

Ngày 24 tháng 6 năm 2002, thời gian làm bài: 120 phút

Đề thi bao gồm: một vấn đề (thời gian để làm khoảng 80 phút) và một bài tập (thời gian để làm khoảng 40 phút). Cả 2 nhiệm vụ trên phải được thực hiện dưới dạng bài viết.

Mọi kí hiệu nhất thiết phải được sử dụng đúng như trong đề bài.

Người thi được phép sử dụng máy tính cầm tay.

VẤN ĐỀ:

KHẢO SÁT ĐỒNG HỒ ĐIỆN TỬ

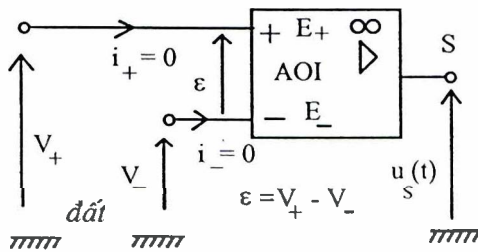
Đồng hồ điện tử thường được sử dụng trong các thiết bị được điều khiển bởi chương trình (máy tính, các máy đo số hóa đa năng, máy phát xung tần số thấp v.v..).

Mục tiêu được đặt ra là khảo sát một đồng hồ điện tử được chế tạo trên cơ sở sử dụng bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng (AOI). Trên hình 1a trình bày mạch AOI với 3 cổng (cổng vào đảo  $E_-$ , cổng vào không đảo  $E_+$ , cổng ra S) với các điện áp tương ứng.

Sử dụng các kí hiệu trên hình 1a, đặc trưng giải tích lô gíc của AOI được biểu diễn dưới dạng:

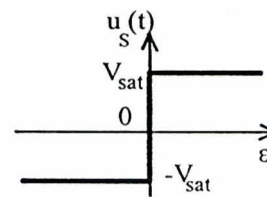
$$(\varepsilon < 0 \text{ VÀ } u_S = -V_{sat}) \text{ HOẶC } (\varepsilon = 0 \text{ VÀ } -V_{sat} < u_S < V_{sat}) \text{ HOẶC } (0 < \varepsilon \text{ VÀ } u_S = V_{sat})$$

hoặc dưới dạng biểu đồ tương ứng (xem hình 1b).



Mạch AOI

Hình 1a



Biểu đồ của đặc trưng

Hình 1b

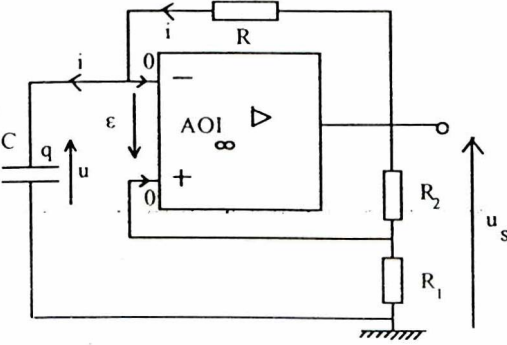
Cuối cùng, cần lưu ý rằng cường độ dòng điện đi vào các cổng  $E_-$  và  $E_+$  của AOI luôn bằng không, có nghĩa là  $i_- = i_+ = 0$  (xem hình 1a).

Mạch đồng hồ điện tử được trình bày trên hình 2.

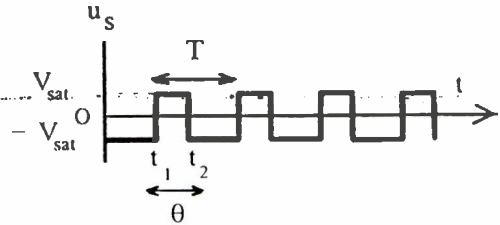
Điện áp của đồng hồ điện tử với tần số  $f = 1/T$  là điện áp cổng ra  $u_S$  của mạch đó và đặc trưng biến thiên của nó được trình bày trên hình 3.

