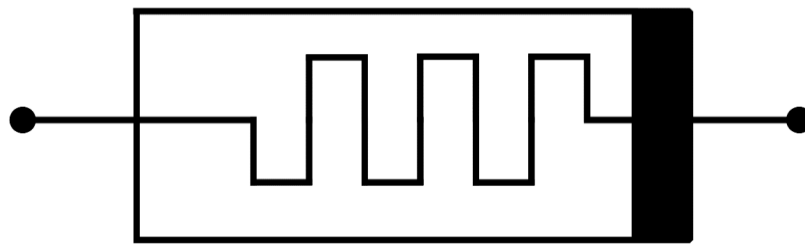


**XLVII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY III STOPNIA
ZADANIA i ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ**

**Autor: Stanisław Wincenciak
Koreferent: Jacek Starzyński**

Zadanie 1

Na rys. 1 przedstawiono symbol memrystora nieliniowego. Jest to element zdefiniowany przez uczonego L. Chua w 1971 roku, a zaimplementowany przez firmę Hewlett Packard w postaci układu scalonego w roku 2008. Oznacza rezystor z pamięcią, zdolny do pamiętania ładunku elektrycznego i strumienia magnetycznego.



Rys. 1 Symbol memrystora nieliniowego

Zależności napięciowo-prądowe memrystora są takie same jak rezystora. Na użytek naszego zadania dokładne zależności opisujące memrystor zastąpimy postacią przybliżoną, używając w miejsce pochodnych odpowiednie ilorazy różnicowe

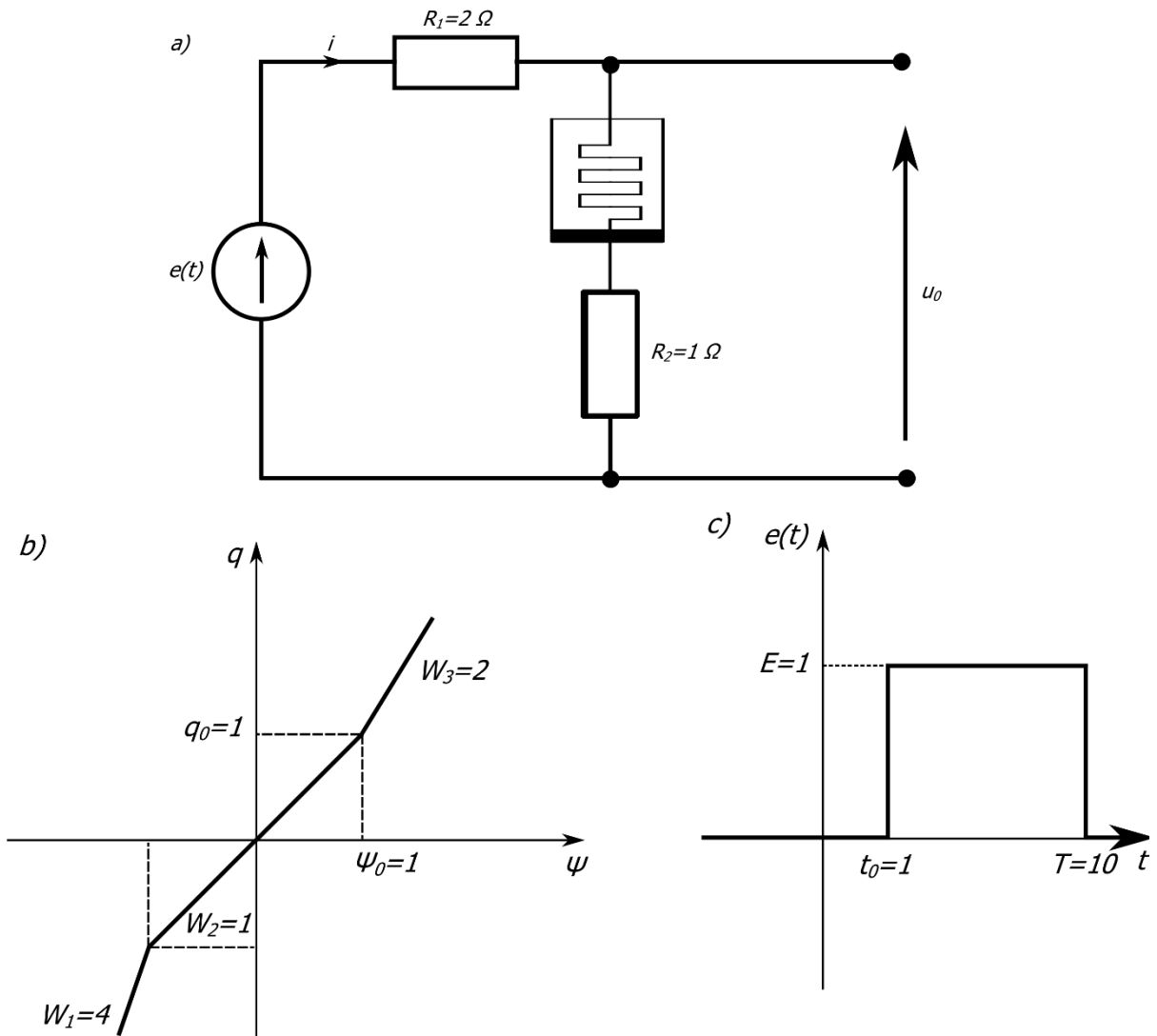
$$u = \frac{d\psi}{dt} \approx \frac{\Delta\psi}{\Delta t} = \frac{\Delta\psi}{\Delta q} \frac{\Delta q}{\Delta t} = M(q)i$$

