

Ôn tập thi HK – Phần BT– Đáp án và ĐS một số BT
(Ngoài các dạng BT như KT tại lớp, SV làm thêm các dạng BT sau)

1) Nồng độ của các ion trong một loại tế bào cơ được cho trong bảng sau:

Ion	Nội bào (mM/L)	Ngoại bào (mM/L)	Độ thấm thấu P (cm/s)
K ⁺	120	5.4	10 ⁻⁷
Na ⁺	10	150	10 ⁻⁸
Cl ⁻	4.2	117	10 ⁻⁸

Biết các hằng số trong các phương trình là: $RT/F = kT/q = 26 \text{ mV}$ ở $T = 300 \text{ K}$.

- Xét nhiệt độ 37°C, hãy tính điện thế Nernst E_K cho K⁺ và Cl⁻?
- Hãy tính điện thế cân bằng ở nhiệt độ 37°C theo công thức GHK.

BG. Xét $T = 273 + 37 = 310 \text{ K}$ cho cả câu này.

a) Điện thế Nernst của K⁺ và Cl⁻:

$$E_{K^+} = (RT/F) \ln [K]_o/[K]_i = 26 \text{ mV} \times 310/300 \times \ln(5.4/120) = -83.3 \text{ mV}$$

$$E_{Cl^-} = (-RT/F) \ln [Cl]_o/[Cl]_i = -26 \text{ mV} \times 310/300 \times \ln(117/4.2) = -89.4 \text{ mV}$$

b) Điện thế cân bằng

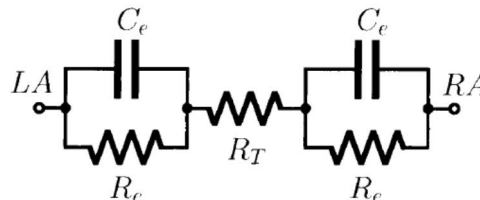
Công thức GHK của điện thế cân bằng với giả thiết có điện trường không đổi qua màng tế bào:

$$E = \frac{RT}{F} \ln \left\{ \frac{P_K [K]_o + P_{Na} [Na]_o + P_{Cl} [Cl]_i}{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_{Cl} [Cl]_o} \right\}$$

với P_M là hệ số thấm thấu của màng tế bào đối với ion M.

Sau khi thay số và ta tìm được: E (hay V_m) = -49.8 mV

2) Một số máy ECG giám sát nhịp thở của bệnh nhân bằng cách dùng 1 kỹ thuật được gọi là “impedance pneumography” (ghi nhận biến đổi phổi bằng tổng trở). Máy này thực hiện việc này bằng cách đo tổng trở giữa các điện cực LA và RA:

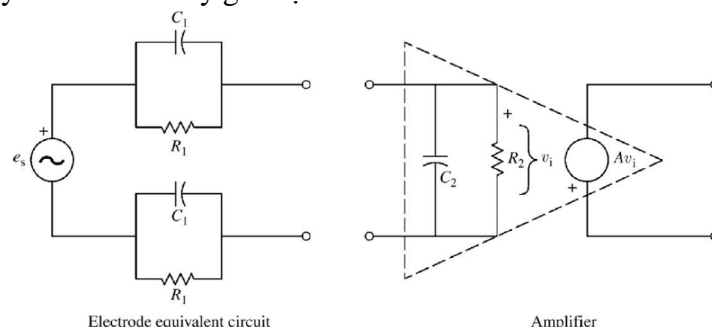


Ở đây, R_e và C_e biểu diễn lớp kép được tạo thành trong điện cực gel và R_T biểu diễn tổng trở của khoang ngực. R_T thay đổi khi bệnh nhân thở mà ta có thể đo được R_T này.

- Tổng trở toàn phần giữa RA và LA là bao nhiêu? (Viết đáp số theo biểu thức phức)
- Viết biểu thức của biên độ và pha của tổng trở toàn phần này?
- Trong thực tế, R_T thay đổi rất ít giữa những lần thở, sai biệt cỡ $\pm 1 \Omega$. Cái này bị giảm nhỏ bằng điện trở điện cực gel. Không thay các điện cực, làm thế nào ta có thể tối thiểu hóa các tổng trở này?

Hướng dẫn: Tụ điện thay đổi như thế nào theo tần số?

3) Các điện cực EMG kiểu có kim được đặt trực tiếp trong cơ bắp. Hình sau cho thấy mạch tương đương đơn giản hóa của các điện cực và mạch tương đương của tầng vào của mạch khuếch đại. Giá trị của tụ C_2 trong mạch khuếch đại có thể được thay đổi theo bất kỳ giá trị ta muốn.

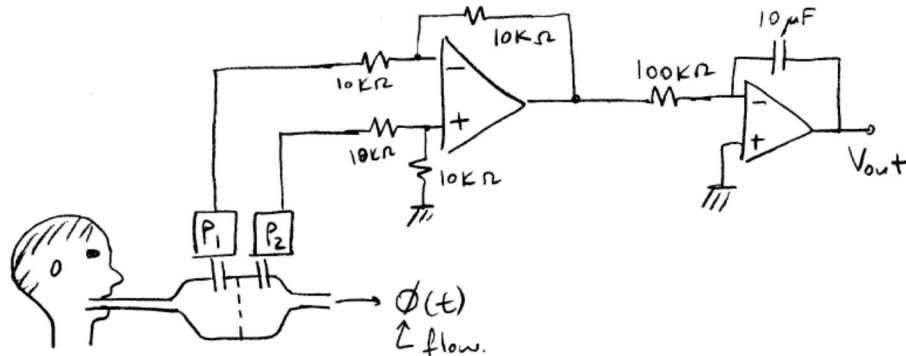


a) Giả sử $C_2 = 0$ và độ lợi của mạch khuếch đại là A , viết phương trình điện áp đầu ra của mạch khuếch đại theo e_s (tín hiệu) và tần số.

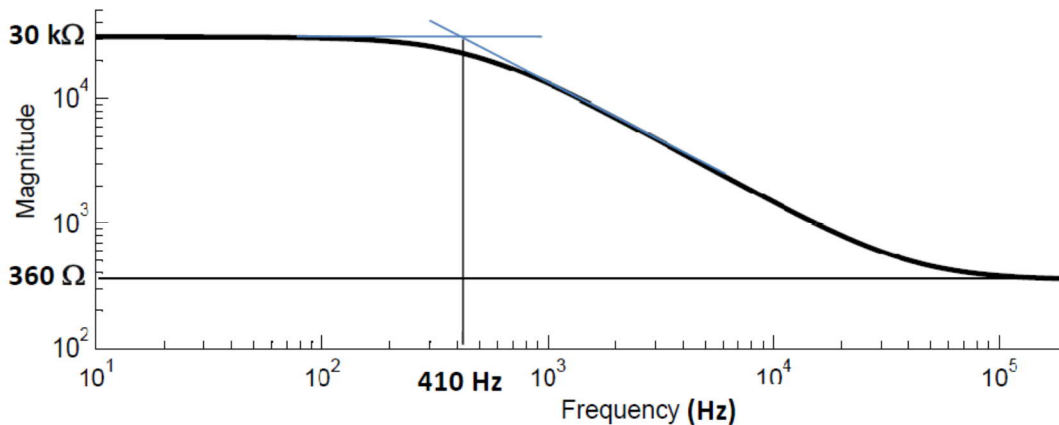
b) Xác định giá trị cho C_2 để đặc tính điện cực-mạch khuếch đại độc lập với tần số.

c) Điện áp đầu ra của mạch khuếch đại trong phần b) là bao nhiêu khi tín hiệu là e_s ?

4) Pneumotachograph là thiết bị đo sự hô hấp của bệnh nhân và được thể hiện trong sơ đồ dưới đây. Cảm biến áp suất P_1 và P_2 có độ lợi 1, nghĩa là $V = P$ (điện áp đầu ra bằng với áp suất đầu vào). Hãy tìm biểu thức của $V_{OUT}(t)$.

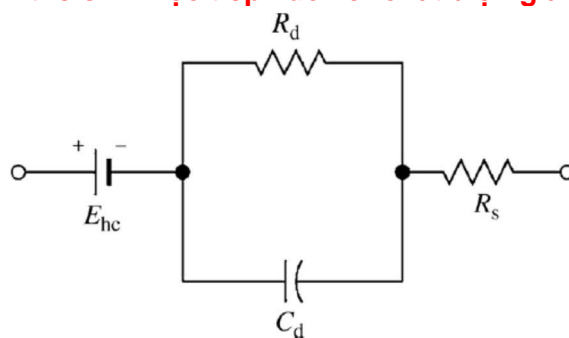


5) Vẽ mô hình điện của điện cực điện thể sinh học và tính các giá trị điện trở và tụ trong mô hình này. Giả sử độ lớn của tổng trở Z là hàm theo tần số ở dòng điện rất thấp như trong hình sau:



BG.

Mô hình điện của điện cực điện thể sinh học tiếp xúc với chất điện giải



Với E_{hc} là điện thế nửa tế bào, R_d và C_d biểu diễn tổng trở có được từ giao tiếp điện cực-chất điện giải và các hiệu ứng phân cực hóa và R_s là điện trở nối tiếp biểu diễn các hiệu ứng giao tiếp và điện trở của chất điện giải.

Theo mô hình mạch tương đương và đường cong biên độ tổng trở Z , ta có

- $|Z|$ ở DC ($f = 0$) = $R_d + R_s = 30 \text{ k}\Omega$
- $|Z|$ ($f = \infty$) = $R_s = 360 \Omega$
- Tần số cắt $f = 1/(2\pi R_d C_d) = 410 \text{ Hz}$

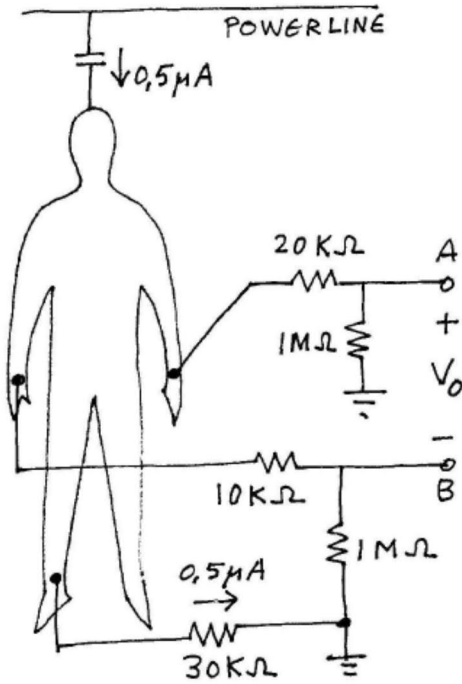
Suy ra:

$$R_s = 360 \Omega = 0.36 \text{ k}\Omega$$

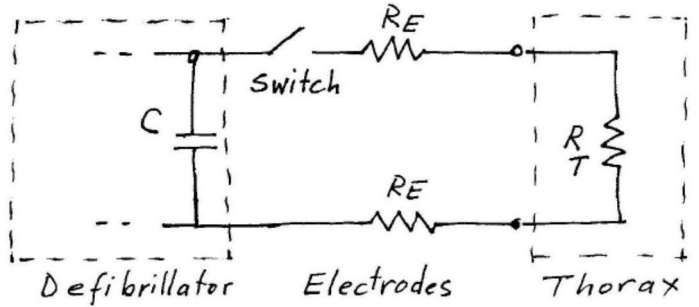
$$R_d = 30 \text{ k}\Omega - R_s = 29.64 \text{ k}\Omega$$

$$C_d = 1 / (2\pi \times 29640 \Omega \times 410 \text{ Hz}) \approx 1.31 \times 10^{-8} \text{ F} = 13.1 \text{ nF}$$

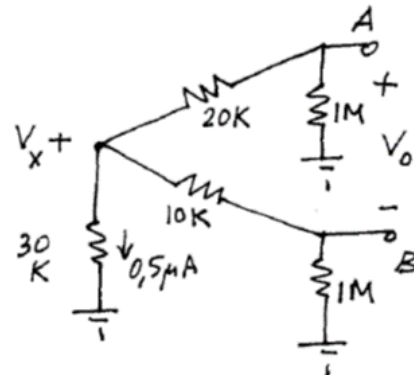
6) Trong hình Q.6, dòng điện $0.5 \mu\text{A}$ chạy từ nguồn điện qua cơ thể và điện trở đất $30 \text{ k}\Omega$. Tính điện áp V_0 giữa A và B do dòng điện này. Giả sử: Các điện thế sinh học như các điện áp đạo trình I, II và III là zero với tính toán này và các điện trở da-điện cực là zero.



Hình Q.6



Hình Q.7



Hình Q.6B

ĐS. Vẽ mạch tương đương như hình Q.6B, ta tính được $V_0 = -145 \mu\text{V}$.

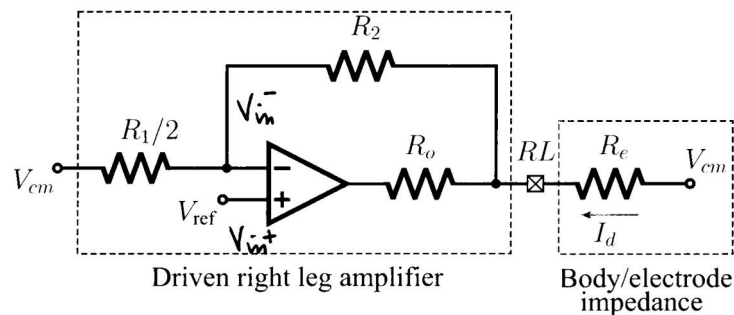
7) Tụ điện $C = 200 \mu\text{F}$ của mạch khử rung tim (defibrillator circuit) trong hình Q.7 được nạp đến $V_p = 2 \text{ kV}$. Khi điện cực được gắn vào bệnh nhân (xem như điện trở $R_T = 50 \Omega$) với điện trở da-điện cực là $R_E = 10 \Omega$.

