

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנחשת נכתן

נוסחאון באלקטרוניקה תקבילית א' לכיתה י"ג

(8 עמודים)

דיודת צומת

משוואת זרם-מתח של דיודה מעשית:

- זרם הדיודה - I_D [A]
- זרם זליגה אחורי - I_S [A]
- מתח הדיודה - V_D [V]
- מתח התלוי בטמפרטורה - V_T [V]

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

- מקדם - $\eta = \begin{cases} 1 - \text{גרמניום} \\ 2 - \text{סיליקון} \end{cases}$

$$V_D = \eta V_T \ln \left(\frac{I_D}{I_S} + 1 \right)$$

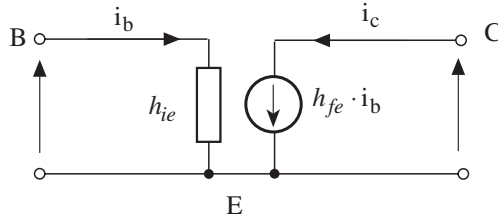
טרנזיסטור דו-נושאי (בתחום הפעיל)

- זרם קולט - I_C [A]
- זרם פולט - I_E [A]
- זרם בסיס - I_B [A]

$$I_C = \beta I_B, I_E = (\beta + 1) I_B, I_E = I_C + I_B$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta}{\beta + 1}, \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

תרשים תמורה מקורב מסוג h של טרנזיסטור דו-נושאי



טרנזיסטור FET (איזור הרוויה)

זרם האפיק - I_D [A]

זרם האפיק עבור $V_{gs} = 0$ - I_{DSS} [A]

$V_{gs} = 0$

המתח בין השער למקור - V_{gs} [V]

מתח צביטה - V_p [V]

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{gs}}{V_p} \right)^2$$

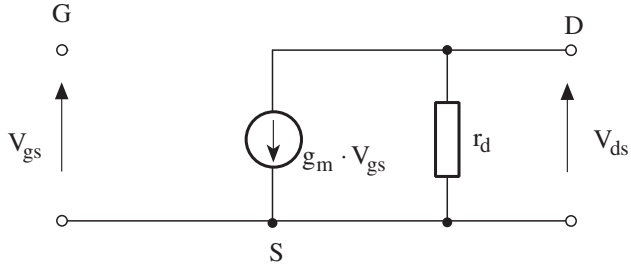
$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \left(1 - \frac{V_{gs}}{V_p} \right)$$

מוליכות החדית - g_m $\left[\frac{1}{\Omega} \right]$

מוליכות החדית עבור $V_{gs} = 0$ - g_{m0} $\left[\frac{1}{\Omega} \right]$

$$g_{m0} = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|}$$

תרשים תמורה מקורב של FET



טרנזיסטור MOSFET (איזור הרוויה)

עבור טרנזיסטור מסוג N - CHANNEL :

מתח צביטה - V_T [V]

מקדם - $k \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}^2} \right]$

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$$

תנאי הרוויה:

$$V_{GS} > V_T$$

$$V_{DS} > V_{GS} - V_T$$

הערה: מעגל התמורה לאות חילופין של טרנזיסטור MOSFET זהה לזה של טרנזיסטור JFET .

מתחים וזרמים בגל סינוס עם זווית הצתה

א. בקרת חצי גל בעומס אומי

$$0 \leq \alpha \leq \pi$$

$$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_{AV} = \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos \alpha]$$

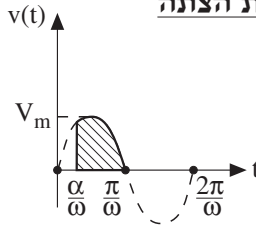
$$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{2} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

