

[1] $t = 0^+$ 순간에 switch가 그림과 같이 동작한다. (20점)

[1] The switches move as shown in the figure at $t = 0^+$. (20pts.)

(a) $v_C(0^+)$, $i_L(0^+)$, $\left. \frac{dv_C}{dt} \right|_{0^+}$, $\left. \frac{di_L}{dt} \right|_{0^+}$ 를 구하라. (각 1점, 총 4점)

(a) Find $v_C(0^+)$, $i_L(0^+)$, $\left. \frac{dv_C}{dt} \right|_{0^+}$, $\left. \frac{di_L}{dt} \right|_{0^+}$. (each 1pts, total 4 pts.)

(b) $t > 0^+$ 의 회로방정식을 i_L 을 변수로 하여 정리해라. (4점)

(b) Express the circuit equation of $t > 0^+$ with i_L as a variable. (4pts.)

(c) $i_L(t)$ 를 구하라. (8점)

(c) Find $i_L(t)$. (8pts.)

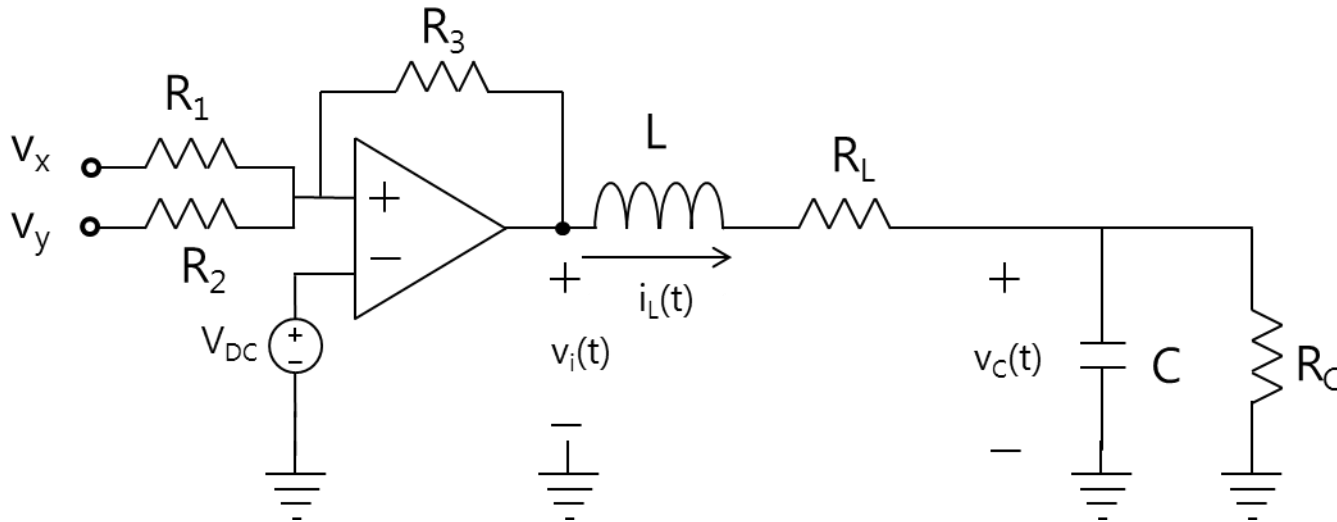
(d) $v_C(t)$ 를 구하라. (4점)

(d) Find $v_C(t)$. (4pts.)

[2] 다음은 이상적인 연산증폭기가 포함되어있는 회로이다. 각 전원과 소자의 값이 아래와 같을 때 물음에 답하시오. (이때, $u(t)$ 는 unit step function이다.) (20점)

The figure below is a circuit including ideal Op-amp. Given the component values, solve the problems. ($u(t)$ is unit step function.) (20 pts)

$$v_x = 1.5u(t) \text{ V}, v_y = 3u(t) \text{ V}, V_{DC} = 3 \text{ V}, R_1 = 2 \text{ k}\Omega, R_2 = 4 \text{ k}\Omega, R_3 = 8 \text{ k}\Omega, R_L = 4 \Omega, R_C = 2 \Omega, C = 0.125 \text{ F}, L = 4 \text{ H}$$



(a) $v_i(t)$ 를 구하시오. ($t > 0$) (2점)

Calculate $v_i(t)$ ($t > 0$) (2 pts).

(b) $i_L(0^+)$, $v_C(0^+)$ 를 구하시오. (각 2점)

Calculate $i_L(0^+)$, $v_C(0^+)$ (2 pts each).

(c) $i_L(t)$, $v_C(t)$ 를 구하시오. ($t > 0$) (각 5점)

Calculate $i_L(t)$, $v_C(t)$. ($t > 0$) (5 pts each).

(d) $i_L(\infty)$, $v_C(\infty)$ 를 구하시오. (각 2점)

Calculate $i_L(\infty)$, $v_C(\infty)$ (2 pts each).