- Năng lượng ban đầu W được tích trữ trong tụ là bao nhiêu?
- Tính dòng đỉnh I_p chạy qua bệnh nhân trong lúc tụ xả điện dưới điều kiện này.
- Tính thời gian khi 90% năng lượng được tiêu tán?
- Năng lượng tiêu tán W_T trong ngực là bao nhiêu ứng với c)?

ĐS.

$$W = 0.5CV^2 = 400\text{J}; I_p = V_p/(2R_E + R_T) = 28.6\text{A}; t = 16.1 \text{ ms}; W_T = 257 \text{ J}.$$

8) Các mạch khuếch đại ECG thường không nguồn cấp điện lưỡng cực dương và âm, do đó không thể xử lý các tín hiệu có điện thế trung bình là 0. Ta có thể nối điện áp “tham chiếu đất” V_{ref} vào mạch khuếch đại chân phải được lái (DRL) như sau:



- Giả sử opamp lý tưởng. Hãy tìm biểu thức điện thế tại R_L .
- Suy ra biểu thức cho V_{cm} theo dòng dịch I_d vào cơ thể, V_{ref} và các điện trở.
- Chọn $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$. Ta nên dùng R_1 bằng bao nhiêu để giảm nhiễu cách chung xuống 101 lần?
- Mạch khuếch đại ECG có độ lợi vi sai là 1000 và có CMRR là 80 dB. Nếu không có DRL thì SNR ở đầu ra của mạch khuếch đại ECG là 40 dB. Hãy tìm SNR với DRL có số liệu từ c).

BG.

a) Tìm điện thế tại R_L :

Với opamp ta có:

- $v_+ = v_- \Rightarrow v_- = V_{\text{ref}}$

• Dòng vào opamp = 0 $\Rightarrow \frac{V_{cm} - v_-}{R_1/2} = \frac{v_- - RL}{R_2}$ hay $\frac{V_{cm} - V_{ref}}{R_1/2} = \frac{V_{ref} - RL}{R_2}$

Suy ra: $RL = V_{ref} - \frac{2R_2}{R_1}(V_{cm} - V_{ref})$

b) Biểu thức của V_{cm} theo dòng dịch I_d , V_{ref} và các R :

$$V_{cm} = RL + R_e I_d$$

Thay RL từ a) vào và sau khi sắp xếp lại biểu thức ta có:

$$V_{cm} = RL + R_{eff} I_d$$

với điện trở hiệu dụng $R_{eff} = \frac{R_e}{1 + 2 \frac{R_2}{R_1}}$ nhỏ hơn so với R_e là $(1 + 2R_2/R_1)$ lần

$\Rightarrow V_{cm}$ giảm đáng kể khi có DRL.

c) Chọn $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$, ta dùng $R_1 = ?$ để giảm nhiễu cách chung xuống 101 lần

Khi đó $1 + 2R_2/R_1 = 101 \Rightarrow 2R_2/R_1 = 100 \Rightarrow R_1 = 2R_2/100 = 2 \times 50 \text{ k}/100 = 1 \text{ k}\Omega$

d) Nếu không có DRL (Driven Right Leg)

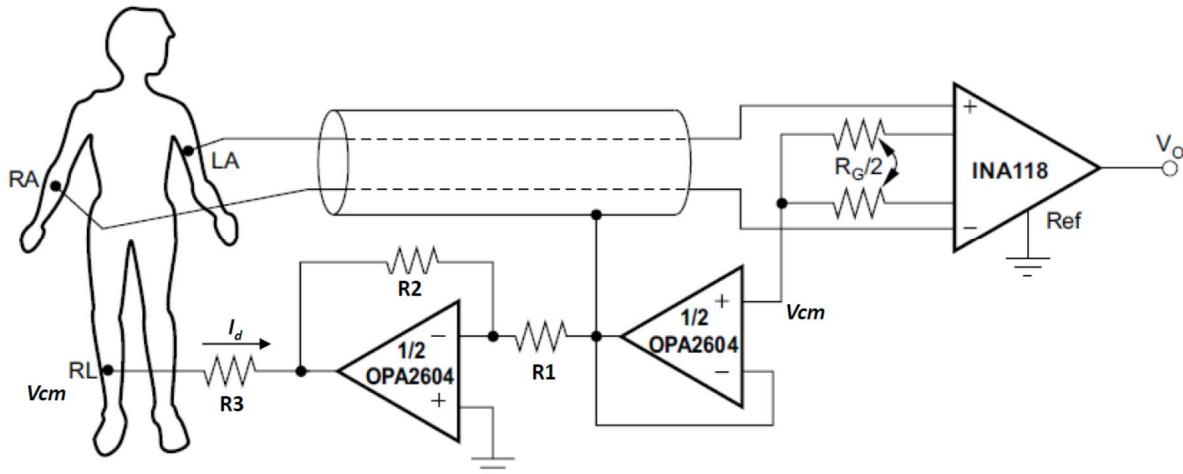
Theo định nghĩa $SNR_{out} = \frac{A_d V_d}{A_c V_{cm}}$

Theo đề bài thì không có DRL: $SNR_{out} = 40 \text{ dB}$

Khi có DRL thì V_{cm} giảm đi 101 lần hay $20 \lg 101 \approx 20 \lg 100 = 40 \text{ dB}$

Suy ra: $SNR_{out} \text{ (có DRL)} = SNR_{out} \text{ (không DRL)} + 40 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$

9) Xét mạch khuếch đại ECG dùng IC đo lường INA118 (có độ lợi $G = 1 + 50\text{k}\Omega/R_G$, trong hình này R_G được tạo từ 2 điện trở $R_G/2$) với mạch lái chân phải DRL như sau:



(i) Hãy tìm giá trị của R_G để $V_o = 26(LA - RA)$.

(ii) Suy ra biểu thức của V_{cm} theo dòng dịch I_d và các điện trở R_1 , R_2 , và R_3 .

(iii) Chọn $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$, ta nên dùng R_1 bằng bao nhiêu để giảm nhiễu cách chung xuống 121 lần?

BG.

• Tìm giá trị của R_G để $V_o = 26(LA - RA)$;

Ta có:

$$V_o = 26(LA - RA) \Rightarrow G = 26 = 1 + 50\text{k}\Omega/R_G \Rightarrow R_G = 50\text{k}\Omega/25 = 2 \text{ k}\Omega$$

• Biểu thức của V_{cm} theo dòng dịch I_d và các điện trở R_1 , R_2 , và R_3 :

Gọi V_1 là điện thế tại đầu ra opamp nối với R_3 , theo mạch trên ta có:

$$V_{cm} = R_3 I_d + V_1$$

Ngoài ra, opamp nối với R_3 có dạng mạch KĐ đảo:

$$V_1 = -V_{cm} R_2 / R_1$$

Thay biểu thức của V_1 vào biểu thức của V_{cm} , ta có

$$V_{cm} = R_3 I_d - V_{cm} R_2 / R_1$$

Suy ra:

$$V_{cm} = R_3 I_d / (1 + R_2 / R_1)$$

• Cho trước $R_2 = 120 \text{ k}\Omega$, tìm R_1 để nhiễu cách chung giảm 121 lần.

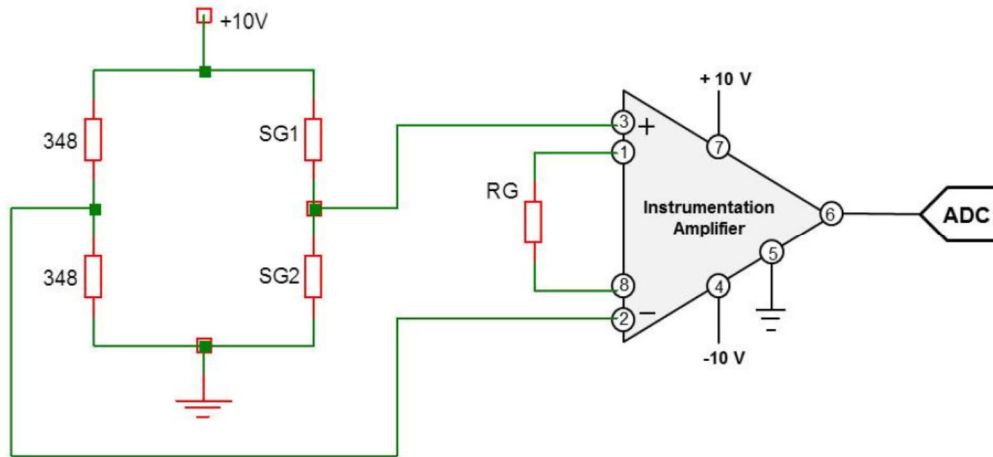
Theo biểu thức của V_{cm} , ta thấy hệ số làm giảm nhiễu cách chung là $1 + R_2 / R_1$

Suy ra:

$$121 = 1 + R_2/R_1 \Rightarrow R_1 = R_2/120 = 120 \text{ k}\Omega / 120 = 1 \text{ k}\Omega$$

Như vậy: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

10) Xét 1 hệ thống đo biến dạng với độ biến dạng cực đại là $\epsilon_{\max} = 800 \times 10^{-6}$. Người ta dùng cầu hình nửa cầu (như trong hình 5) dùng 2 cảm biến biến dạng 350Ω (SG1 và SG2 được mắc để có biến dạng ngược nhau và có hệ số biến dạng $G = 2.1$, $(\Delta R/R)_{\max} = G\epsilon_{\max}$) và 2 điện trở 348Ω . Điện áp cấp nguồn $V_S = +10V$. ADC có dải điện áp $\pm 5V$.



- Giả sử ta chỉ có thể chọn độ lợi cho mạch KĐ đo lường trong các trị số 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, hoặc 5000. Hãy tìm giá trị tốt nhất?
- Hãy tìm ϵ_{\min} ứng với $(\Delta R/R)_{\min} = G\epsilon_{\min}$

BG.

a) Từ mạch cầu đo ta có:

$$\Delta V = v_+ - v_- = V_S SG_2 / (SG_1 + SG_2) - V_S / 2$$

Nhận xét ΔV max khi $SG_1 = R - \Delta R$ và $SG_2 = R + \Delta R$

Suy ra :

$$\begin{aligned} \Delta V_{\max} &= V_S ((R + \Delta R) / (R - \Delta R + R + \Delta R) - 1.2) \\ &= 0.5 V_S \Delta R / R = 0.5 V_S G \epsilon_{\max} = 0.5 \times 10 \times 2.1 \times 800 \times 10^{-6} \\ &= 8.4 \times 10^{-3} V \end{aligned}$$

Theo đề bài thì mạch KĐ IA phải có độ lợi áp A_V thỏa:

$$A_V \Delta V_{\max} < 5V \Rightarrow A_V < 5V / \Delta V_{\max} = 5V / 8.4 \times 10^{-3} V = 595$$

Với các trị số cho trước thì giá trị tốt nhất là $A_V = 500$.

b) Theo định nghĩa với ADC: $V_{\text{NOISE}} = \text{dải điện áp ADC} / 2^n$, với n số bit của ADC

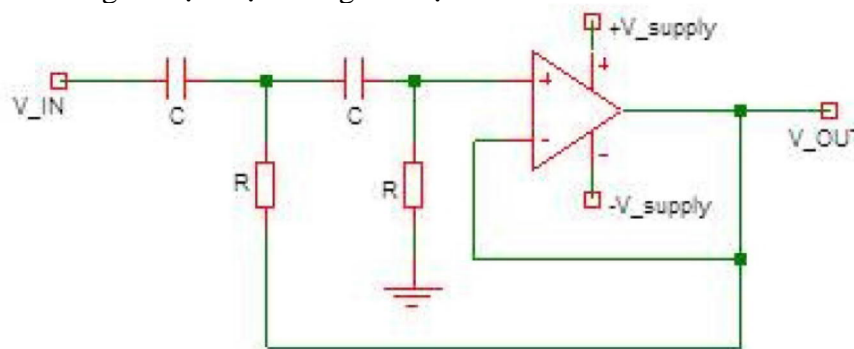
Nếu dùng ADC 11 bit thì ta có $V_{\text{NOISE}} = (5 - (-5)) / 2^{11} = 4.88 \text{ mV} \approx 5 \text{ mV}$

Vì $V_{\text{NOISE}} = 5 \text{ mV} = A_V \Delta V_{\min} \Rightarrow \Delta V_{\min} = 5 \text{ mV} / 500 = 0.5 V_S G \epsilon_{\min}$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \epsilon_{\min} &= 5 \times 10^{-3} V / (500 \times 0.5 \times 10 V \times 2.1) \\ &= 0.952 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

11) Giả sử ngõ vào ECG là dạng sóng PQRST với sóng R có biên độ $400 \mu V$. Bệnh nhân được đo có nhịp tim là 75 nhịp trong 1 phút. Tín hiệu này bị xếp chồng với điện áp lệnh vi sai 30 mV (thí dụ do lệch phối hợp trở kháng da-điện cực). Nguồn điện 50 Hz tạo ra điện áp cách chung có biên độ đỉnh-đỉnh là 2 V. Mạch KĐ đo lường có độ lợi vi sai $A_d = 30$ và $CMRR = 80 \text{ dB}$.

- Tính và vẽ ngõ ra mạch khuếch đại đo lường trong khoảng thời gian 4 giây.
- Sau mạch KĐ đo lường là mạch lọc thông cao bậc 2 sau:



Chứng tỏ rằng: (f_H là tần số cắt của mạch)

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(\frac{jf/f_H}{1 + jf/f_H} \right)^2$$

- c) Giả sử ta muốn có $f_H = 1\text{Hz}$. Cho trước $R = 1.5\text{ M}\Omega$. Ta phải chọn C từ 1 trong các trị số sau 0.1, 0.15, 0.18, 0.22, 0.27, 0.33 hoặc $0.39\text{ }\mu\text{F}$. Hãy chọn C tốt nhất.
- d) Nếu ta định nghĩa dải dừng là dải tần số mà ở đó $|V_{out}/V_{in}| < 0.1$. Hãy tính dải dừng của bộ lọc này.

