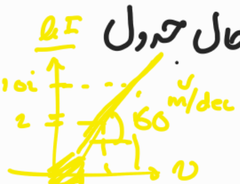
تمرین شماره ۴ - الکترونیک ۱ (تحویل ستاره دار (*) اختیاری) (SP یعنی شبیه سازی اسپایس شود)

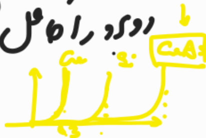
I_S (A)	V_{DON} (V)
10^{-15}	0.72
10^{-14}	0.66
10^{-13}	0.6
10^{-12}	0.54

$e^{v/v_{th}} \gg 1$



۱- فرض کنید V_{DON} را تعریف می کنیم $I_D\big|_{V_{DON}} = 1^{mA}$ حال جدول روبرو را کامل کنید.

$v = v_{th}\ln\left(\frac{1^{mA}}{I_S = 10^{-n}}\right) = (n-3)(v_{th}\ln 10)$, 60^{m}



(Google search or book search)!

۲- در رابطه $i_D = I_S(e^{v/v_{th}} - 1)$ تحقیق کنید تابعیت I_S از دما چگونه است. نشان دهید در ولتاژ ثابت دما چقدر اضافه شود تا جریان دیود دو برابر شود. حال اگر جریان عبوری از دیود ثابت باشد نشان دهید تغییر دما ولتاژ دو سر دیود را چگونه و چقدر عوض می کند.

$p_p = N_A$ $\quad n_p = \frac{n_i^2(T)}{N_A} \propto e^{-\frac{E_g}{kT}}$ $\quad n_i \propto e^{-E_g/2kT}$

$n_n = N_D$ $\quad p_n \propto e^{-E_g/kT}$ $\quad I_S \propto e^{-\frac{E_g}{kT}}$

۳- (مسئله طراحی) بسیاری از ترمومترهایی که در شکل روبرو حجم یک نمونه آن را می بینید براساس آنچه در مسئله ۲ بدست آورده اید کار می کنند. آیا می توانید یک ترمومتر طراحی کنید!

آن قسمتی که مربوط به دیود هست و بایاس کردن آن ها را نمایش دهید. بقیه المانهای مداری و ... (مثل منبع ولتاژ، منبع جریان، مبدل A/D و ...) را فرض کنید دارید.

۴- با آنچه از فیزیک عملکرد دیود می دانید توضیح دهید: (از روابط ای استفاده نشود تنها استدلال کنید)

الف) چرا جریان اشباع معکوس دیود تابعیتی مشابه آنچه در ۲ بدست آورده اید دارد. ✓

ب) در یک دیود p^+-n جریان در بایاس معکوس محصول چیست؟ در همین دیود در بایاس مستقیم چطور؟ ✓

ج) جریان اشباع معکوس این سه دیود را با هم مقایسه کنید.

a) $N_D = 10^{+15}$, $N_A = 10^{+18}$ (cm^{-3})

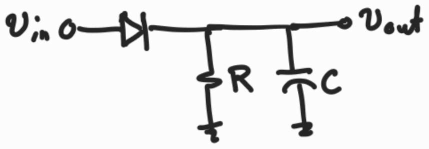
b) $N_D = 2\times10^{+15}$, $N_A = 10^{+18}$ (cm^{-3})

c) $N_D = 10^{+15}$, $N_A = 2\times10^{+18}$ (cm^{-3})

$I_c \approx I_a$

$I_b \approx \frac{1}{2} I_a$

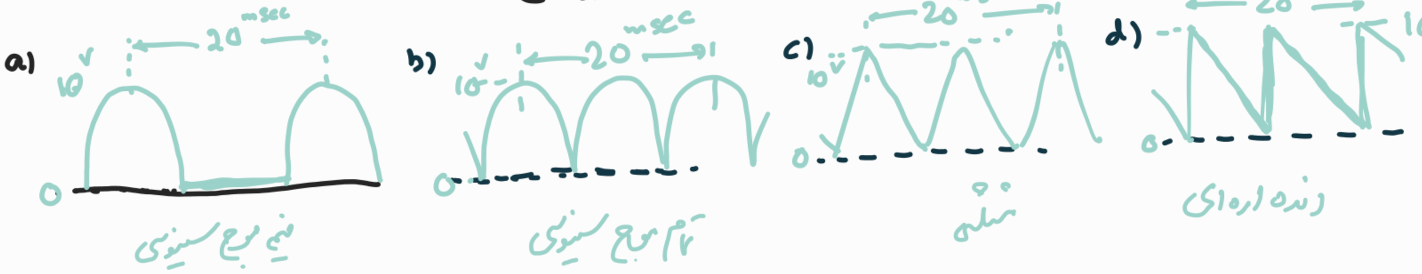
۵ (*) - ولتاژ ریپل (peak-peak) را به ازای ۴ ورودی زیر مقایسه کنید (SP)



