

令和5年度 電子回路学 I 後期中間試験 (11/24/23)

1. 室温 300K の環境で, Ge ダイオードに 0.5V の順方向バイアスを加えたときの流れる電流を求めよ. 但し, 逆方向飽和電流を 2.5×10^{-7} A とする. また, 室温で電流を 10 mA 流すためには順方向バイアス電圧をいくらにすればよいか.

【参考】 必要に応じて下の定数や式を使用せよ.
 電子の電荷 = 1.60×10^{-19} [C], 電子の静止質量 = 9.11×10^{-31} [kg], 真空中の誘電率 = 8.85×10^{-12} [F/m], プランク定数 = 6.60×10^{-34} [m² kg / s], ボルツマン定数 = 1.38×10^{-23} [J/K],

$$V_d = \frac{k_B T}{q} \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right), \quad I = I_s \left\{ \exp \left(\frac{q V_F}{k_B T} \right) - 1 \right\}, \quad f(E) = \frac{1}{1 + \exp \left(\frac{E - E_F}{k_B T} \right)}$$

2. アクセプタ濃度 10^{22} [m⁻³], ドナー濃度 10^{23} [m⁻³] の Si-n⁺p ダイオードの拡散電位を求めよ. 但し, 真性半導体のキャリア濃度は 1.6×10^{16} m⁻³ で, 温度は 10 °C とする.

3. 図 1 の回路の各ダイオード D₁~D₄に流れる電流 I_{D1} ~ I_{D4} を求めよ. 但し, ダイオードの順方向電圧は $V_F = 0.7$ V とする.

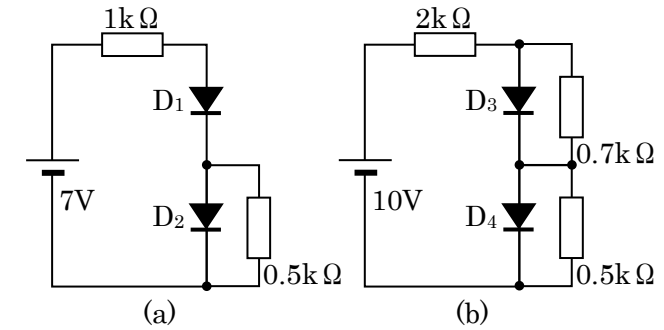


図 1 ダイオードの回路

4. 図 2 の回路に振幅 2 V の三角波 $e(t)$ を入力した. ダイオード D がオンオフする条件とその等価回路および図 3 に電圧 $v_D(t)$, $v_R(t)$ の波形を描け. 但し, ダイオードの順方向電圧は $V_F = 0.7$ V とする.

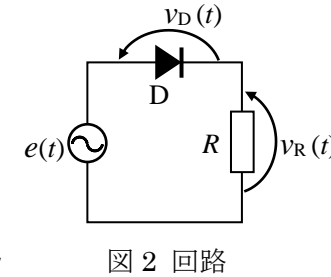


図 2 回路

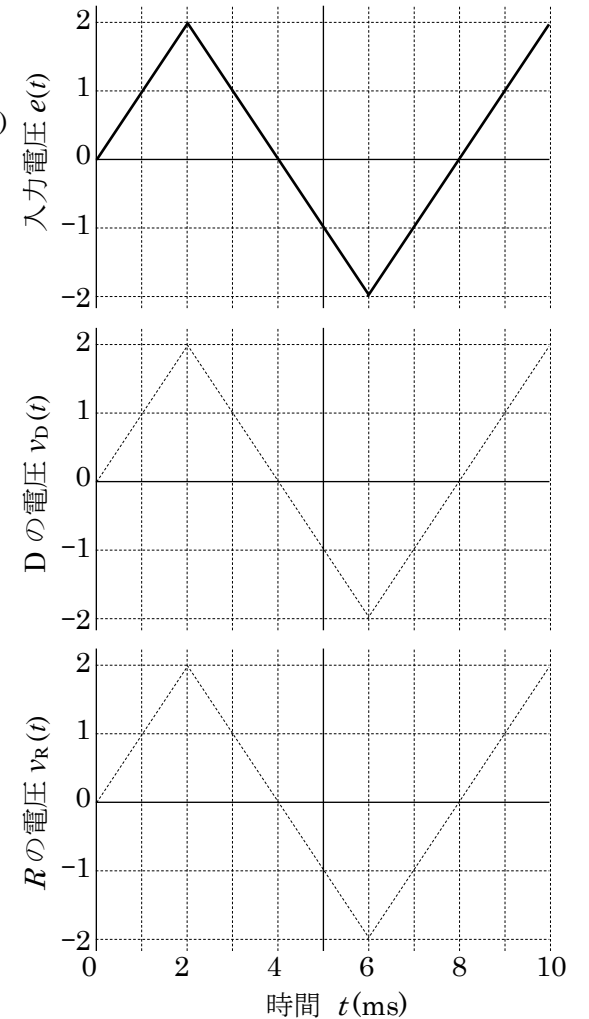


図 3 入力電圧 $e(t)$ と各部の波形

5. 以下の文章は pnp 形バイポーラトランジスタの動作原理を説明したものである. この文章の空欄(a)から(i)に当てはまる語句を選択肢の中から選び, 回答欄に記せ.