Trong khoảng thời gian  $T - \theta$ , từ  $t = 0$  đến  $t = t_1$ ,  $u_S = -V_{sat}$

Trong khoảng thời gian  $\theta = t_2 - t_1$ , từ  $t = t_1$  đến  $t = t_2$ ,  $u_S = V_{sat}$ . Tỷ số  $\rho = \theta/T$  được gọi là tỉ số vòng của đồng hồ điện tử.



Hình 2



Hình 3

Ta thừa nhận đồng hồ điện tử trên hình 2 hoạt động như bộ đo từ trễ, có nghĩa là  $u_s$  chỉ nhận 2 giá trị là  $\pm V_{sat}$  tùy theo dấu của  $\varepsilon$ .

- Hãy chỉ ra nguyên nhân tại sao nhận xét vừa nêu loại trừ khả năng hoạt động của mạch theo đặc trưng ( $\varepsilon = 0$  và  $-V_{sat} < u_s < V_{sat}$ ) như giả thiết trước đây.

Cho  $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ ,  $\tau = RC$ ,  $u(t)$  là điện áp giữa hai cực của tụ điện,  $i(t)$  là cường độ dòng điện qua  $R$  và  $C$  (quy ước về chiều dòng điện và điện áp được trình bày trên hình 2). Lưu ý rằng đối với mỗi thời điểm  $t_0$  thì  $t_0^-$  là thời điểm xảy ra ngay trước, còn  $t_0^+$  là thời điểm xảy ra ngay sau và vô cùng gần  $t_0$ .

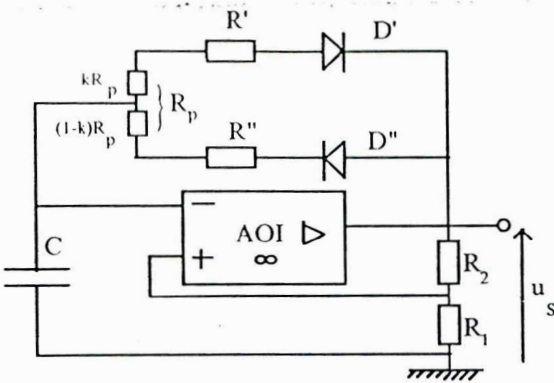
Giả sử rằng tại thời điểm  $t = 0^+$  thì  $u(0^+) = \beta V_{sat}$  còn  $u_s$  vừa hạ xuống  $-V_{sat}$ , như vậy  $u_s(0^+) = -V_{sat}$ .

- Vậy tại thời điểm  $t = 0^+$  thì  $\varepsilon$  bằng bao nhiêu? Kết quả thu được có hợp lý không?
- Khảo sát pha đầu tiên của xung ( $t > 0$ ), khi  $u_s = -V_{sat}$ : thiết lập phương trình vi phân cho  $u(t)$  và tích phân nó. Từ đó suy ra  $\varepsilon(t)$ .
- Tính  $t_1$ , thời điểm xảy ra bước nhảy của  $u_s$ , theo hàm của  $\tau$  và  $\beta$ . Vẽ đồ thị của các hàm  $u(t), u_s(t), \varepsilon(t)$  trong khoảng thời gian  $[0, t_1^-]$ .
- Xác định trị số của  $u$  tại thời điểm  $t_1^-$ . Vậy  $u$  bằng bao nhiêu vào thời điểm  $t_1^-$ ? Hãy tìm kết quả bằng lập luận vật lí mà không được tính toán.
- Khảo sát pha thứ hai ( $t > t_1$ ): thiết lập phương trình vi phân cho  $u(t)$  và tích phân nó. Từ đó suy ra  $\varepsilon(t)$ .
- Tại thời điểm  $t_2$  nào thì pha thứ hai kết thúc? Hãy vẽ đồ thị của các hàm  $u(t), u_s(t)$  và  $\varepsilon(t)$  trong khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_2$ .
- Chứng minh rằng  $u_s(t)$  là hàm tuần hoàn và xác định chu kỳ  $T$  của đồng hồ điện tử dưới dạng hàm của  $\tau$  và  $\beta$ . Tính tỉ số vòng  $\rho$ .

