

物理 問題Ⅲ

図1に示される回路を考える。ここで電池の起電力は V であり、内部抵抗は無視できるものとする。また R_1 (抵抗値 R)、 R_3 (抵抗値 R)は抵抗であり、 R_2 は可変抵抗である。素子Dは半導体ダイオードを表し、その順方向電圧 V_D と順方向電流 I_D の関係は図2の折れ線として与えられ、 I_D は

$$\begin{cases} V_D \leq \frac{V}{2} \text{ のとき } I_D = 0 \\ V_D > \frac{V}{2} \text{ のとき } I_D = \frac{2V_D - V}{2R} \end{cases} \quad \dots \textcircled{1}$$

と表される。各コンデンサーは C_1 (電気容量 C)、 C_2 (電気容量 $2C$)、 C_3 (電気容量 $2C$)とする。最初、スイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 の全てのスイッチが開いており、いずれのコンデンサーにも電荷が蓄えられていないものとする。

設問(1)：スイッチ S_1 を閉じたとき素子Dに加わる電圧 V_D および流れる電流 I_D を R 、 C 、 V の中から必要なものを用いて表せ。式①およびキルヒホッフの法則を用いて解くこと。

設問(2)：スイッチ S_1 を閉じた状態で、可変抵抗 R_2 の抵抗値をある抵抗値 X より小さくした場合、スイッチ S_2 を閉じた瞬間に素子Dに流れる電流がゼロになった。このときの抵抗値 X を R 、 C 、 V の中から必要なものを用いて表せ。

次に可変抵抗 R_2 の抵抗値を $2R$ とする。スイッチ S_1 は閉じており、スイッチ S_2 、 S_3 が開いた状態にする。素子Dに電流が流れている。設問(3)の(ア)～(キ)に入るべき適切な数式を R 、 C 、 V の中から必要なものを用いて表せ。

設問(3)：時刻0にスイッチ S_2 を閉じた。その後、時刻 t_1 でコンデンサー C_1 に加わる電圧が $\frac{V}{5}$ となった。このとき、コンデンサー C_1 に蓄積された電荷は (ア) である。また、時刻 t_1 でのコンデンサー C_2 に加わる電圧は (イ) であり、可変抵抗 R_2 に流れる電流は (ウ) となる。コンデンサー C_1 と C_2 の合成容量は (エ) となる。コンデンサー C_1 と C_2 に蓄積されたエネルギーは (オ) である。

時刻 t_1 においてスイッチ S_2 を開き、その後にスイッチ S_3 を閉じ、十分に時間が経った時刻を t_2 とする。時刻 t_2 におけるコンデンサー C_3 に加わる電圧は (カ) となる。また時刻 t_1 から時刻 t_2 の間に抵抗 R_3 において消費されたエネルギーは (キ) である。

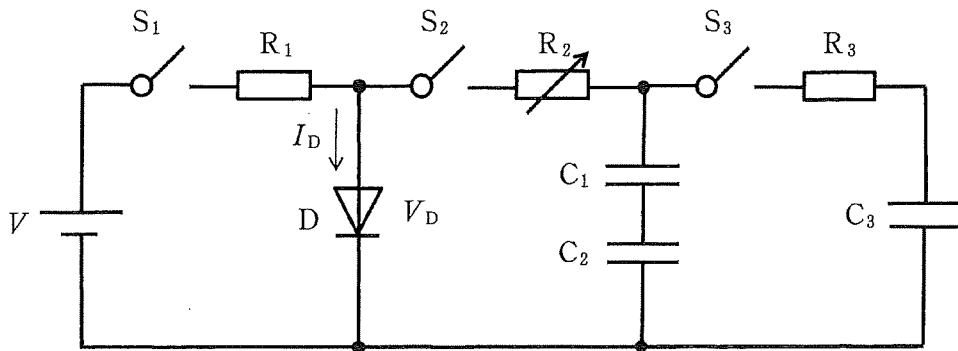


図 1

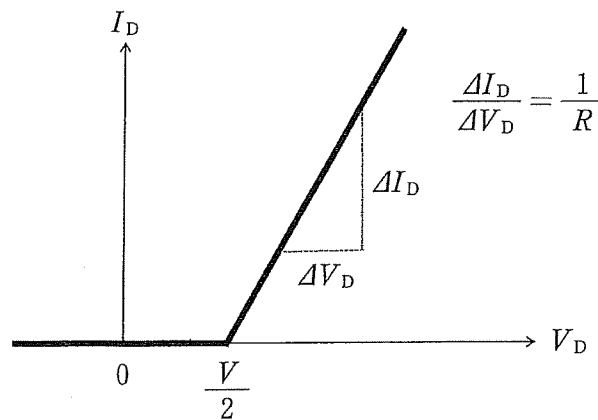


図 2