

Antenologia stosowana

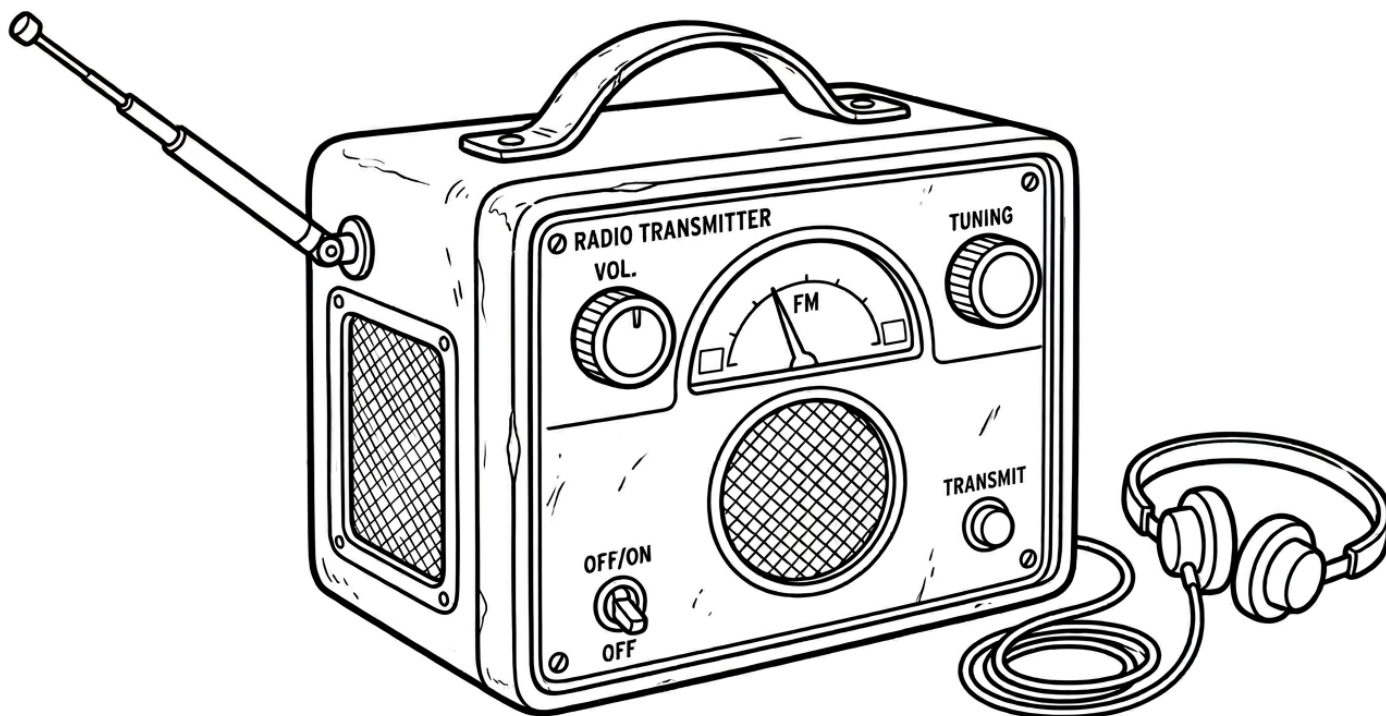
Michał Szaknis & Krzysztof Haładyn

WWW22

Pamiętaj, że nie trzeba rozwiązać wszystkich zadań!
Pamiętaj, że nie chodzi o to żeby wypluć liczby z ChatGPT i dalej nic nie rozumieć! AI trzeba używać mądrze.

Zadanie 1

- Pokoloruj ~~drwa~~ radio. Pamiętaj, że jeden z prowadzących jest daltonistą.
- Jaki błąd/niespójność na obrazku widzisz?



- Na obrazku uzupełnij, jaki jest zakres częstotliwości radia FM w Polsce
- Jakiej długości fali odpowiadają te częstotliwości?

Wskazówka

- Polecam obejrzeć ten filmik: <https://www.youtube.com/watch?v=dQw4w9WgXcQ>

Zadanie 2

Liczby zespolone

Definicja. Liczba zespolona to wyrażenie postaci $z = a + bi$, gdzie $a, b \in \mathbb{R}$ oraz i jest *jednostką urojoną* spełniającą $i^2 = -1$. Część rzeczywista: $\operatorname{Re}(z) = a$, część urojona: $\operatorname{Im}(z) = b$.

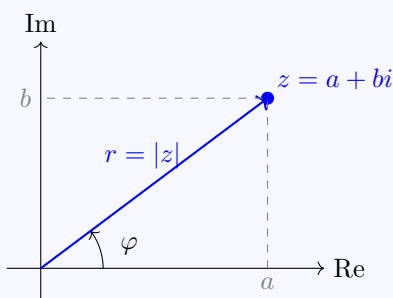
Operacje (dla $z_1 = a + bi$, $z_2 = c + di$):

$$z_1 + z_2 = (a + c) + (b + d)i, \quad z_1 \cdot z_2 = (ac - bd) + (ad + bc)i$$

$$\bar{z} = a - bi \quad (\text{sprzężenie}), \quad |z| = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (\text{moduł}), \quad \frac{z_1}{z_2} = \frac{z_1 \cdot \bar{z}_2}{|z_2|^2}$$

Przykłady: $(1+2i)+(3-i) = 4+i$, $(1+i)(1-i) = 1-i^2 = 2$, $|3+4i| = 5$, $\frac{1}{i} = \frac{\bar{i}}{|i|^2} = -i$.