$R = 100\Omega$ ($10^{k\Omega}$)

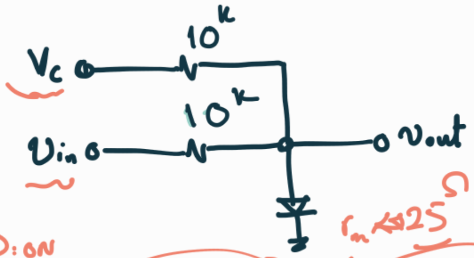
$C = 20\mu F$

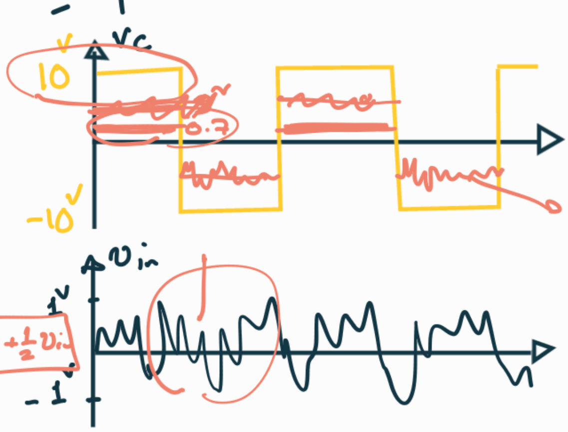
(فرکانس تمام ورودی ها 50^{Hz} است) ($V_{ON} = 0.7^V$)



(SP)

۹- به ازای V_c و v_{in} نشان داده شده v_{out} را رسم کنید



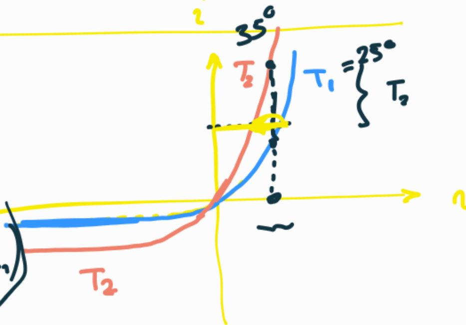


$V_c = 10^V$ D: ON →

~~$v_{out} \sim \frac{20}{10^k}$~~ $= (10^k \parallel 20^\Omega)$

$r_n \ll 25^\Omega$

$V_c = -10^V$ D: OFF → $-10 = V_c$, 10^k, 10^k, v_{in} → $V_{av} = -5 + \frac{1}{2}v_{in}$



$$\uparrow I_S \propto e^{-\frac{E_a}{q}/\frac{kT}{q}\uparrow}$$

$$\frac{i_{D2}}{i_{D1}} = 2 = \frac{I_{S2}}{I_{S1}} e^{\left(\frac{v}{v_{th2}} - \frac{v}{v_{th1}}\right)} = e^{\left(v - \frac{E_a}{q}\right)\left(\frac{1}{v_{th2}} - \frac{1}{v_{th1}}\right)}$$

(0.6, 1.1)

$$e^{-\frac{E_a}{q}\left(\frac{1}{v_{th2}} - \frac{1}{v_{th1}}\right)}$$

$\frac{\Delta T}{T}$ $T = 300$, $T = 305$

$$\frac{kT_1 - kT_2}{(kT_2)(kT_1)}$$

$$0.69 = \ln 2 = -0.5\frac{\Delta T}{300} \rightarrow \boxed{\Delta T \cong 10^\circ C} - T_2 = T_1 + 10^\circ$$

$$\frac{1}{kT_2} - \frac{1}{kT_1} = \frac{T}{}$$

$$\boxed{i = i(T_0)\, 2^{\frac{T - T_0}{10}}}$$

$V = cte$

$$I_S \propto e^{E_a/kT}$$

$$1^{mA} = I_{S1} e^{v_1/v_{th1}} = I_{S2} e^{v_2/v_{th2}}$$

$I_{S1} \to e^{E_a/kT_1}$

$$\frac{v_1 - \frac{E_a}{q}}{v_2 - \frac{E_a}{q}} = \frac{\frac{1}{kT_2}}{\frac{1}{kT_1}} = \frac{T_1}{T_2}$$