pnp 形バイポーラトランジスタは, (a)半導体であるエミッタ領域とコレクタ領域で(b)半導体であるベース領域を挟んだ構造をしている, ベース・エミッタ間は(c)にバイアスされているので(a)のエミッタ領域から(b)のベース領域に(d)の注入が起こる. ベースに注入された(d)はベース領域中を(e)していく. ベース領域では(d)と(f)の(g)が起こるが, ベース領域は(h)作られているので大部分の(d)は(g)する前にベース・コレクタ接合に到達する. ベース・コレクタ間は(i)にバイアスされているので, ベース・コレクタ接合に到達した(d)は空乏層の電界で加速されてコレクタ領域に達する. ベースに注入された(d)がエミッタ電流 I_E になり, ベース・コレクタ接合に到達し(d)がコレクタ電流 I_C となる. また, ベース領域中の(g)による(f)の不足分はベース電極から補充されてベース電流 I_B となる. 電荷保存則より, I_E, I_C, I_B の間には(A)という関係が成立する.

選択肢:

薄く, 厚く, 順方向, 逆方向, 電子, 正孔, n 形, p 形, 真性, 励起, 拡散, ドリフト, 再結合

回答欄:

(a)		(b)		(c)		(d)		(e)	
(f)		(g)		(h)		(i)		(A)	

6. 図4の回路について, 以下の問いに答えよ.

- (1) 直流電源 V_{BB} と V_{CC} の記号を記入せよ.
- (2) 各端子に実際に流れる電流の向きを矢印で記入せよ.
- (3) 電子を●で, 正孔を○で, その動きを矢印で表し, 図中に描け.
- (4) ベース接地の電流増幅率 α を電流の関係で表せ.

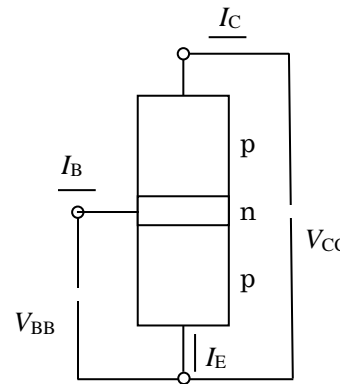


図4 トランジスタの原理

(5) (4)の式と5. の(A)の式から I_C/I_B を α で表せ.

7. 図5について, 以下の問いに答えよ.

- (1) 直流電源 V_{BB} と V_{CC} の記号を記入せよ.
- (2) トランジスタの C-E 端子から右を見た回路を描け.

C

E

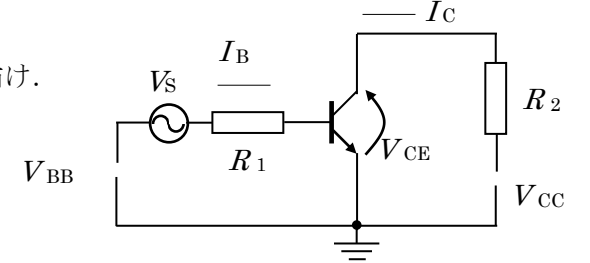


図5 エミッタ接地増幅器

- (3) 負荷線の式を導出せよ. 即ち, (2)で描いた図で I_C を V_{CE}, R_2, V_{CC} で表す. また, (4)の素子値を代入した式も書け.

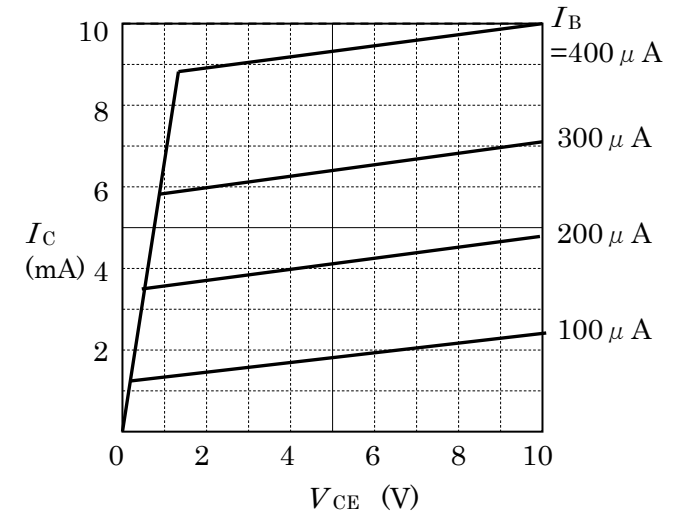


図6 $V_{CE}-I_C$ 特性

- (4) 図6の出力特性 ($V_{CE}-I_C$ 特性) のグラフに負荷線と動作点 Q を描け. 但し, $R_2=1k\Omega, V_{CC}=8V$ で, 入力信号がない場合 ($V_S=0$), $I_B=200\mu A$ であった.
- (5) 信号がない場合のコレクタ電圧 V_{CE} とコレクタ電流 I_C を求めよ. 単位も付ける.

$V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_C = \underline{\hspace{2cm}}$

- (6) 入力信号 V_S の振幅を $0.1V$ にしたら, I_B は $\pm 100\mu A$ 変化した. このときの V_{CE} と I_C の変化を求めよ ($\pm \text{〇〇}$ で答える).

V_{CE} の変化 = $\underline{\hspace{2cm}}$ I_C の変化 = $\underline{\hspace{2cm}}$

- (7) (6)より, 電圧増幅度 A_v と電流増幅度 A_i はそれぞれ何倍になるか.

$A_v = \underline{\hspace{2cm}} =$

$A_i = \underline{\hspace{2cm}} =$