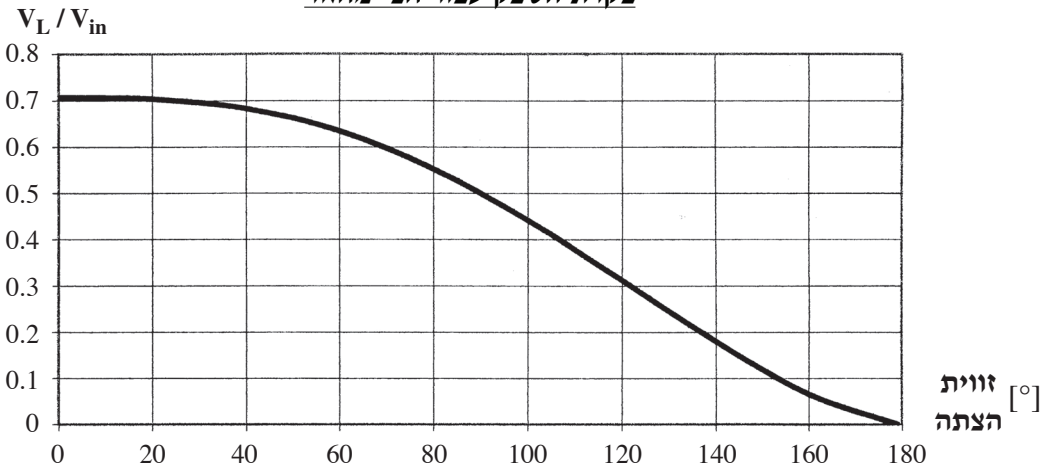
$$V_{in} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$



α [rad] - זווית הצתה

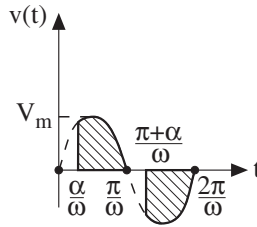
- $v(t)$ [V] - מתח הגל בתלות בזמן
- V_{AV} [V] - הערך הממוצע של המתח
- V_{RMS} [V] - הערך היעיל של המתח
- V_m [V] - הערך המרבי של המתח
- ω $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$ - מהירות זוויתית (תדר זוויתי)
- t [sec] - זמן
- R [Ω] - התנגדות העומס
- P [W] - הספק על העומס
- I_{AV} [A] - הערך הממוצע של הזרם
- I_{RMS} [A] - הערך היעיל של הזרם
- V_L [V] - הערך היעיל של המתח על העומס
- V_{in} [V] - הערך היעיל של מתח הכניסה

בקרת הספק עבור חצי מחזור



המשך בעמוד 5

ב. בקרת גל שלם בעומס אומי



זווית הצתה α [rad]

$$0 \leq \alpha \leq \pi$$

$$v(t) = V_m \cdot \sin \omega t$$

$$V_{AV} = 0$$

$$V_L = V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left(\pi - \alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

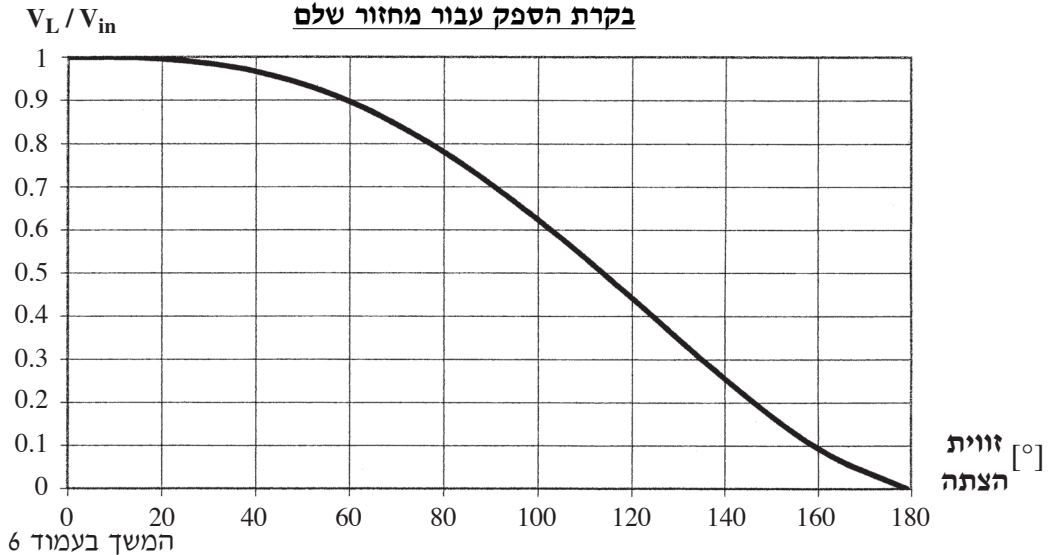
$$I_{AV} = 0$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