BG.

a) Theo đề bài ta có:

$$\text{CMRR (dB)} = 20 \lg(A_d/A_{CM}) \Rightarrow A_{CM} = A_d/10^{\text{CMRR}/20} = 0.003$$

$$\text{Điện áp vào vi sai: } V_d = V_{\text{ECG}}(t) + 0.030\text{V}$$

$$\text{Điện áp vào cách chung: } V_{CM} = 2\sin(2\pi ft) = 2\sin(120\pi t) \text{ (V)}$$

Như vậy điện áp ra:

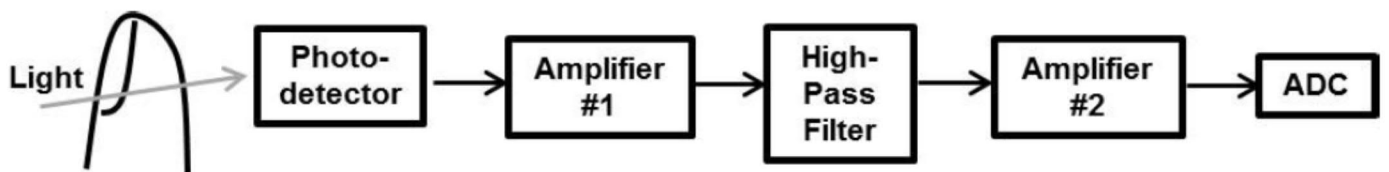
$$\begin{aligned} V_{out} &= A_d V_d + A_{CM} V_{CM} = 30(V_{\text{ECG}}(t) + 0.030) + 0.0030 \times 2\sin(120\pi t) \text{ (V)} \\ &= 30V_{\text{ECG}}(t) + 0.9 + 0.006 \times 2\sin(120\pi t) \text{ (V)} \end{aligned}$$

b) SV tự CM

$$\text{c) } C = 1.06 \times 10^{-7}\text{F} \Rightarrow \text{Chọn } C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$$

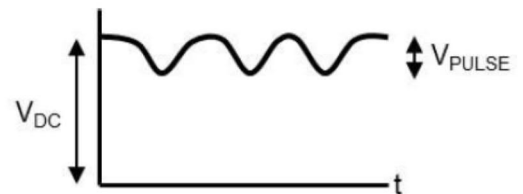
$$\text{d) Dải dừng của bộ lọc: } f < 0.354\text{Hz}$$

12) Ta muốn thiết kế một mạch giám sát nhịp tim có thể đo từ 30 đến 300 nhịp/phút. Tín hiệu của bộ thu quang đi qua mạch KĐ thứ nhất, mạch thông cao dùng R và C , mạch KĐ thứ hai và cuối cùng là ADC. Cả 3 mạch KĐ đều được cấp nguồn $\pm 9\text{V}$ và tín hiệu ra cực đại là $\pm (9 - 1.5)\text{V} = \pm 7.5$



Giả sử mạch thu quang có tín hiệu ra với:

- Thành phần DC (V_{DC}) thay đổi từ 30 đến 300 mV
- Thành phần xung (V_{PULSE}) thay đổi từ 0.01 đến 0.1% V_{DC}



- a) Đề xuất mạch thu quang dùng phototransistor.
- b) Giả sử mạch KĐ #1 có độ lợi là 1 trong các trị số sau: 10, 20, 50, hoặc 100. Hãy tìm chọn lựa tốt nhất. Vẽ sơ đồ mạch KĐ này dùng opamp và các R có giá trị tối thiểu là $10\text{ k}\Omega$.
- c) Giả sử tần số được cho qua bộ lọc thông cao nếu $|V_{out}/V_{in}| > 0.9$. Cho trước $C = 1\text{ }\mu\text{F}$, hãy chọn R trong các trị số sau $1\text{ M}\Omega$, $300\text{ k}\Omega$, và $100\text{ k}\Omega$.
- d) Giả sử mạch KĐ #2 có độ lợi là 1 trong các trị số sau: 100, 200, 500, hoặc 1000. Giả sử ADC có thể hoạt động chuyển đổi sang số cho ngõ vào analog cực đại là $\pm 5\text{V}$. Hãy chọn độ lợi tốt nhất?

BG.

a) SV tự vẽ mạch

$$\text{b) Ngõ ra của mạch thu quang có trị tối đa là } V_{\max} = 300\text{mV} \times (1 + 0.1\%) = 0.3003\text{V}$$

$$\text{Và giá trị ra cực đại của mạch KĐ là } \pm 7.5$$

$$\text{Như vậy với mạch KĐ \#1: } A_v V_{\max} < 7.5 \Rightarrow A_v < 7.5/0.3003 = 24.975 \Rightarrow \text{Chọn } A_v = 20$$

SV tự vẽ mạch KĐ #1 (HD: mạch KĐ không đảo dùng opamp)

$$\text{c) Tần số xung nhịp tim nhỏ nhất là } 30\text{ nhịp/phút} = 30/60\text{s} = 0.5\text{Hz}$$

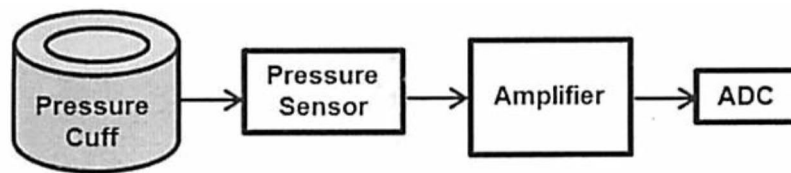
$$\Rightarrow \text{tần số cắt của lọc thông cao là } 0.5\text{Hz}$$

$$\text{Cho trước } C = 1\text{ }\mu\text{F} \Rightarrow R > 656\text{ k}\Omega \Rightarrow \text{Chọn } R = 1\text{ M}\Omega$$

$$\text{d) Theo đề bài ta có } A_1 A_2 V_{PULSE} < 5\text{V} \text{ với } V_{PULSE} = 0.1\% V_{DC\max} = 10^{-3} \times 0.3\text{V} = 0.3 \times 10^{-3}\text{V}$$

$$\Rightarrow A_2 < 5/(20 \times 0.3 \times 10^{-3}) = 833 \Rightarrow \text{Chọn } A_2 = 500$$

13) Anh/chị được yêu cầu thiết kế một hệ thống đo huyết áp có thể đo đến 200 mmHg với độ nhạy 0.2 mmHg . Phần cứng điện tử gồm có 1 cảm biến áp suất áp-trở (piezoresistive), mạch khuếch đại đo lường (IA), và một ADC.



- Cảm biến áp suất có độ nhạy $\Delta V/\Delta P = 10 \text{ mV/psi}$.
 - Mạch IA được cấp nguồn $\pm 10 \text{ V}$ với ngõ ra tín hiệu cực đại có trị nhỏ hơn nguồn cấp điện 1.5 V .
 - Có sẵn 2 mạch khuếch đại có độ lợi $A_d = 50$ và 200 .
 - Có sẵn 2 ADC hoạt động trên dải $\pm 2.5 \text{ V}$ (12 bits) và $\pm 8 \text{ V}$ (13 bits).
 - Nhiều hệ thống bằng 2 lần độ phân giải ADC.
- a) Ta phải kết hợp mạch khuếch đại và ADC như thế nào để thỏa đặc tính kỹ thuật được yêu cầu. Trình bày rõ cách chọn.
- b) Với các thành phần đã chọn trong a), cho biết áp suất tối đa (mmHg) có thể ghi nhận được là bao nhiêu?
- c) Độ nhạy áp suất của hệ vừa thiết kế xong là bao nhiêu?

BG.

Theo đề bài ta có

- Độ nhạy $S = \Delta V/\Delta P = 10 \text{ mV/psi} = 1.934 \times 10^{-4} \text{ V/mmHg}$ (do $1 \text{ psi} = 51.71484 \text{ mmHg}$)
- IA có giá trị ra cực đại là $10 - 1.5 = 8.5 \text{ V}$
- Mạch khuếch đại có độ lợi $A_d = 50$ hoặc 200
- Giới hạn của ADC là $\pm 2.5 \text{ V}$ (12 bits) hoặc $\pm 8 \text{ V}$ (13 bits)

a)

❖ **Trường hợp 1:** nếu chọn ADC là $\pm 2.5 \text{ V}$ (12 bits)

Do đó $A_d S P_{\max} < 2.5 \text{ V} \Rightarrow A_d < 2.5 \text{ V} / (1.934 \times 10^{-4} \text{ V/mmHg} \times 200 \text{ mmHg}) = 64 \Rightarrow$ Chọn $A_d = 50$.

Xét độ nhạy:

$V_{\text{noise}} = 2 \times 5 \text{ V} / 2^{12} = 2.44 \times 10^{-3} \text{ V} = A_d S \Delta P_{\min} \Rightarrow \Delta P_{\min} = 0.25 \text{ mmHg} > 0.2 \text{ mmHg} \Rightarrow$ Loại

❖ **Trường hợp 2:** nếu chọn ADC là $\pm 8 \text{ V}$ (13 bits)

Do đó $A_d S P_{\max} < 8 \text{ V} \Rightarrow A_d < 8 \text{ V} / (1.934 \times 10^{-4} \text{ V/mmHg} \times 200 \text{ mmHg}) = 206.8 \Rightarrow$ Chọn $A_d = 200$.

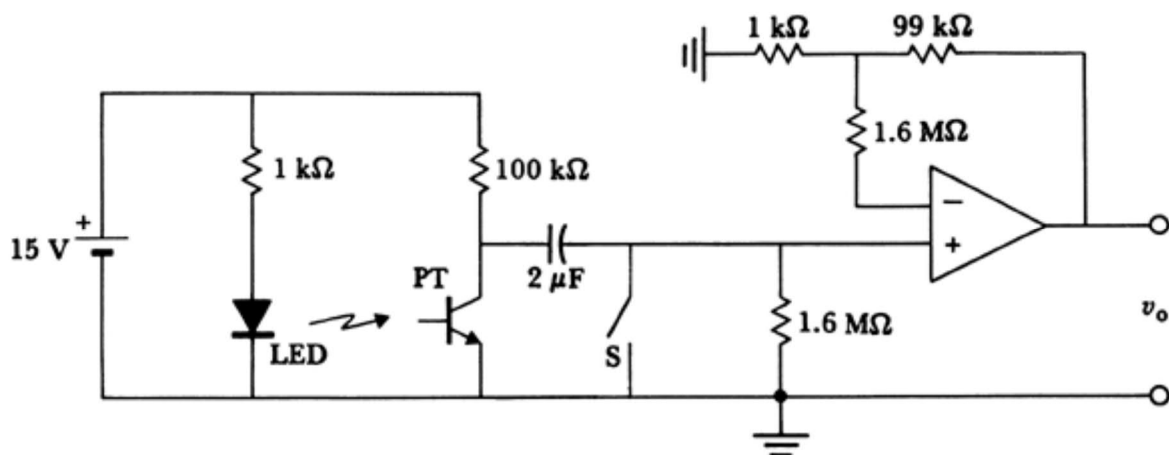
Xét độ nhạy:

$V_{\text{noise}} = 2 \times 16 \text{ V} / 2^{13} = 3.91 \times 10^{-3} \text{ V} = A_d S \Delta P_{\min} \Rightarrow \Delta P_{\min} = 0.1 \text{ mmHg} < 0.2 \text{ mmHg} \Rightarrow$ Chọn được
Như vậy ta sẽ chọn KĐ có $A_d = 200$ và ADC $\pm 8 \text{ V}$ (13 bits)

b) $P_{\max} = V_{\max} / (A_d S) = 8 \text{ V} / (200 \times 1.934 \times 10^{-4} \text{ V/mmHg}) = 206.8 \text{ mmHg}$

c) $\Delta P_{\min} = V_{\text{noise}} / (A_d S) = 0.1 \text{ mmHg}$

14) Xét mạch sau:

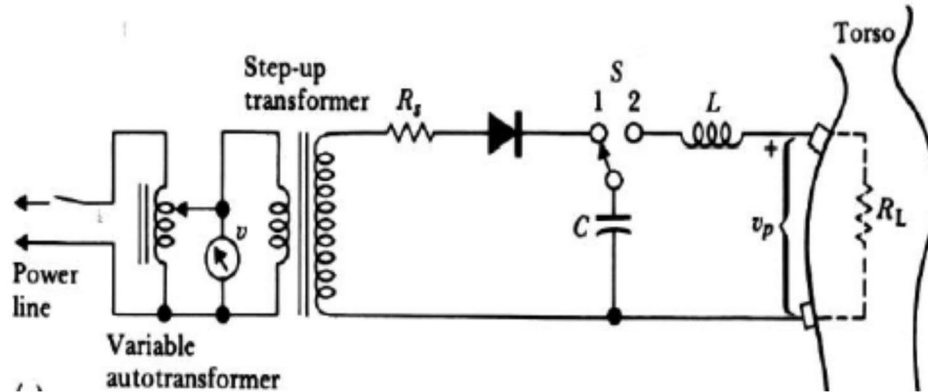


- a) Mạch này dùng để làm gì? Nhiệm vụ của phototransistor?
- b) Bộ lọc trong mạch có tần số cắt là bao nhiêu và nhiệm vụ của nó?
- c) Vai trò của điện trở $1.6 \text{ M}\Omega$ tại ngõ vào đảo của opamp?
- d) Độ lợi của mạch khuếch đại?

BG.