gdzie: $M(q)$ - oznacza memrystancję zależną od ładunku elektrycznego q (odpowiednik nieliniowej rezystancji), ψ – strumień magnetyczny.

Treść zadania

W obwodzie przedstawionym na rys. 2a wyznacz przebiegi czasowe prądu $i(t)$ oraz napięcia wyjściowego $u_0(t)$ w jednym okresie źródła napięcia wymuszającego zjawiska fizyczne w obwodzie. Charakterystykę memrystora pokazano na rys. 2b, a przebieg czasowy źródła napięcia na rys. 2c.

**XLVII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY III STOPNIA
ZADANIA I ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ**



Rys. 2 Schemat obwodu elektrycznego (a), charakterystyka memryстора (b) – W_i współczynniki kątowe odpowiednich odcinków prostych charakterystyki, kształt napięcia źródła wymuszającego w obwodzie (zmiennego w funkcji czasu z okresem T) (c)

XLVII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY III STOPNIA
ZADANIA I ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

Rozwiązanie zadania nr 1

Na części charakterystyki memrystora o nachyleniu W_2 memrystancja M_2 jest równa 1Ω . Zgodnie z prawem Ohma prąd w obwodzie możemy wyrazić zależnością:

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_2 + M_2} = 0,25A$$

a napięcie wyjściowe

$$u_o = E \frac{R_2 + M_2}{R_1 + R_2 + M_2} = 0,5V$$

Na części charakterystyki memrystora o nachyleniu W_3 memrystancja $M_3 = 0,5\Omega$. Zgodnie z prawem Ohma prąd w obwodzie możemy wyrazić zależnością:

$$I_2 = \frac{E}{R_1 + R_2 + M_3} = 0,286A$$

a napięcie wyjściowe

$$u_o = E \frac{R_2 + M_3}{R_1 + R_2 + M_3} = 0,429V$$

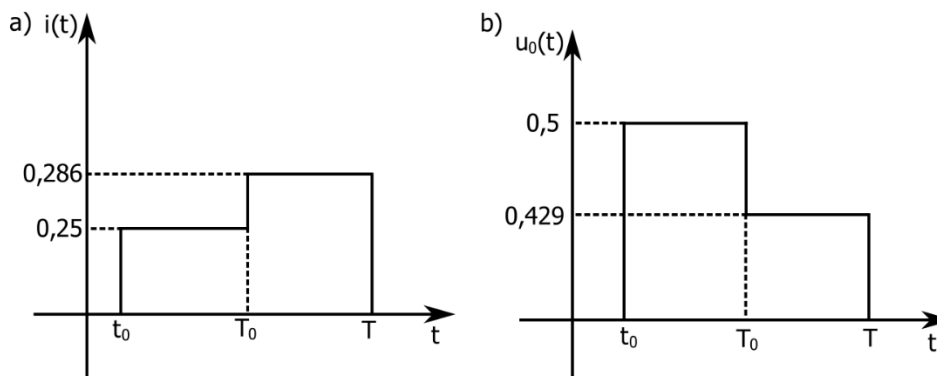
Z definicji natężenia prądu zapisanej w sposób przybliżony (w naszym zadaniu jest to opis dokładny) mamy

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q_0}{T_0 - t_0} = I_1$$

skąd

$$T_0 = \frac{q_0}{I_1} + t_0 = 5s$$

Po wykonaniu prostych obliczeń możemy narysować poszukiwane przebiegi prądu i napięcia wyjściowego w czasie trwania jednego okresu napięcia źródła, jak pokazano na rys.



