521\ [\frac{cm^2}{Vs}]$

b. $820\ [\frac{cm^2}{Vs}]$

c. $1050\ [\frac{cm^2}{Vs}]$

d. $388\ [\frac{cm^2}{Vs}]$