- a) Mạch này dùng để đo nhịp tim nếu không thể sử dụng ECG, nó cũng được dùng để đo nồng độ Oxy trong máu.
- b) Phototransistor có nhiệm vụ phát hiện ánh sáng bị tán xạ hoặc bị phản xạ từ mạch máu.
- c) Mạch lọc thông cao có tần số cắt là $f = 1/(2\pi \times 2 \times 10^{-6} \text{F} \times 1.6 \times 10^6 \Omega) = 0.0497 \text{ Hz} \approx 0.05 \text{ Hz}$ dùng để loại trừ thành phần DC của tín hiệu tới.
- d) Vai trò của điện trở $1.6 \text{ M}\Omega$ tại ngõ vào đảo (bằng điện trở tại nhánh ở ngõ vào không đảo) của opamp dùng để bổ chính điện áp lệch ngõ ra do dòng phân cực ở ngõ vào opamp, người ta không dùng nó nếu ngõ vào của opamp là MOSFET chứ không phải BJT.
- e) Mạch KĐ dùng opamp có độ lợi là $(1 + 99\text{k}/1\text{k}) = 1 + 99 = 100$
Như vậy độ lợi của mạch KĐ là 100.

15) Xét mạch sau:

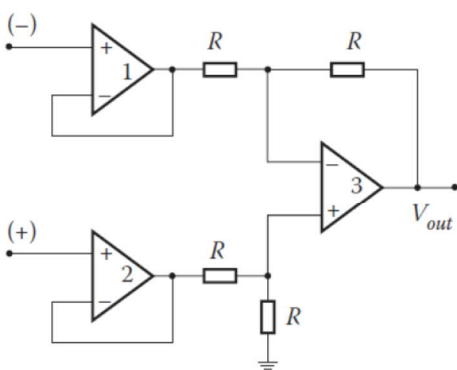


- a) Mục đích của mạch này là gì?
- b) Tại sao cần có máy biến thế tăng áp (step-up transformer)?
- c) Vai trò của tụ C?
- d) R_L có trị khoảng bao nhiêu?

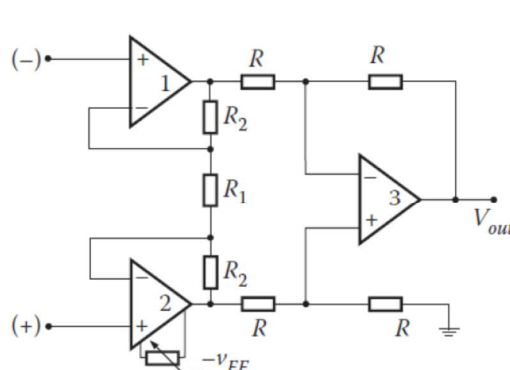
BG.

- a) Đây là mạch khử rung tim. Nó được dùng để đưa điện áp cao 1 đến 5kV trong khoảng 10ms vào bệnh nhân để khử các rung tâm thất.
- b) Cần có máy biến thế tăng áp vì cần có điện áp cao 1 đến 5kV (trong khi điện áp vào chỉ từ 100–220V_{AC}) để tạo shock điện khử rung tim.
- c) Vai trò của tụ C là dùng để nạp điện áp cao và sau đó xả điện vào bệnh nhân khi công tắc S chuyển sang vị trí 2.
- d) Điện trở cơ thể R_L thấp khoảng 500 Ω .

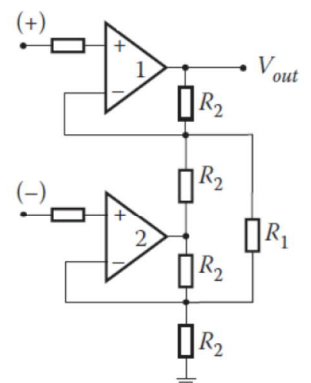
16) Người ta thường dùng mạch khuếch đại ECG có các dạng sau. Hãy tìm độ lợi của mỗi mạch.



(a)



(b)



(c)

ĐS.

Đặt $V_1 = V(+)$ và $V_2 = V(-)$. Ta có độ lợi của mỗi mạch:

- a) $V_{out} = V_1 - V_2$ (2 opamp đầu vai đóng vai trò đệm để phối hợp trở kháng với các tín hiệu vào)
- b) $V_{out} = (1 + 2R_2/R_1) (V_1 - V_2)$ (HD: Dựa vào dòng qua các điện trở R_2 và R_1 bằng nhau)
- c) $V_{out} = 2(1 + R_2/R_1) (V_1 - V_2)$

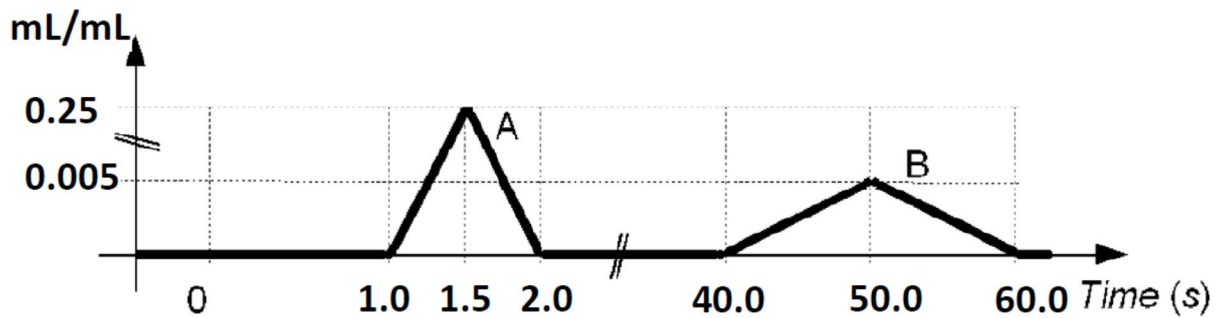
HD:

Cách 1: CM trực tiếp dựa vào định luật Kirchoff về dòng điện

Cách 2: Dùng ĐL xếp chồng với hệ tuyến tính.

- Khi $V_1 \neq 0$ và $V_2 = 0 \Rightarrow V_{out} = 2(1 + R_2/R_1) V_1$
- Khi $V_1 = 0$ và $V_2 \neq 0 \Rightarrow V_{out} = -2(1 + R_2/R_1) V_2$

17) Trong 1 hệ pha loãng chất chỉ thị, người ta bơm nhanh 14 mL chất chỉ thị lỏng vào động mạch phổi (thời điểm Time = 0) và nồng độ chất chỉ thị (có đơn vị là mL chất chỉ thị/mL máu) được đo ở đầu ra của tâm thất trái (left ventricle output). Đồ thị trong hình sau cho thấy nồng độ đo được. Tính giá trị trung bình của lưu lượng máu ra của tim CO (L/min) và tính phần trăm thuốc nhuộm (chất chỉ thị) đã được hấp thu vào hệ thống trong quá trình một chu kỳ tuần hoàn?



BG.

- Tính CO:
Ta có công thức

$$CO = \frac{m}{\int C dt}$$

Với m là thể tích của chất chỉ thị lỏng và C là nồng độ

Theo đề bài thì

- $m = 14 \text{ mL}$ và
- $\int C dt = A_A = \text{diện tích tam giác ở vùng A} = 0.5 \times 0.25 \times (2 - 1) = 0.125 \text{ s}$.

Suy ra $CO = 14 \text{ mL} / 0.125 \text{ s} = 112 \text{ mL/s} = 112 \text{ mL} \times 60/60 \text{ s} = \underline{6.72 \text{ L/min}}$

- Tính % thuốc nhuộm đã được hấp thu vào hệ thống trong quá trình một chu kỳ tuần hoàn:
Lượng thuốc nhuộm còn lại sau 1 chu kỳ là diện tích ở vùng B:

$$A_B = 0.5 \times 0.005 \times (60 - 40) = 0.05 \text{ s}$$

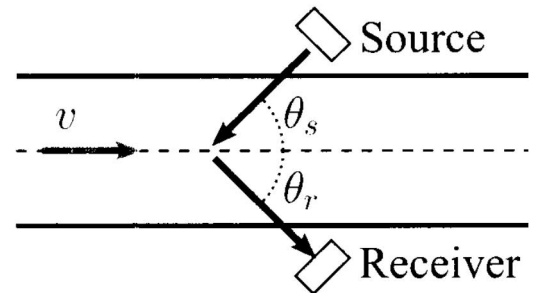
Phần trăm thuốc nhuộm đã được hấp thu vào hệ thống trong quá trình một chu kỳ tuần hoàn là

$$100\% \times (A_A - A_B) / A_A = 100\% \times (0.125 - 0.05) / 0.125 = \underline{60\%}$$

18) Một hệ thống siêu âm Doppler được cho ở hình bên phải với cảm biến phát có tần số 1 MHz. Với $\theta_r = \theta_s = 30^\circ$, người ta thấy có dịch tần số là 1200 Hz. Giả sử tốc độ âm thanh trong máu là $v = 1500 \text{ m/s}$ và diện tích mặt cắt ngang A của mạch máu là 2 cm^2 . Tốc độ lưu lượng máu là bao nhiêu?

Hướng dẫn:

$$\text{Tốc độ lưu lượng máu} = A \times v$$



BG.

Nhận xét:

- Tần số tại RBC là $f_r = (c + v \cos \theta_s) f_s / c$
- Tần số thu lại được $f = c f_r / (c - v \cos \theta_r) = (c + v \cos \theta_s) f_s / (c - v \cos \theta_r)$

Suy ra

$$\Delta f = f - f_s = f_s (c + v \cos \theta_s - (c - v \cos \theta_r)) / (c - v \cos \theta_r) \approx v (\cos \theta_s + \cos \theta_r) f_s / c$$

$$\text{Với } \theta_r = \theta_s = 30^\circ \Rightarrow \cos \theta_s + \cos \theta_r = \sqrt{3}/2 + \sqrt{3}/2 = \sqrt{3}$$

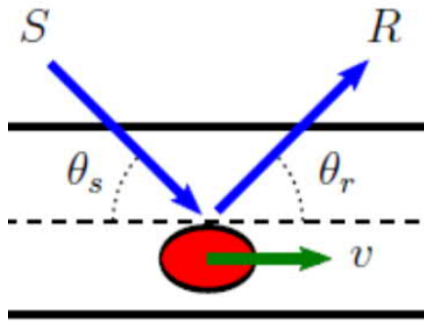
$$\Rightarrow \Delta f = \frac{\sqrt{3} v f_s}{c} \Rightarrow v = \frac{c \Delta f}{\sqrt{3} f_s}$$

Như vậy

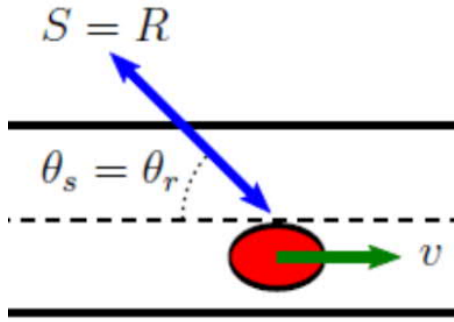
$$F = A v = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 1500 \text{ m/s} \times 1200 \text{ Hz} / (\sqrt{3} \times 10^6 \text{ Hz}) = 2.0785 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F = 2.0785 \times 10^{-4} \times 10^3 \text{ L/s} = 0.208 \text{ L/s}$$

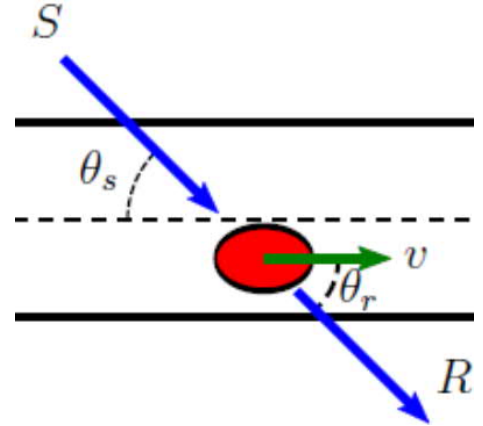
19) Hãy tìm dịch tần số Δf cho các trường hợp sau: (Với S = nguồn phát siêu âm, R = cảm biến thu siêu âm, và v = vận tốc máu).



Hình Q.19A



Hình Q.19B



Hình Q.19C

ĐS.

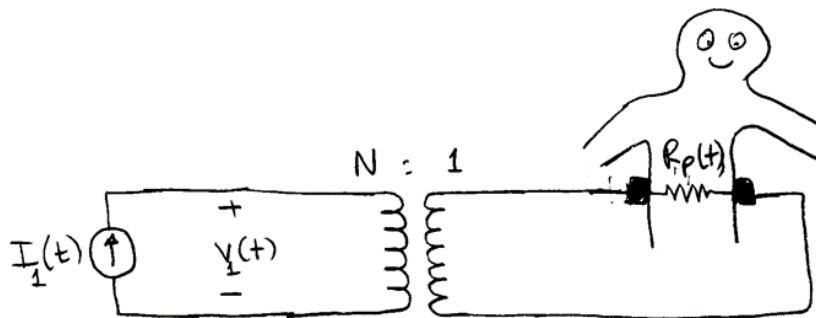
Ta qui ước các ký hiệu sau:

- f_s = tần số tại bộ phát (nguồn = source)
- f_R = tần số tại bộ thu (thu = receiver)
- f_{RBC} = tần số tại tế bào hồng cầu
- $\Delta f = f_R - f_s$ = dịch tần số
- θ = là giá trị bằng nhau khi $\theta_s = \theta_R$

Với 3 trường hợp trên ta có độ dịch tần số sau: (Chú ý: $c \gg v$, do đó $c \pm v \cos \theta \approx c$)

	(A)	(B)	(C)
$\Delta f = f_R - f_s$	$\approx (vf_s/c) (\cos \theta_R - \cos \theta_s)$	$\approx -2 (vf_s/c) \cos \theta$	$\approx (vf_s/c) (\cos \theta_R - \cos \theta_s)$

20) Một thiết bị đo thể tích bằng trở kháng có nguồn dòng điện xoay chiều tạo ra $I_1(t) = I_0 \sin(\omega_0 t)$. Thiết bị được kết nối với bệnh nhân bằng máy biến áp có tỷ lệ là N: 1.