*아래 문제의 답은 모두 유효숫자 4개로 표시하시오
(예: $10.00 + 1.361e^{1.123t}$)

[3] 그림 (a)는 세포막 전압(V_m)을 커패시터, 전원장치, 저항, 스위치로 나타낸 것이다. 그림에 표시된 것 처럼, 일부 전원장치와 저항은 시간에 따라 변화하고, V_m 은 세포막 바깥쪽 전압에 대한 안쪽 전압으로 표현된다. S_1 , S_2 는 $t=0 \sim 5\text{ms}$ 시간동안 닫혀있다. 세포가 $t=0$ 에서 자극을 받으면, 시간에 따라 연속적으로 그림 (b)→(c)→(d)→(e)의 회로가 표현하는 상태로 변하게 되고, 이후 충분한 시간이 지나면 다시 그림 (b)의 상태로 돌아오게 된다. 아래 물음에 답하여라.

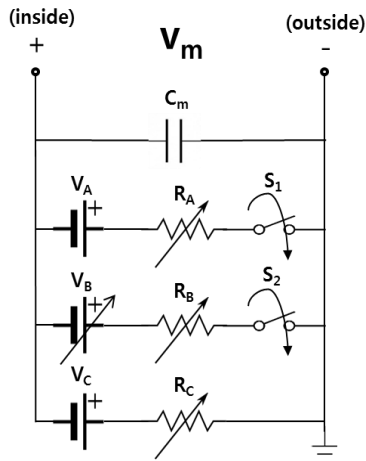
- $t \leq 0$ 일 때 이 회로는 정상상태에 있다. 그림 (b)의 회로를 이용하여 $t=0$ 일 때의 V_m 의 값을 구하여라. (2점)
- $0 \leq t < 3\text{ms}$ 일 때의 세포의 상태를 나타내는 그림 (c)의 회로를 이용하여 $V_m(t)$ 를 구하여라. (4점)
- $3\text{ms} \leq t < 5\text{ms}$ 일 때의 세포의 상태를 나타내는 그림 (d)의 회로를 이용하여 $V_m(t)$ 를 구하여라. (4점)
- $5\text{ms} \leq t < 7\text{ms}$ 일 때의 세포의 상태를 나타내는 그림 (e)의 회로를 이용하여 $V_m(t)$ 를 구하여라. (4점)
- 이상을 종합하여 $-1\text{ms} \leq t < 7\text{ms}$ 에서 $V_m(t)$ 의 그래프의 개형을 그리시오. ($t=0, 3\text{ms}, 5\text{ms}, 7\text{ms}$ 에서의 값을 함께 표시하시오) (6점)

*Express the answers with **four significant figures**.
(example: $10.00 + 1.361e^{1.123t}$)

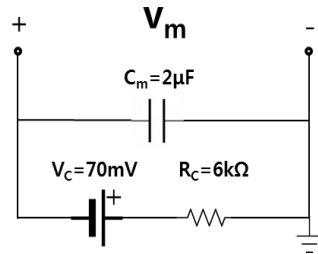
[3] Cell membrane potential(V_m) can be expressed with the combination of a capacitor, voltage sources, resistors, and switches as illustrated in the figure (a). The values of voltage sources and resistors may vary over time while S_1 and S_2 is closed for $0 \sim 5\text{ms}$. V_m is the voltage inside of the cell membrane, with respect to the outside of the membrane. When the cell is excited at $t=0$, it will go through the states represented by figures (b)→(c)→(d)→(e) and then eventually return to the state represented by figure (b). Answer the following questions.

- For $t \leq 0$, the circuit is in the steady-state. Using figure (b), find the value of V_m at $t=0$. (2pts)
- Find $V_m(t)$ for $0 \leq t < 3\text{ms}$, using figure (c) that represents the state of the cell during that period. (4pts)
- Find $V_m(t)$ for $3\text{ms} \leq t < 5\text{ms}$, using figure (d) that represents the state of the cell during that period. (4pts)
- Find $V_m(t)$ for $5\text{ms} \leq t < 7\text{ms}$, using figure (e) that represents the state of the cell during that period. (4pts)
- Schematically draw $V_m(t)$ for $-1\text{ms} \leq t < 7\text{ms}$ using the answers obtained above. (annotate the values at $t=0, 3\text{ms}, 5\text{ms}$, and 7ms) (6pts)

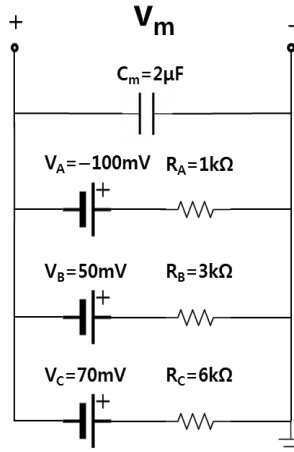
(a)