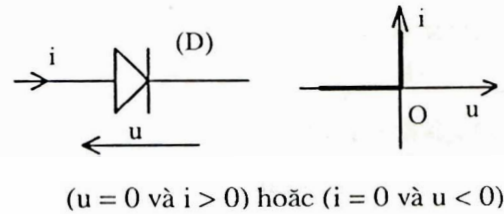


9) Áp dụng số:  $R_1 = 20k\Omega$ ,  $R_2 = 80k\Omega$ ,  $R = 5,0k\Omega$  và chu kỳ cần thu được là  $T = 20\mu s$  (micro giây). Hãy tính  $C$ .

Để có thể điều chỉnh tỷ số vòng  $\rho$  của đồng hồ điện tử trên mà không làm thay đổi chu kỳ  $T$  của nó, ta sử dụng mạch trên hình 4.



Hình 4



( $u = 0$  và  $i > 0$ ) hoặc ( $i = 0$  và  $u < 0$ )

Hình 5

Cho : Chiết áp  $R_p = 4,7k\Omega$  với hệ số chiết áp  $k$  biến thiên từ 0 đến 1

Các điện trở  $R' = R'' = 100\Omega$

Các diode  $D'$  và  $D''$  là các diode lí tưởng hoàn toàn giống nhau (hình 5)

$R_1, R_2$  và  $C$  như đã cho trong câu 9.

- Chứng minh một cách lô gíc rằng hai diode  $D'$  và  $D''$  không thông đồng thời.
- Chứng minh một cách lô gíc rằng hai diode  $D'$  và  $D''$  không chặn đồng thời.
- Mô tả hoạt động của các diode  $D'$  và  $D''$  tại thời điểm  $t = 0^+$ , nếu  $u(0^+) = \beta V_{sat}$  và  $u_s(0^+) = -V_{sat}$ .
- Các diode  $D'$  và  $D''$  hoạt động như thế nào khi  $u_s$  nhảy lên trị số  $V_{sat}$  ?
- Từ đó suy ra rằng, chu kỳ  $T_p$  của  $u_s$  bây giờ là  $T_p = \tau_p \ln \frac{1+\beta}{1-\beta}$ , trong đó  $\tau_p$  được biểu diễn dưới dạng hàm của  $R_p, R', R''$  và  $C$ . Viết biểu thức của  $\tau_p$ .
- Xác định tỉ số vòng mới  $\rho_k$  dưới dạng hàm của  $R', R'', R_p$  và  $k$ .