Nếu trở kháng xuyên khoang ngực của bệnh nhân được cho trước là $R_p(t)$, hãy tìm điện áp $V_1(t)$ được nhìn thấy bởi nguồn dòng.

ĐS. $V_1(t) = N^2 R_p(t) I_0 \sin(\omega_0 t)$.

21) Chúng ta muốn tách các thành phần tín hiệu hô hấp và tín hiệu tim mạch của tổng trở kháng xuyên khoang ngực bằng hai bộ lọc. Giả sử rằng nhịp thở của bệnh nhân là 12 nhịp thở/phút và nhịp tim là 72 nhịp/phút. Dùng các mạch lọc: a) thụ động; b) tích cực.

HD. Dùng 2 bộ lọc thông thấp và thông cao mắc song song đầu vào với tần số cắt giống nhau f . Tần số này là trung bình cộng của tần số tín hiệu hô hấp và tim mạch là 0.7 Hz.

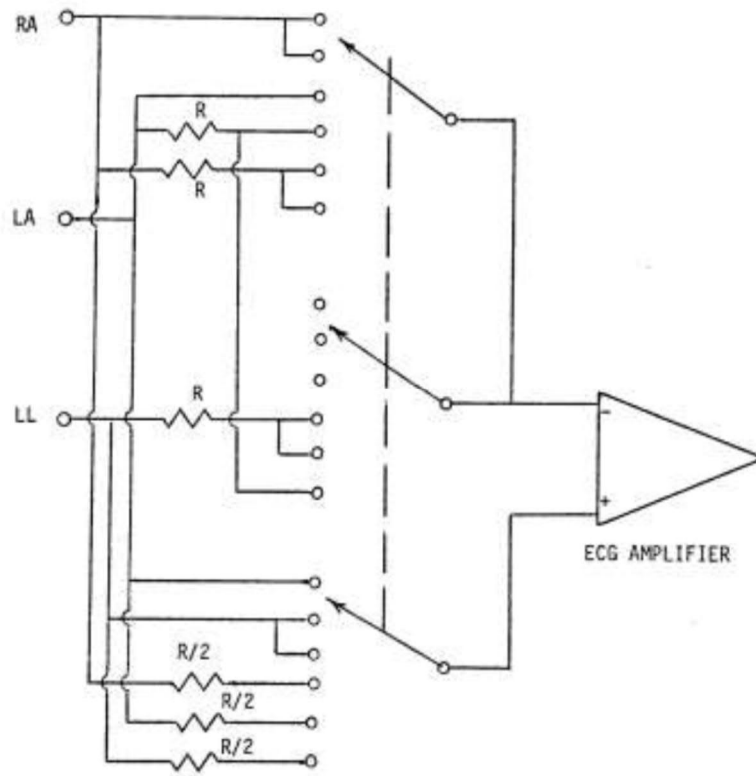
22) Một cặp điện cực điện thế sinh học được sử dụng để theo dõi tín hiệu điện sinh học từ cơ thể. Mạch điện tử giám sát có tổng trở đầu vào R_L thấp có cùng độ lớn với tổng trở nguồn trong các điện cực.

a. Vẽ mạch tương đương cho tình huống này.

b. Nếu 2 điện cực hoàn toàn giống nhau thì mạch tương đương trở thành mạch lọc gì?. Tần số cắt của mạch và ảnh hưởng của R_L ?

HD. Nếu 2 điện cực hoàn toàn giống nhau thì mạch tương đương trở thành mạch lọc thông cao.

23) Thiết kế điện tâm đồ với hệ thống chuyển mạch đầu vào sao cho chúng ta có thể ghi lại sáu đạo trình mặt phẳng phía trước bằng cách thay đổi công tắc.



Các vị trí của công tắc chọn từ trên xuống dưới là I, II, III, aVR, aVL và aVF.

24) Thiết kế mạch lái (điều khiển) chân phải và cho biết tất cả các giá trị điện trở. Đối với $1 \mu\text{A}$ dòng điện 50 Hz chạy qua cơ thể, nên giảm điện áp ở chế độ cách chung xuống còn 2 mV. Mạch nên cung cấp không quá $5 \mu\text{A}$ khi mạch khuếch đại bão hòa ở $\pm 13 \text{ V}$. Giả sử giá trị cực đại tiêu biểu của điện trở da-điện cực là $100 \text{ k}\Omega$.

ĐS.

Xem hình trong slide hoặc Fig 16.15 trong sách.

+ Theo đề bài ta có $R_{LA} = R_{RA} = R_{LL} = 100 \text{ k}\Omega$.

Tìm được $V_{cm} = I_d \cdot R_{LL} / (1 + 2R_f/R_a) \Rightarrow R_f/R_a = 24.5$

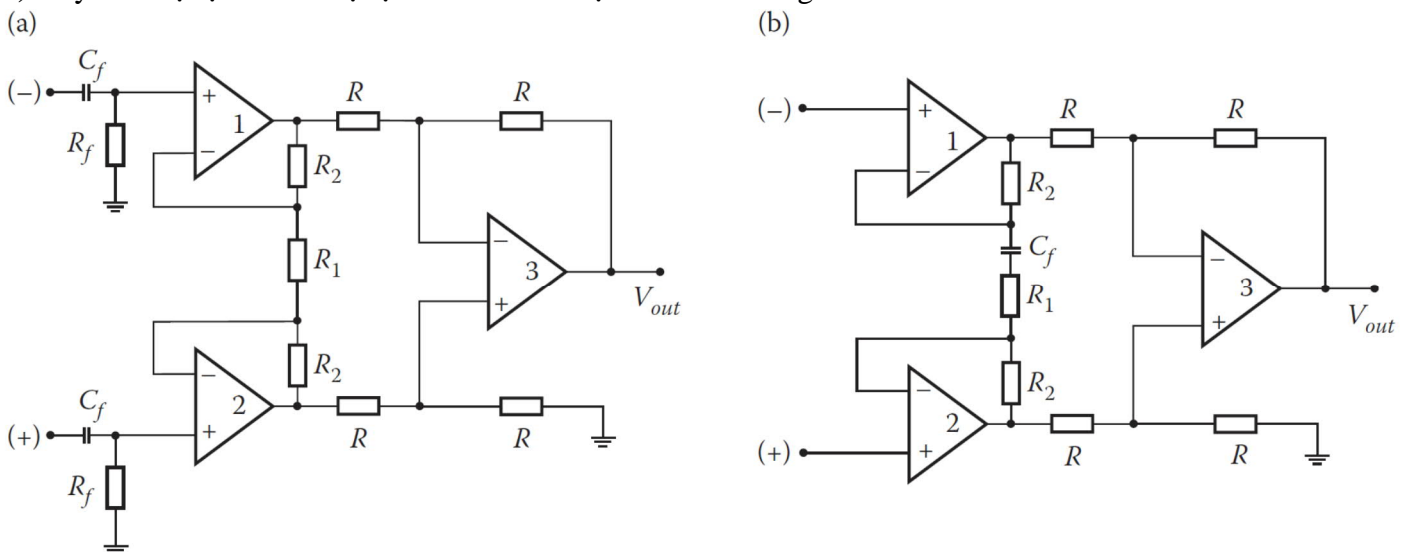
Nếu chọn $R_a = 25 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_f = 612.5 \text{ k}\Omega$.

+ Mạch khuếch đại bão hòa ở $\pm 13 \text{ V}$, $I_{dmax} = 5 \mu\text{A}$

Từ $V_{cm} = I_d \cdot R_{LL} / (1 + 2R_f/R_a)$ với I_{dmax} và các giá trị $R \Rightarrow V_{cm} = 0.01 \text{ V}$

Ngoài ra tổng dòng điện tại V_o là 0 $\Rightarrow 2V_{cm}/R_a + I_d = 13/R_o \Rightarrow R_o = 2.24 \text{ M}\Omega$

25) Hãy tính độ lợi DC và độ lợi AC của các mạch KĐ đo lường sau

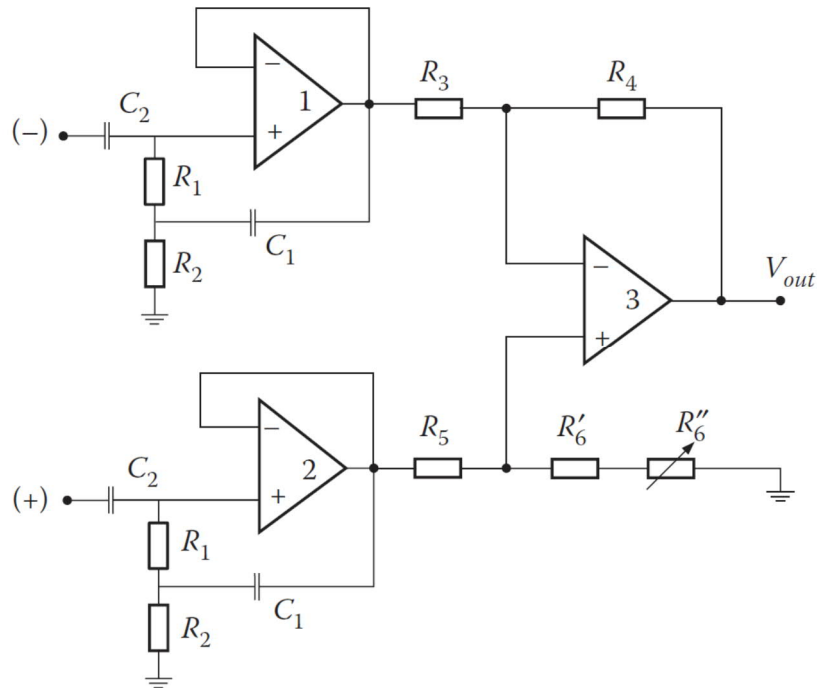


Hình Q. 25 Các thiết kế bộ khuếch đại đo lường (IA) ghép AC. Thiết kế cổ điển sử dụng bộ lọc thông cao RC ở đầu vào (a) và bộ khuếch đại CMRR “tựa thông cao” theo đề xuất của C.C. Lu (b).

Ở tần số cao thì độ lợi AC của 2 mạch này là bao nhiêu?

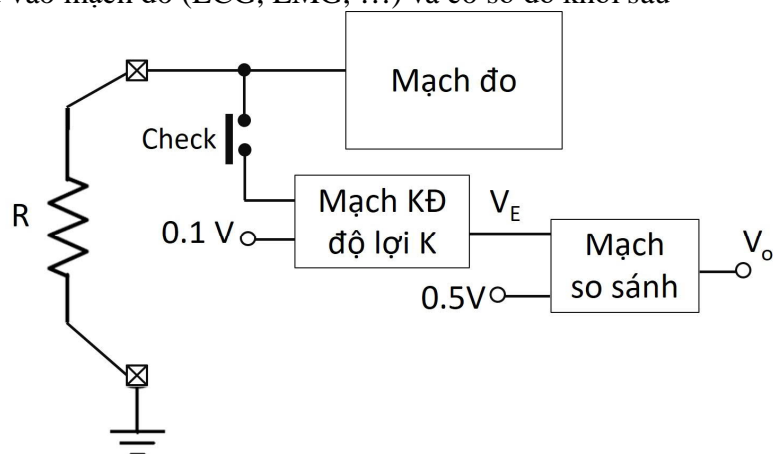
ĐS. H. Q.25B có $G_{ac} = 2R_2/(R_1 + 1/j\omega C_f)$ và ở f cao cả 2 mạch này có $G_{ac} = 1 + 2R_2/R_1$.

26) Hãy tìm $V_{out}(s)$ của mạch sau: (gọi điện thế tại $(-)$ là V_1 và tại $(+)$ là V_2)



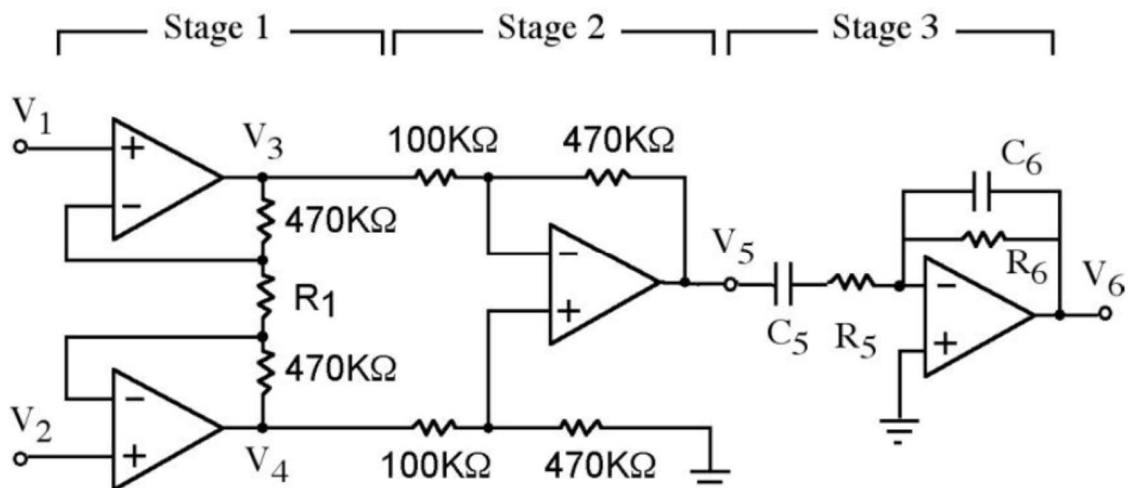
Điều kiện để mạch trở thành mạch KĐ vi sai là gì? Chú ý có nhiều dạng mạch lọc tích cực ở đầu vào!