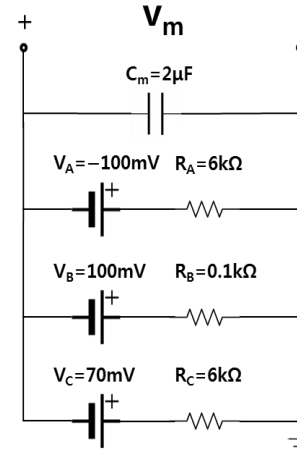
(b)



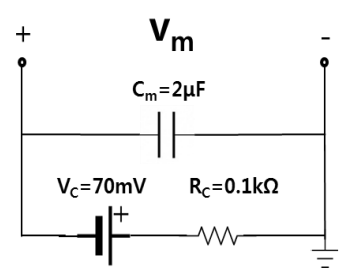
(c)



(d)



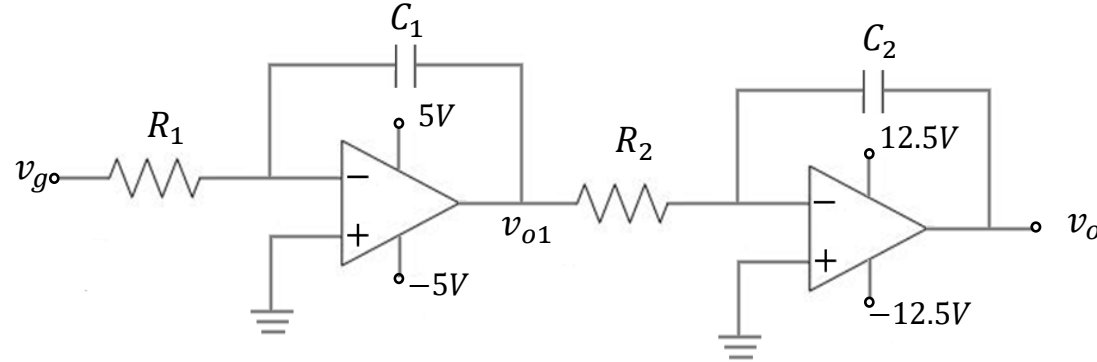
(e)



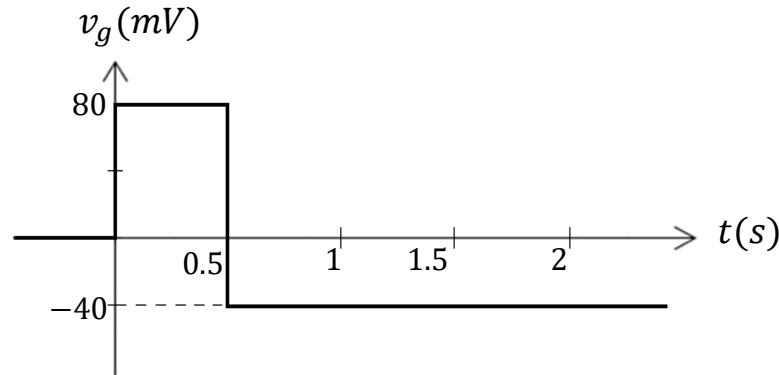
[4] Cascaded integrating amplifier가 아래와 같다. Ideal op-amp라 가정하고, 다음에 질문에 답하여라. (20점)

For the cascaded integrating amplifier below, answer the following questions. (Suppose the op-amp is ideal) (20pts)

(figure 1)
Cascaded integrating amplifier



(figure 2)
 v_g - t graph



(a) v_g 와 v_{o1} , v_g 와 v_o 의 관계를 나타내는 미분방정식을 구하시오. (5점)

Find the differential equations expressing the relations between v_g and v_{o1} , v_g and v_o . (5pts)

(b) v_g 가 (그림2)와 같을 때, $0 \leq t \leq 0.5(s)$, $0.5 \leq t \leq t_{sat}$ 에서 $v_{o1}(t)$, $v_o(t)$ 를 구하시오. $R_1C_1 = 50 \text{ ms}$, $R_2C_2 = 80 \text{ ms}$, capacitor의 initial charge는 0 으로 가정한다. (10점) (t_{sat} 은 v_o 가 V_{ss} 또는 $-V_{ss}$ 로 saturation 되는 시간을 뜻한다.)

For the given v_g as in figure 2, find each $v_{o1}(t)$, $v_o(t)$ for $0 \leq t \leq 0.5(s)$ and $0.5 \leq t \leq t_{sat}$. Suppose the $R_1C_1 = 50 \text{ ms}$, $R_2C_2 = 80 \text{ ms}$, and initial charge of capacitor is zero. (10pts) (t_{sat} is a saturation time when v_o is saturated to V_{ss} or $-V_{ss}$.)

(c) t_{sat} 을 구하시오. (5점)

Calculate the t_{sat} . (5pts)