## BÀI TẬP:

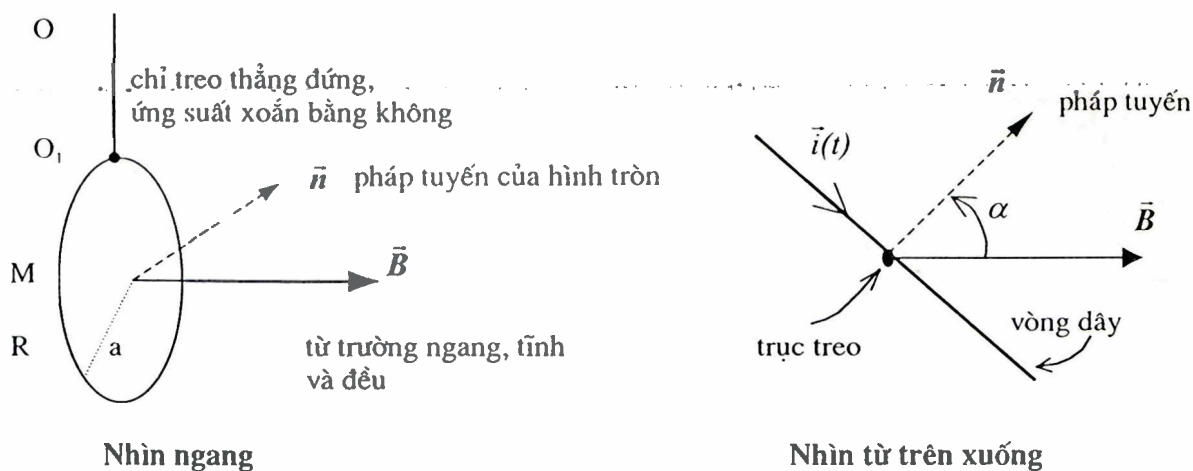
## PHANH ĐIỆN TỬ

Một vòng tròn bán kính  $a$ , bằng dây dẫn mảnh, đồng nhất với khối lượng  $M$ , điện trở  $R$  và độ tự cảm không đáng kể được treo theo phương thẳng đứng bằng một sợi chỉ cách điện  $OO_1$ . Ứng lực xoắn của sợi chỉ được xem là không đáng kể, vì vậy vòng dây có thể quay tự do quanh trục  $OO_1$ .

Trong hệ quy chiếu Galilê, vòng dây có thể quay quanh trục  $OO_1$  nhưng luôn luôn nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Mô men quán tính của vòng dây đối với mọi đường kính của nó là  $J = Ma^2/2$ .

Vòng dây được đặt trong từ trường ngoài  $\vec{B}$  tĩnh và đều, hướng theo phương nằm ngang và có độ lớn không

Gọi  $\alpha$  là góc hợp thành bởi pháp tuyến  $\vec{n}(t)$  của hình tròn được tạo thành bởi vòng dây và từ trường  $\vec{B}$ , cứ hình 6 ta có  $\alpha(t) = (\vec{B}, \vec{n})$ .



Hình 6: Vòng dây treo trong từ trường

Ban đầu vòng dây nằm trong trạng thái đứng yên sao cho  $\alpha(t) = 0$  ứng với mọi  $t < 0$ . Tại thời điểm  $t = 0$ , ta xoay cho nó quay quanh trục  $OO_1$  với tốc độ góc ban đầu  $\omega_0 = (d\alpha/dt)_0$ .

Ta có  $S = \pi a^2$  là diện tích của hình tròn và  $\Phi_0 = BS$  là từ thông đặc trưng.

- 1) Hãy áp dụng các nguyên lý vật lý mà không được tính toán để giải thích tại sao vòng dây sẽ dừng lại.
- 2) Dòng điện với cường độ  $i$  chảy trong vòng dây và tạo ra mô men từ  $\vec{M} = iS\vec{n}$ . Lưu ý rằng lực Laplace do từ trường tĩnh đồng nhất  $\vec{B}$  tác động lên mô men từ  $\vec{M}$  là một ngẫu lực có mô men là  $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B}$ .
  - Cho  $N$  là số vòng mà vòng dây quay được cho đến khi dừng lại hẳn. Hãy áp dụng các nguyên lý vật lý mà không được tính toán để xác định những tham số mà  $N$  phụ thuộc.
  - Hãy áp dụng các nguyên lý vật lý mà không được tính toán để xác định chiều biến thiên của  $N$  khi các tham số đó biến thiên.
- 3) Hãy nhắc lại định lí cơ học về chuyển động của vòng tròn.

Chúng minh rằng phương trình chuyển động của vòng tròn có dạng:  $J \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -f(\alpha) \frac{d\alpha}{dt}$ .

Xác định  $f(\alpha)$  dưới dạng hàm của  $\alpha, \Phi_0, R, a$ .

Từ đó, suy ra số vòng  $N$  mà vòng dây quay được cho đến khi dừng lại hẳn dưới dạng hàm của  $J, R, \omega_0$  và  $\Phi_0$ . Giả thiết  $N$  là đủ lớn so với 1.

- 4) Hãy xác định hao tán năng lượng do hiệu ứng Joule trong vòng dây dưới dạng hàm của các dữ kiện. Những luận cứ vật lí nào cho phép phỏng đoán kết quả mà không cần tính toán?

- 5) Cho  $M = 2g, \omega_0 = 2\pi \text{ rad.s}^{-1}, R = 4 \cdot 10^{-2} \Omega$  và  $a = 5 \text{ cm}$ . Vòng dây dừng lại sau 1/4 vòng quay (trong trường hợp này  $N < 1$ ), hãy tính chính xác cường độ  $B$  của từ trường  $\vec{B}$  bằng lập luận vật lí và bằng tính toán.