27) Để kiểm tra xem điện cực điện thế sinh học có tiếp xúc tốt với da (khi ấn vào nút **Check**), người ta thường thiết kế thêm mạch ở đầu vào mạch đo (ECG, EMG, ...) và có sơ đồ khối sau



Giả sử điện trở R tối đa giữa điện cực-cơ thể và đất là $500 \text{ k}\Omega$, hãy thiết kế chi tiết các mạch KĐ và so sánh. Mạch KĐ là mạch KĐ không đảo có R là điện trở nối với ngõ vào đảo của opamp, chọn điện trở hồi tiếp sao cho đầu ra V_E là 0.5 V khi $R = 500 \text{ k}\Omega$. Mạch so sánh có ngõ ra V_o là bão hòa âm hay dương ($\pm 12 \text{ V}$) để lái LED báo là có vấn đề (khi không tiếp xúc tốt thì $R > 500 \text{ k}\Omega$).

28) Cho trước mạch KĐ vi sai điện thế sinh học sau:



Hãy tính các giá trị R và C để có:

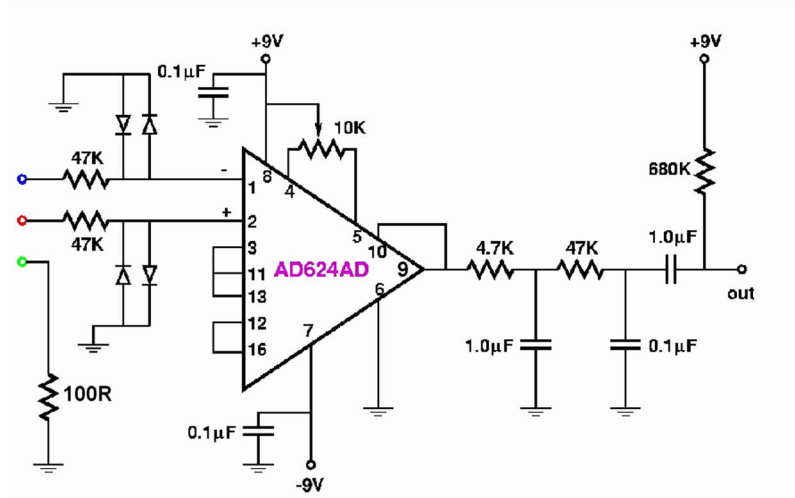
Tầng 1 (stage 1) có độ lợi là 5.7.

Tầng 2 có độ lợi là 10 thì phải thay đổi giá trị các điện trở nào.

Tầng 3 có tần số cắt dưới là 1 Hz và trên là 30 HZ, giả sử cho trước $C5 = 2 \mu\text{F}$ và $C6 = 0.22 \mu\text{F}$.

29) Hãy phân tích các mạch KĐ ECG sau. Trong mỗi hình, SV hãy tìm ý nghĩa của các thành phần linh kiện, tổ hợp các thành phần và các tầng, từ đó suy ra độ lợi các tầng, tần số cắt của các mạch lọc ...

Hình Q.29.1:



Hình Q.29.2:

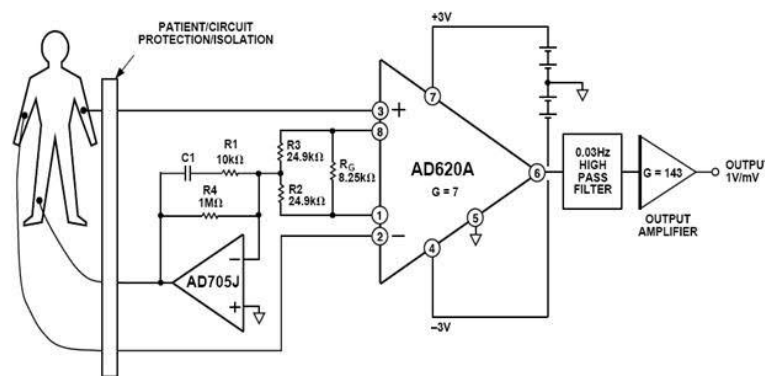


Figure 36. A Medical ECG Monitor Circuit

Hình Q.29.3:

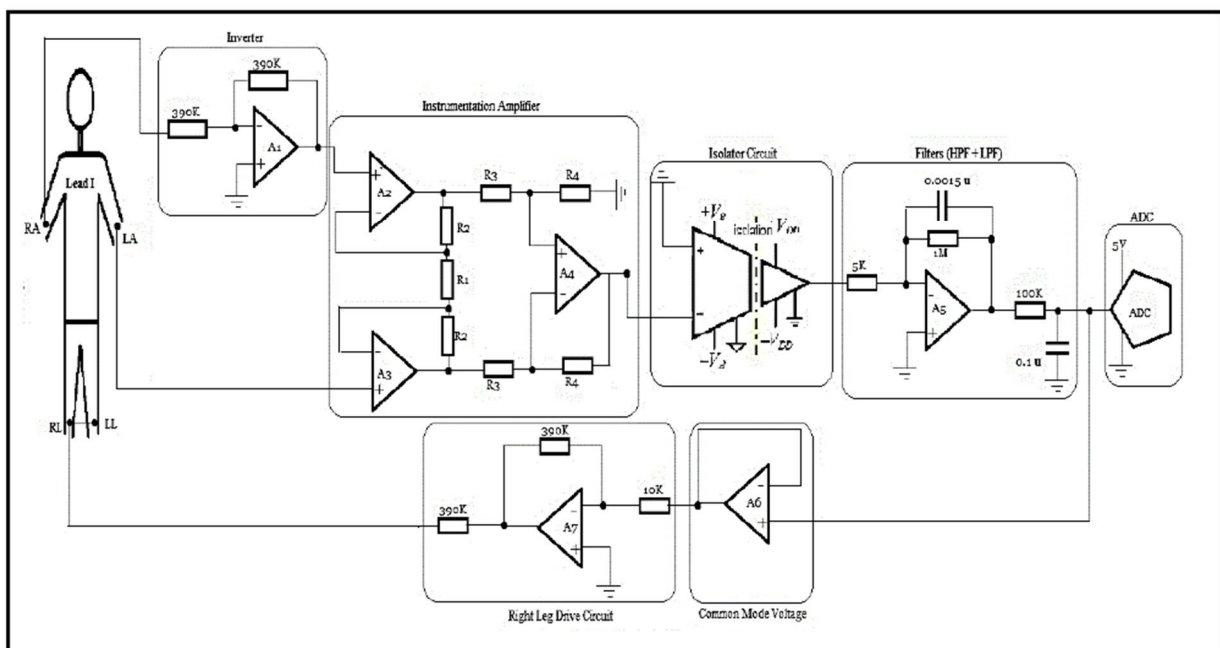
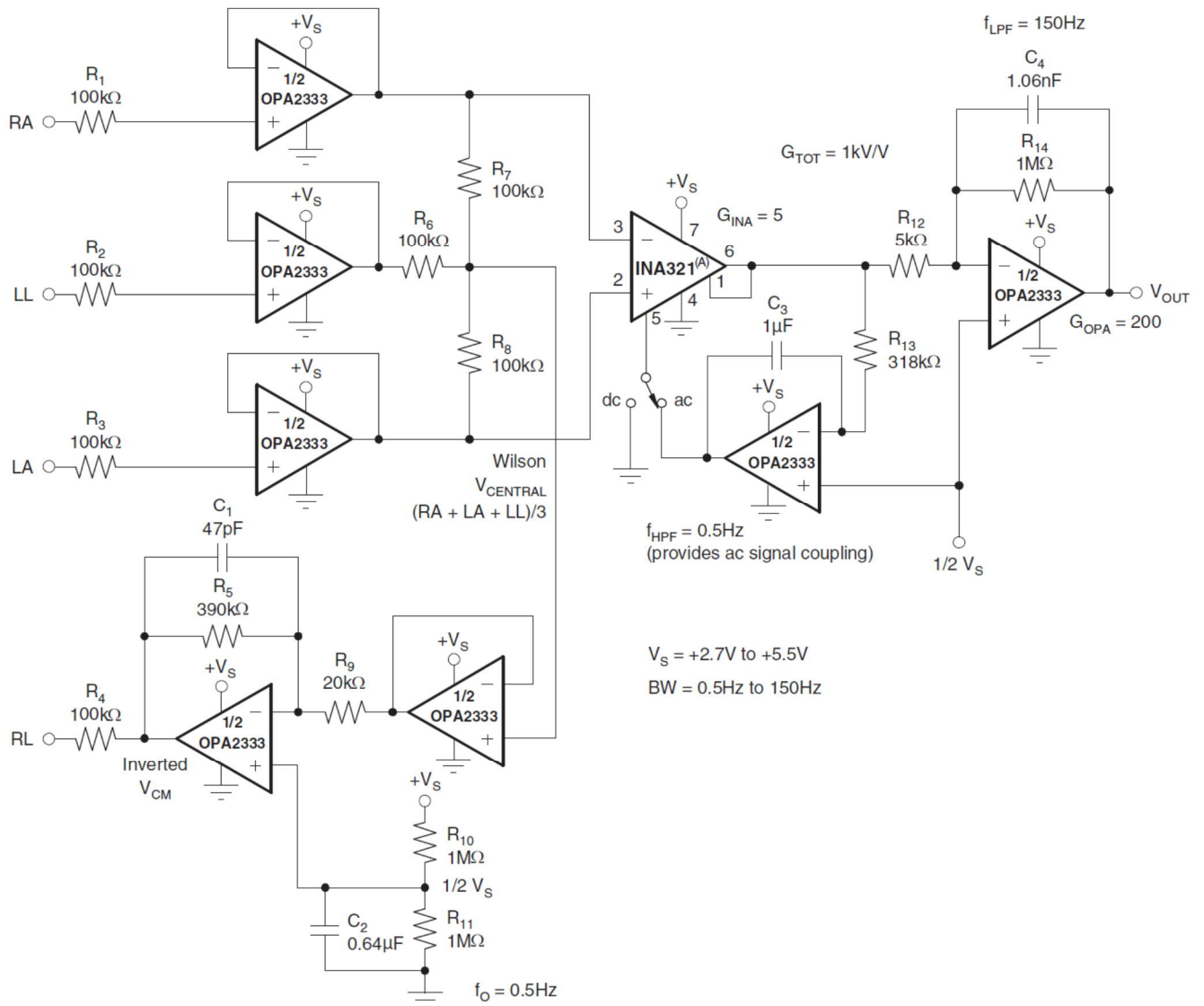
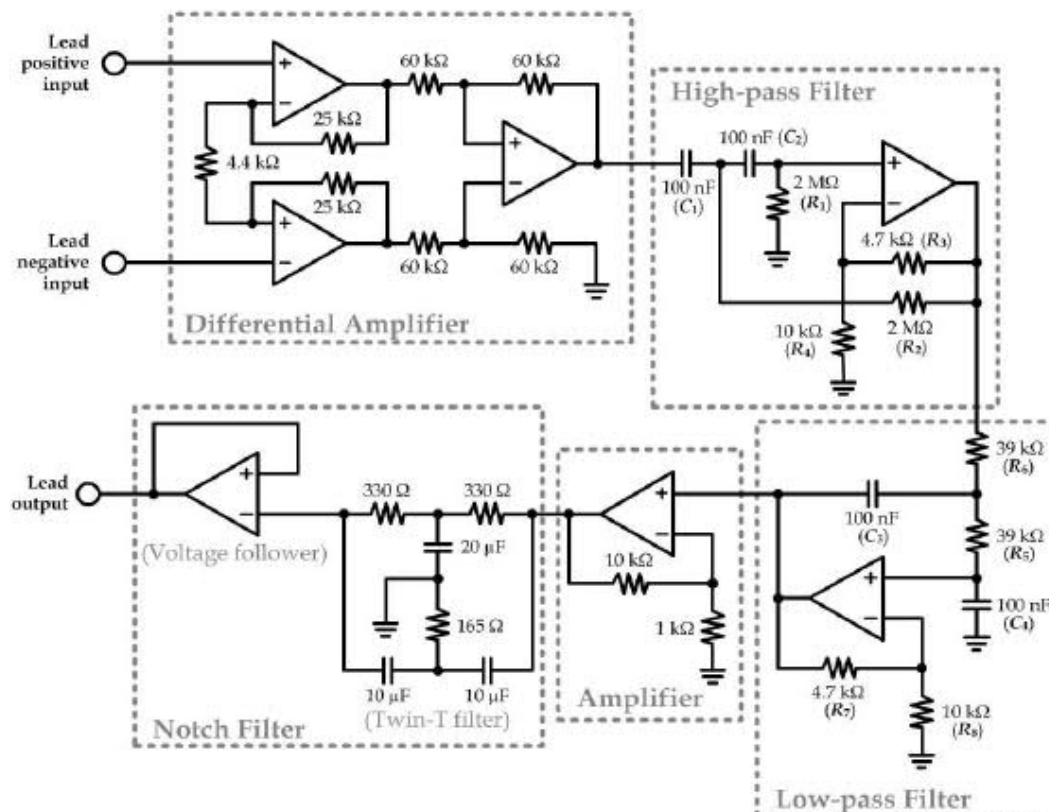


Fig. 3 Existing Circuit diagram of an ECG

Hình Q.29.4: Mạch ECG công suất thấp, dùng nguồn đơn với OPA2333 của TI.