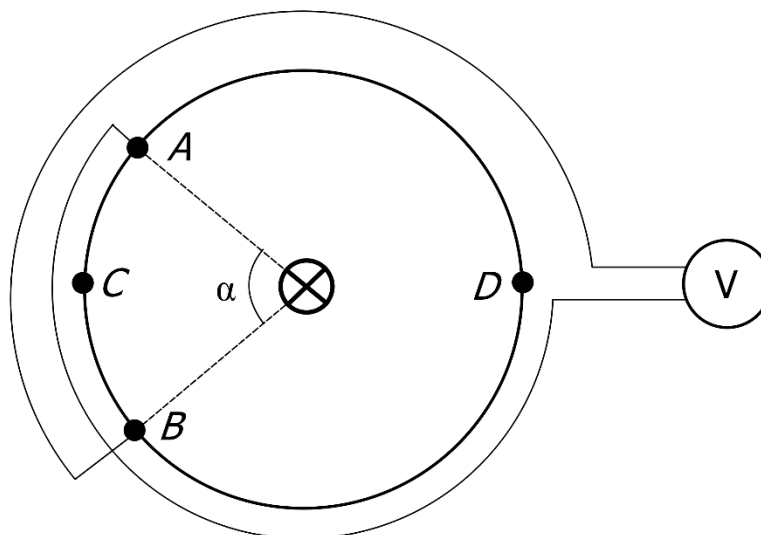
**XLVII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY III STOPNIA
ZADANIA i ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ**

**Autor: Stanisław Wincenciak
Koreferent: Jacek Starzyński**

Zadanie 2

Przewód w kształcie okręgu o oporze R obejmuje strumień magnetyczny $\Phi(t) = \Phi_m \sin \omega t$. Do punktów A, B tego przewodu podłączony jest woltomierz wskazujący wartość skuteczną, w sposób jak pokazano na rysunku (przyjmujemy, że przewody woltomierza przylegają do przewodu pętli kołowej i są od niej odizolowane). Należy podać odpowiednie zależności pozwalające obliczyć wskazania woltomierza, gdy:

- a) przewodem płynie prąd,
- b) przewód jest przerwany w punkcie C ,
- c) przewód jest przerwany w punkcie D .



Rozwiązanie zadania nr 2

Zgodnie z prawem indukcji elektromagnetycznej napięcie u indukowane na zaciskach pętli ograniczającej strumień magnetyczny (obwód otwarty o minimalnej przerwie) wyrażamy wzorem

$$u = -e = \frac{d\psi}{dt}$$

Gdzie: e – indukowana siła elektromotoryczna, ψ – strumień skojarzony z obwodem elektrycznym utworzonym z różnej konfiguracji przewodów elektrycznych, tworzących

XLVII OLIMPIADA WIEDZY TECHNICZNEJ
ZAWODY III STOPNIA
ZADANIA i ROZWIĄZANIA DLA GRUPY ELEKTRYCZNO-ELEKTRONICZNEJ

zamknięte obszary, przez które przenika strumień magnetyczny. Jeśli obwód elektryczny będzie zamknięty, to popłynie w nim prąd elektryczny zgodnie z prawem Ohma.

W przypadku pętli kołowej utworzonej przez przewód o oporze R , przez którą przepływa strumień $\Phi(t)$ (współczynnik skojarzenia jest równy 1). Zgodnie z powyższym prawem fizyki i operacją matematyczną w zakresie liczenia pochodnej napięcie indukowane będzie wyrażać się następująco:

$$u(t) = \Phi_m \omega \cos \omega t$$

Ad. a)

W pierwszym przypadku mamy zamknięty obwód elektryczny. Zatem popłynie w nim prąd. Przewody woltomierza ułożone są tak, że obejmują cały strumień przenikający przez pętlę + spadek napięcia na odcinku B-A (kąt α) proporcjonalny do indukowanego napięcia w stosunku $\frac{\alpha}{2\pi}$. Ponieważ woltomierz wskazuje wartość skuteczną (amplituda podzielona przez $\sqrt{2}$) odpowiedź w tym punkcie zadania przyjmie postać:

$$U = \frac{2\pi + \alpha}{2\sqrt{2}\pi} \omega \Phi_m$$

Ad. b)

W przypadku przerwy w obwodzie w punkcie C przewody woltomierza i odcinek przewodu pętli dwukrotnie obejmują pętlę przewodu (zadany strumień - współczynnik skojarzenia jest równy 2). Rozpoczynamy wędrówkę od woltomierza wzdłuż przewodu do punktu B i dalej do punktu A przez punkt D (bo w punkcie C jest przerwa) wzdłuż przewodu pętli a dalej przewodem woltomierza wracamy do woltomierza. W ten sposób dwukrotnie obejmujemy strumień zawarty w pętli. Zatem wskazanie woltomierza możemy wyznaczyć z zależności:

$$U = \sqrt{2} \omega \Phi_m$$

Ad. c)

W przypadku przerwy w obwodzie w punkcie D przewody woltomierza i odcinek przewodu B-A obejmują strumień jednokrotnie, w tym dwukrotnie odcinek B-A w przeciwnych kierunkach, co powoduje, że mamy jednokrotne obejmowanie zadanego strumienia magnetycznego (współczynnik skojarzenia jest równy 1). Zatem wskazanie woltomierza możemy wyznaczyć z zależności:

$$U = \frac{\omega \Phi_m}{\sqrt{2}}$$