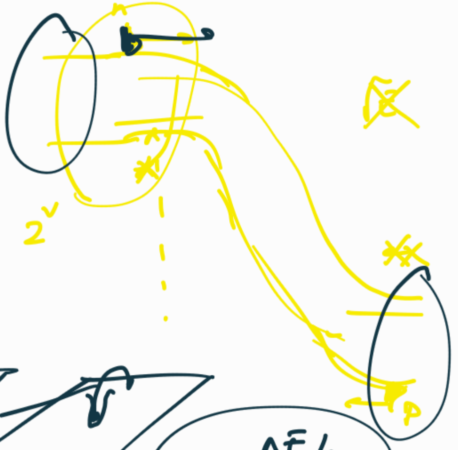
$v_2 = v_1 + \Delta v$

$\Delta T = 1^\circ$ $\begin{cases} T_1 = 300^\circ K \cong T \\ T_2 = 301^\circ K \cong T + \Delta T \end{cases}$

$$\frac{\Delta v}{\Delta T} = \frac{\left(v - \frac{E_a}{q}\right)}{T} = \frac{-0.6}{300} = -2^{mV/^\circ K}$$

(0.6)

$$f(x + \Delta x) = f(x) + \Delta x\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)$$

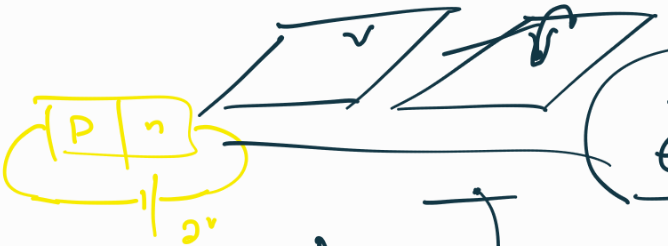


$n_p P_p = n_i^2$ — تعادل

10^{17}

$n_p P_p = n_i^2 = n_p N_A$

$n_n P_n = n_i^2 = P_n N_D$



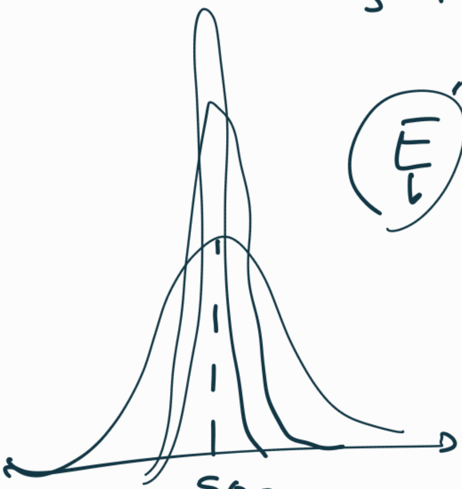
$e^{-\Delta E/kT}$

اقلیت متناسب $\propto \frac{n_i^2}{N} = cte$

$n_i^2 \propto e^{-E_a/kT}$

$I_S \propto A$ $\qquad I_S \propto n_i^2$ $\qquad I_S \propto q$

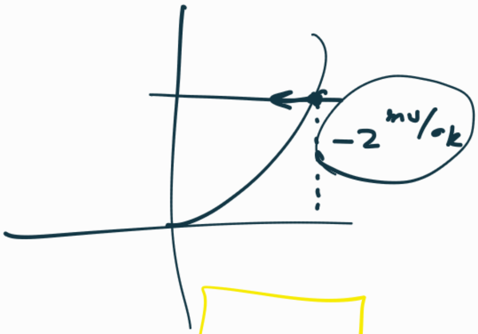
$E = \frac{1}{2} m v^2 \qquad \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \qquad \frac{1}{2} L i^2 \qquad \frac{1}{2} I \omega^2$