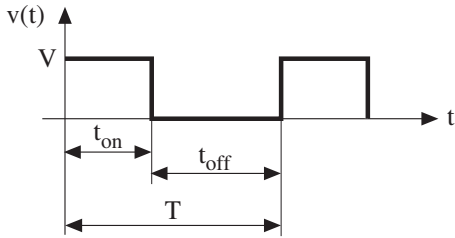
$$V_{in} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

- מתח הגל בתלות בזמן - $v(t)$ [V]
- הערך הממוצע של המתח - V_{AV} [V]
- הערך היעיל של המתח - V_{RMS} [V]
- הערך המרבי של המתח - V_m [V]
- מהירות זוויתית (תדר זוויתי) - ω $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$
- זמן - t [sec]
- התנגדות העומס - R [Ω]
- הספק על העומס - P [W]
- הערך הממוצע של הזרם - I_{AV} [A]
- הערך היעיל של הזרם - I_{RMS} [A]
- הערך היעיל של המתח על העומס - V_L [V]
- הערך היעיל של מתח הכניסה - V_{in} [V]

בקרת הספק עבור מחזור שלם



המשך בעמוד 6



- D - מחזור פעולה (Duty Cycle)
- t_{on} [sec] - זמן הולכה
- t_{off} [sec] - זמן פוגה
- T [sec] - זמן המחזור

מתחים וזרמים בגל מלבני

$$D = \frac{t_{on}}{T}$$

$$V_{AV} = D \cdot V$$

$$V_{RMS} = \sqrt{D} \cdot V$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

מיישרים

א. יישור חד-מופעי - חצי גל בעומס אומי

- V_{AV} [V] - הערך הממוצע של המתח
- V_m [V] - הערך המרבי של המתח
- V_{RMS} [V] - הערך היעיל של המתח
- I_{AV} [A] - הערך הממוצע של הזרם
- I_{RMS} [A] - הערך היעיל של הזרם
- R [Ω] - התנגדות העומס
- P [W] - הספק על העומס

$$V_{AV} = \frac{V_m}{\pi}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{2}$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

ב. יישור חד-מופעי – גל שלם בעומס אומי

- הערך הממוצע של המתח - V_{AV} [V]
- הערך המרבי של המתח - V_m [V]
- הערך היעיל של המתח - V_{RMS} [V]
- הערך הממוצע של הזרם - I_{AV} [A]
- הערך היעיל של הזרם - I_{RMS} [A]
- התנגדות העומס - R [Ω]
- הספק על העומס - P [W]

$$V_{AV} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{AV} = \frac{V_{AV}}{R}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

מתח אדווה במיישר חצי גל

- מתח גליות (אדווה) - ΔV [V]
- מתח מרבי במוצא - $V_{o,max}$ [V]
- תדר מתח הכניסה - f [Hz]

$$\Delta V \approx \frac{V_{o,max}}{R \cdot C \cdot f}$$

מתח אדווה במיישר גל שלם

$$\Delta V \approx \frac{V_{o,max}}{2 \cdot R \cdot C \cdot f}$$

מגברי הפרש

$$V_o = A_1 \cdot V_1 + A_2 \cdot V_2$$

מתח מבוא - V_1 [V]

$$A_1 = \frac{V_o}{V_1} \Big|_{V_2 = 0}$$

מתח מבוא - V_2 [V]

$$A_2 = \frac{V_o}{V_2} \Big|_{V_1 = 0}$$

הגבר הפרשי - A_d

$$A_d = \frac{A_1 - A_2}{2}$$

הגבר האות המשותף - A_c

$$A_c = A_1 + A_2$$

יחס דחיית האות המשותף - CMRR

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

$$V_o = A_d \cdot V_d + A_c \cdot V_c$$

הפרש מתחי המבוא - V_d [V]

$$V_d = V_1 - V_2$$

ממוצע הסכום של מתחי המבוא - V_c [V]

$$V_c = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$A_d = \frac{V_o}{V_d} \Big|_{V_c = 0} = \frac{V_o}{2V_i}$$

$$A_c = \frac{V_o}{V_c} \Big|_{V_d = 0} = \frac{V_o}{V_i}$$

בהצלחה!