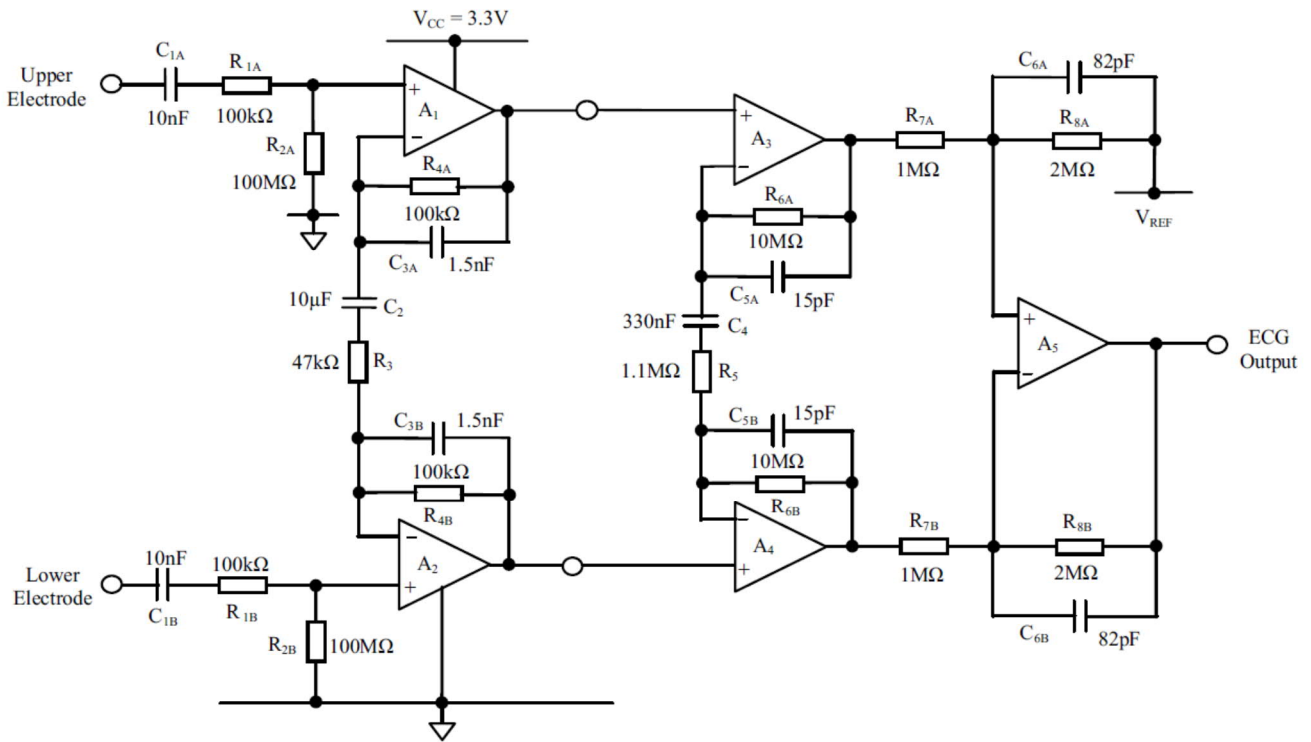


Hình Q.29.5:

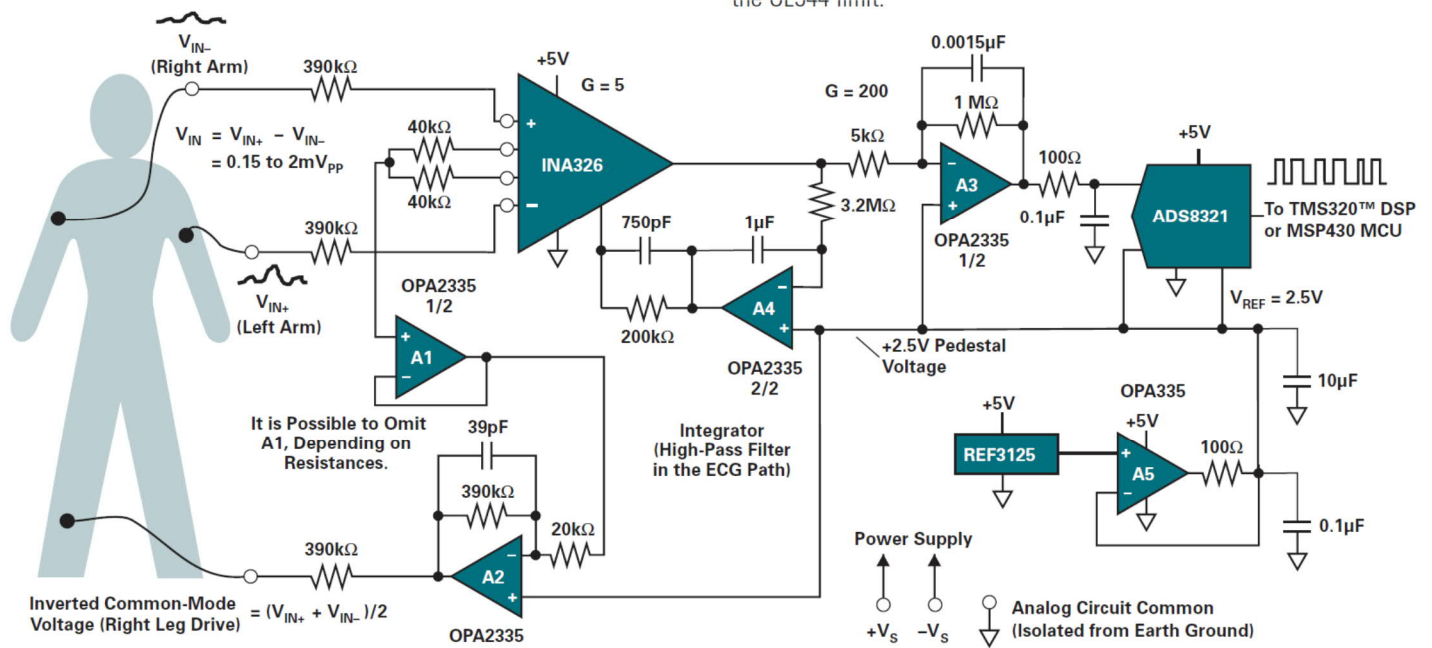


Hình Q.29.6:

ECG với đo đạo trình I bằng cách đặt ngón tay trái vào điện cực trên và ngón tay phải vào điện cực dưới.

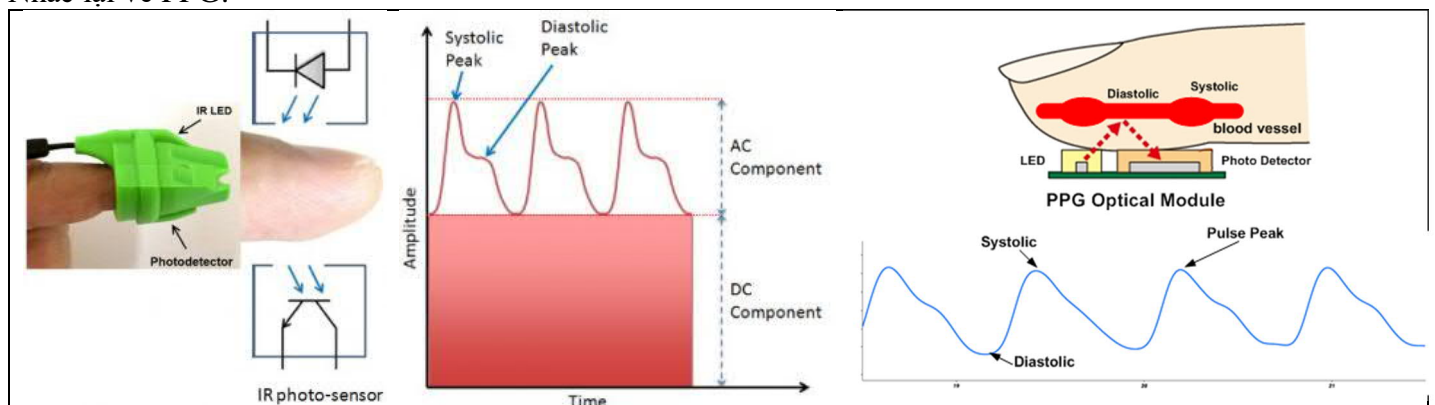


Hình Q.29.6: Ba điện cực ECG được kết nối với bệnh nhân bằng các linh kiện CMOS với nguồn cấp điện 5V. Mạch này sẽ hoạt động với nguồn cấp điện 3.3V. Được dùng cho thiết bị mang trên người.

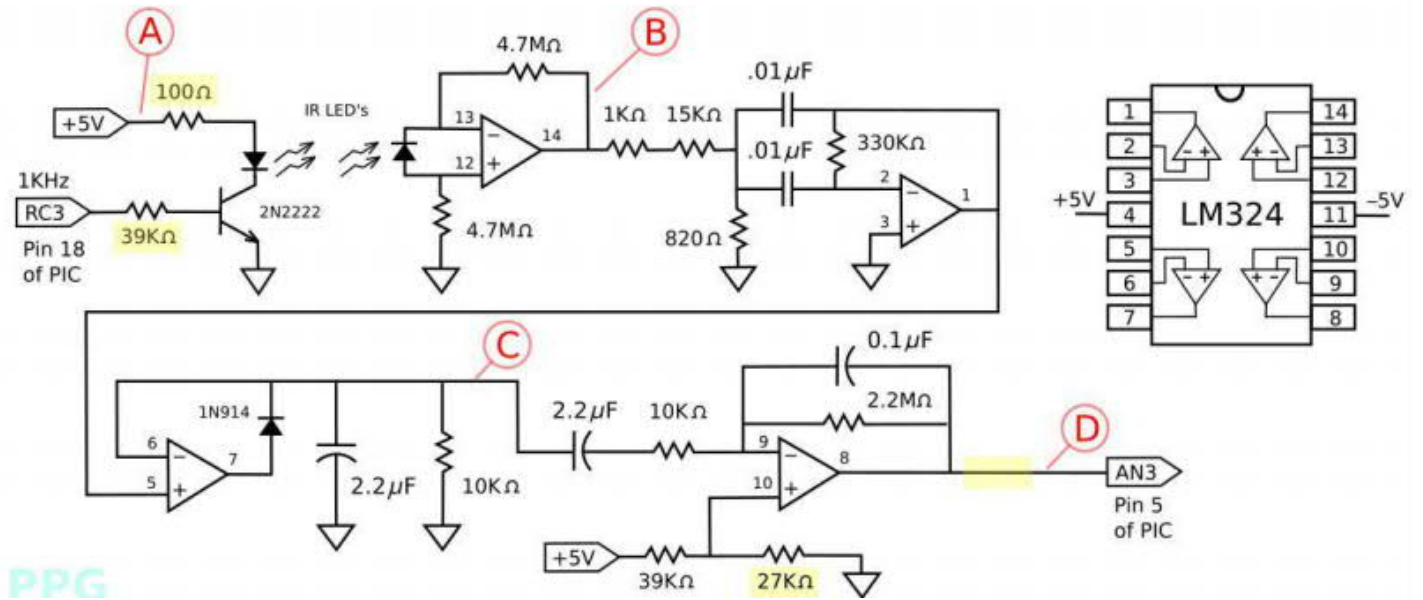


30) Hãy phân tích các mạch PPG sau. Trong mỗi hình, SV hãy tìm ý nghĩa của các thành phần linh kiện, tổ hợp các thành phần và các tầng, từ đó suy ra độ lợi các tầng, tần số cắt của các mạch lọc ...

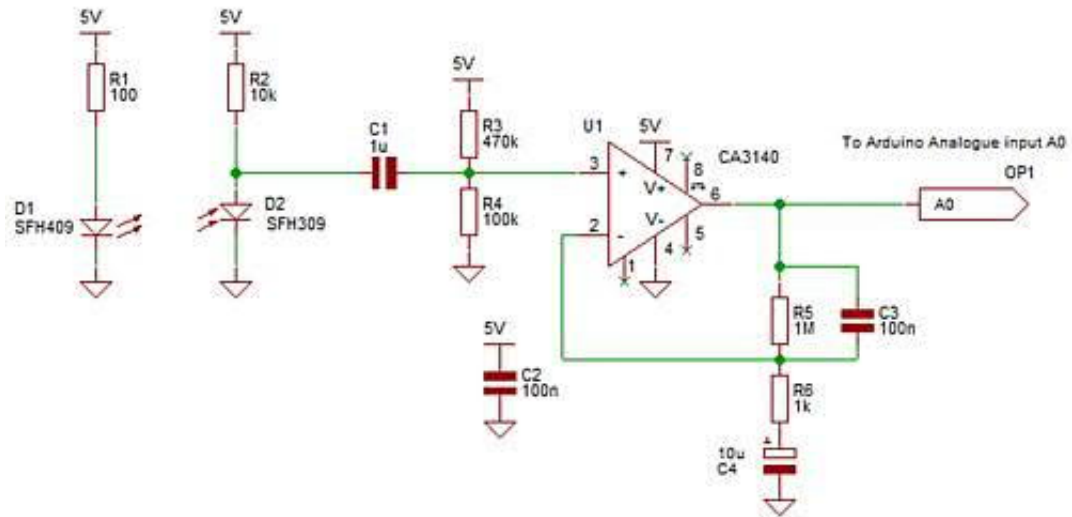
Nhắc lại về PPG:



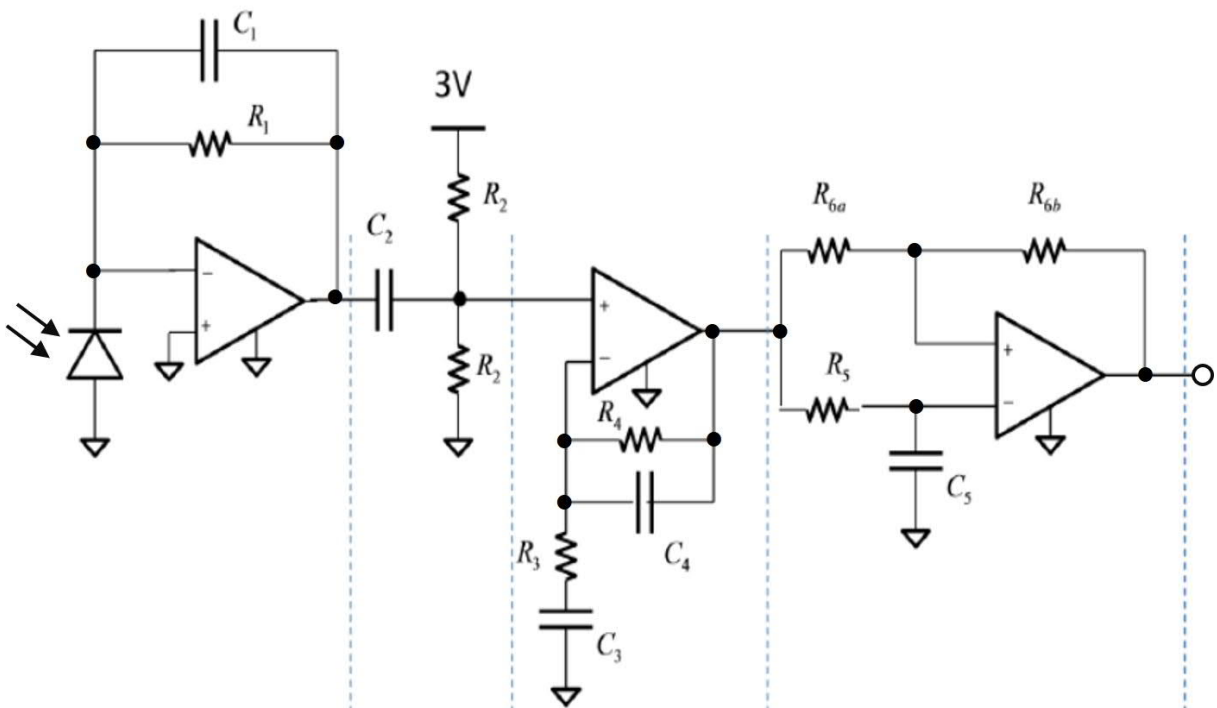
Hình Q.30.1:



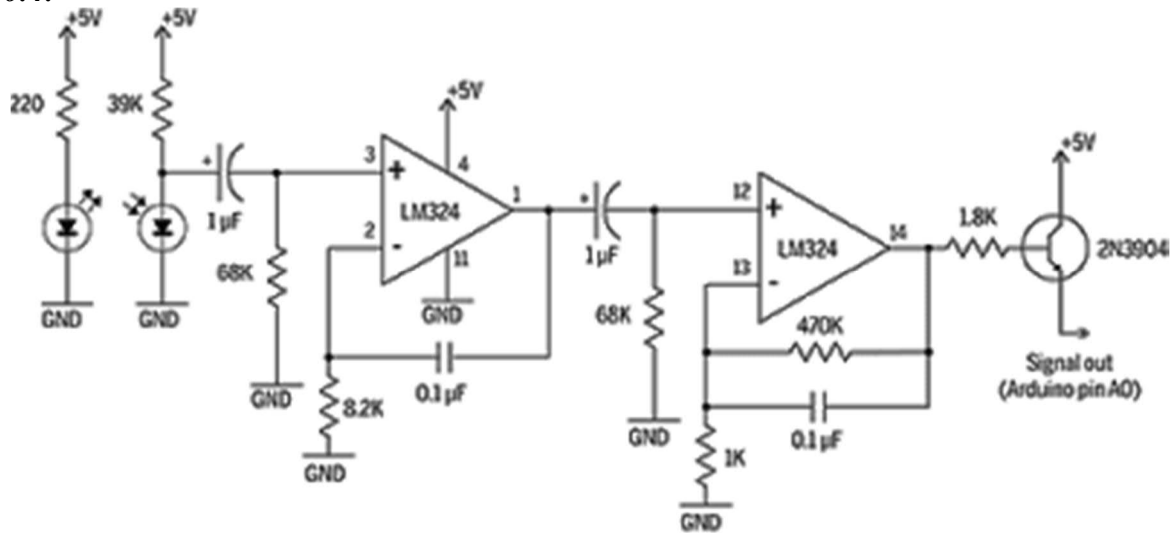
Hình Q.30.2:



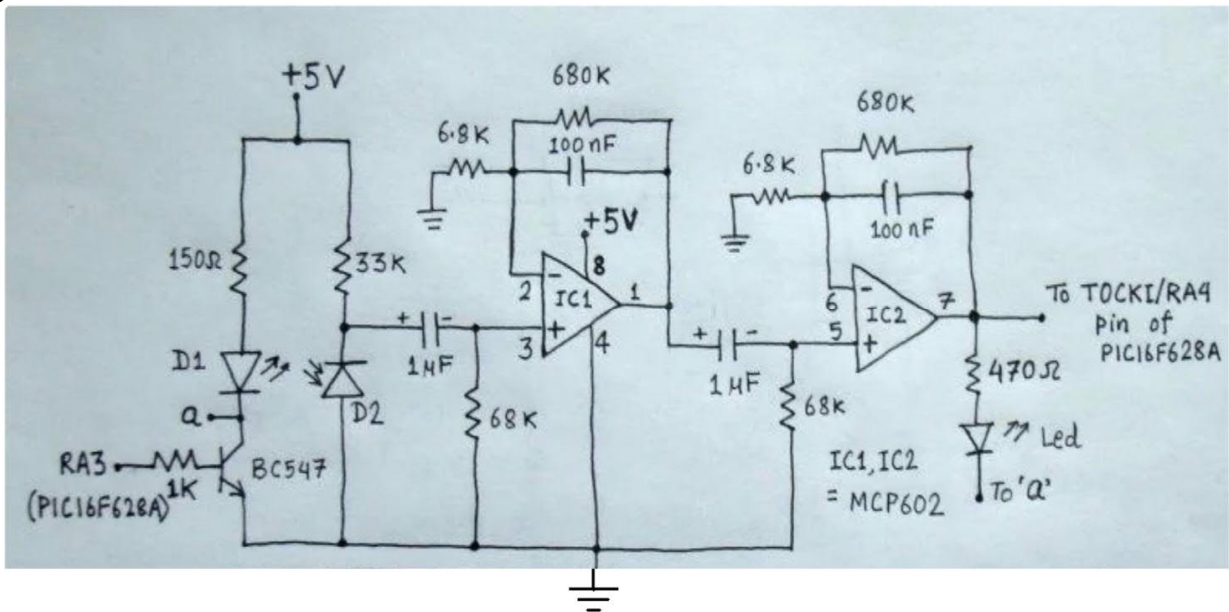
Hình Q.30.3: Chỉ có mạch thu ánh sáng.



Hình Q.30.4:



Hình Q.30.5:



Hình Q.30.6: Điều khiển và thu thập dùng MCU (vi điều khiển)

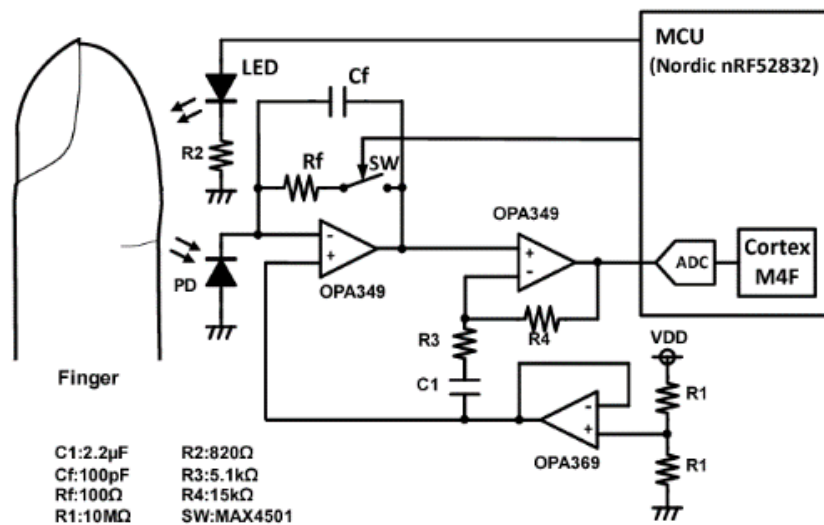
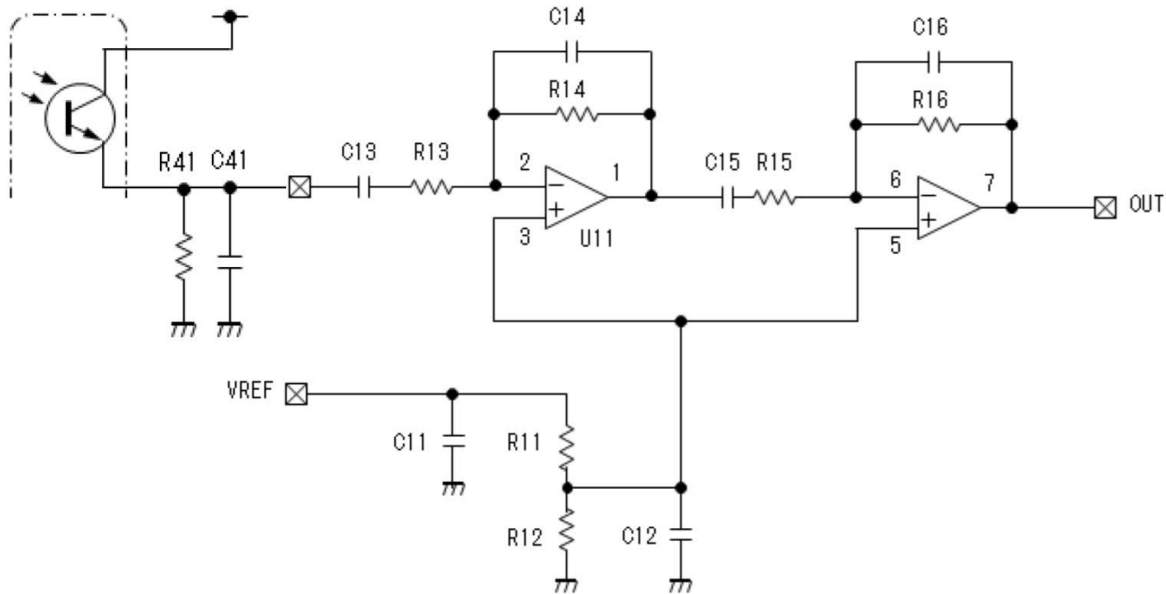
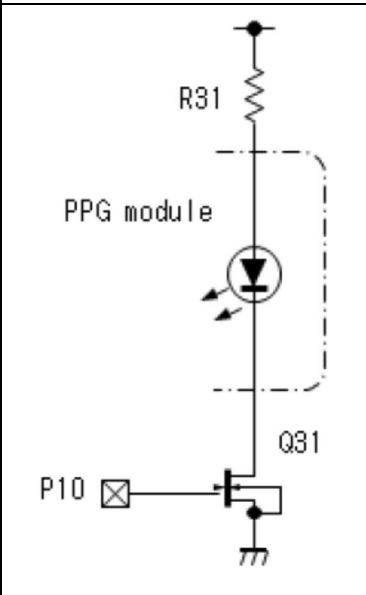
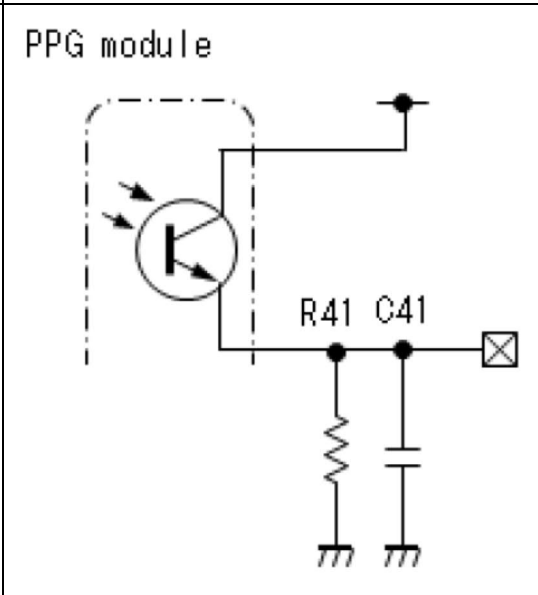
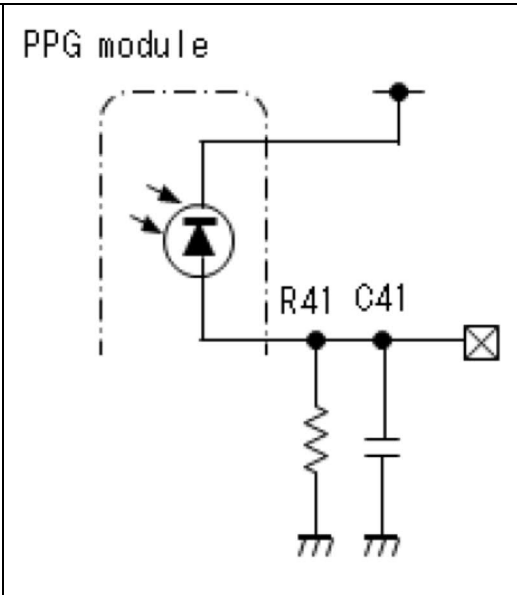


Fig. 7. Circuit block diagram of prototype sensor.

Hình Q.30.7: Mạch PPG dùng với MCU từ công ty Seiko Epson



LED Driver Circuit	Examples of Optical Sensor Circuit	
		
	(a) Phototransistor Circuit	(b) Photodiode Circuit