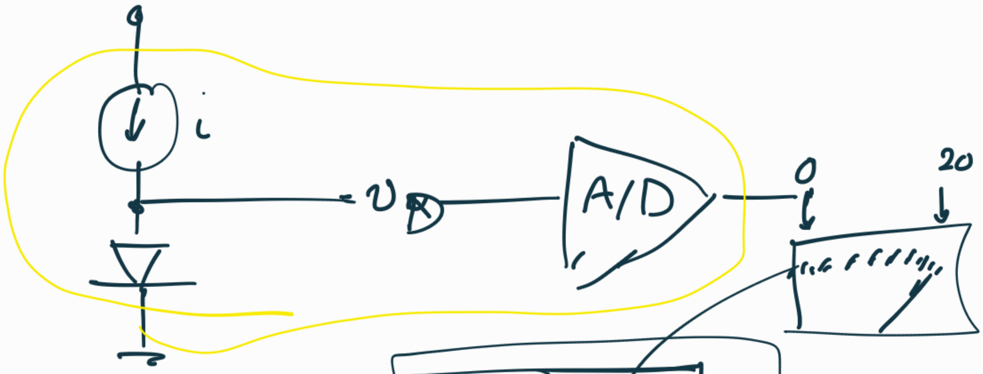


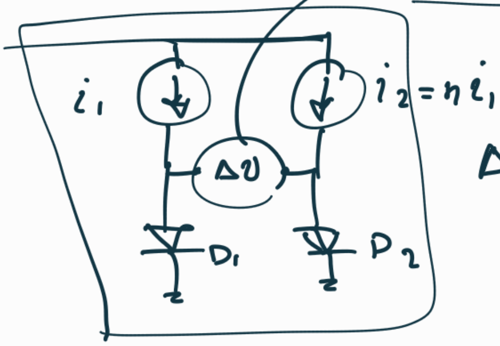
10^{23}

~~100~~

~~1000~~







$$\Delta v = v_{th} \ln\left(\frac{i_1}{I_{s1}}\right) - v_{th} \ln\left(\frac{i_2}{I_{s2}}\right)$$

$$= v_{th} \ln\left(\frac{i_1}{i_2} \times \frac{I_{s2}}{I_{s1}}\right)$$

$v_{th} = \frac{kT}{q}$ $\qquad \propto$

$I_s \propto$ حامل اقلیت $\propto n_i^2$

$np = cte$

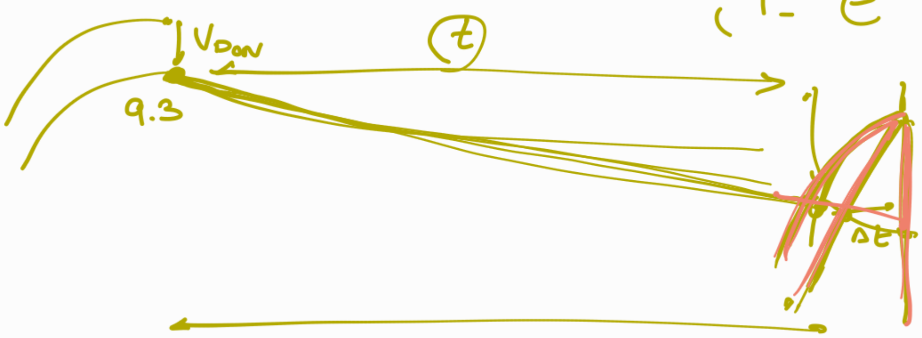
$p^+ - n$ کم‌عرض

دربایاس معکوس = ⊖ دریفت حوزه از سمت n به p^+

$p^+ - n$

جریان غالب = دریفت حامل اقلیت (حوزه از سمت p^+ به n)

$(1 - e^{-t/RC}) \approx \frac{t}{RC}$ $\quad RC \gg T$



$V_{rp} = \frac{9.3 \times t}{RC} \quad t \approx T$

$V_{rp} = \frac{9.3\,(T - \Delta t)}{RC}$

$V_{rpp} = \frac{9.3\left(\frac{T}{2} - \Delta t\right)}{RC}$

$RC \gg T \rightarrow \Delta t \ll T$

Δt نیم $>$ Δt تمام $>$ $\Delta t = 0$ (ایده‌آل)