Płaszczyzna zespolona (Gaussa). Liczbę $z = a + bi$ przedstawiamy jako punkt (a, b) na płaszczyźnie, gdzie oś pozioma to Re, a pionowa to Im. Moduł $|z|$ to odległość od zera, argument $\varphi = \arg(z)$ to kąt od osi Re.



Postać wykładnicza. Każdą liczbę zespoloną można zapisać jako:

$$z = r e^{i\varphi}, \quad r = |z|, \quad \varphi = \arg(z) \in (-\pi, \pi]$$

Wzory Eulera:

$$e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi, \quad e^{-i\varphi} = \cos \varphi - i \sin \varphi$$
$$\cos \varphi = \frac{e^{i\varphi} + e^{-i\varphi}}{2}, \quad \sin \varphi = \frac{e^{i\varphi} - e^{-i\varphi}}{2i}$$

Szczególne przypadki: $e^{i\pi} = -1$ (tożsamość Eulera), $e^{i\pi/2} = i$, $e^{i \cdot 0} = 1$.

Polecenia:

a) Oblicz i podaj wynik w postaci algebraicznej $a + bi$:

i. $(3 + 2i) + (1 - 5i)$

ii. $(1 + i)(2 - 3i)$

iii. $\frac{3 + i}{1 - 2i}$

iv. $(1 + i)^4$

b) Oblicz moduł i argument, a następnie zapisz w postaci wykładniczej $r e^{i\varphi}$:

i. $z = 1 + i$

ii. $z = -1 + i\sqrt{3}$

iii. $z = -3i$

c) Zamień z postaci wykładniczej na algebraiczną:

i. $2 e^{i\pi/3}$

ii. $\sqrt{2} e^{i \cdot 5\pi/4}$

iii. $e^{i\pi}$

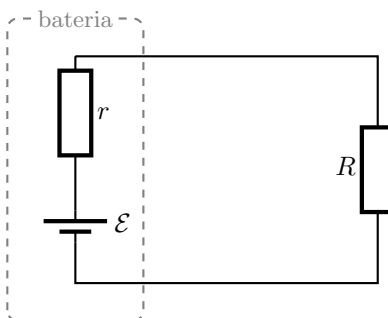
d) Narysuj na płaszczyźnie zespolonej figurę opisaną parametrycznie przez

$$z(t) = e^{it}, \quad t \in [0, 2\pi].$$

Jaka to figura i dlaczego? Zaznacz punkty odpowiadające $t = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$.

Zadanie 3a – Dopasowanie impedancyjne (rzeczywiste)

- a) Narysowana poniżej bateria o SEM \mathcal{E} i oporze wewnętrznym r zasila odbiornik R . Jaka musi być zależność między r a R , aby moc oddawana do odbiornika była maksymalna?



Impedancja

Definicja. Impedancja to uogólnienie pojęcia oporu elektrycznego na obwody prądu przemiennego. Jest liczbą zespoloną postaci $Z = R + jX$, gdzie R to *rezystancja* (część rzeczywista), a X to *reaktancja* (część urojona). Jednostką impedancji jest om $[\Omega]$.

Impedancje elementów podstawowych (przy częstotliwości kątovej $\omega = 2\pi f$):

$$Z_R = R, \quad Z_L = j\omega L, \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C}$$

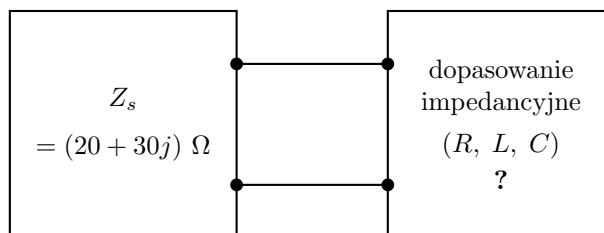
Rezystor ma impedancję czysto rzeczywistą, cewka i kondensator — czysto urojoną (i przeciwnych znaków).

Łączenie impedancji działa tak samo jak łączenie oporników:

$$Z_{\text{szere}} = Z_1 + Z_2, \quad \frac{1}{Z_{\text{rown}}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

Zadanie 3b – Dopasowanie impedancyjne (zespolone)

- b) Poniżej przedstawiono dwa czwórnik połączone ze sobą dwoma kablami. Lewy czwórnik posiada impedancję wyjściową $Z_s = (20 + 30j) \Omega$ dla $f = 100\text{MHz}$. Korzystając z rezystorów, kondensatorów i cewek, skonstruuj prawy czwórnik tak, aby zapewnić dopasowanie impedancyjne.

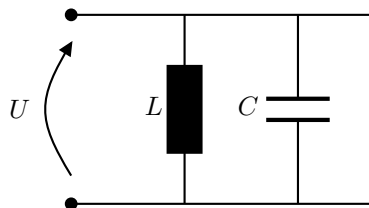


Wskazówki

- Żeby znaleźć ekstremum funkcji, wystarczy obliczyć jej pochodną i przyrównać do zera.
- W **3b**) warunek dopasowania impedancyjnego jest taki sam jak w **3a**), tylko prawa strona musi być dodatkowo sprzężeniem zespolonym.

Zadanie 4 – Obwód rezonansowy LC

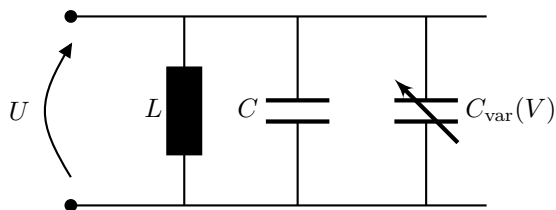
- a) Poniżej przedstawiono równoległy obwód LC z $L = 10\text{ mH}$, $C = 28,1\ \mu\text{F}$. Wyznacz wzór na częstotliwość rezonansową f_0 i oblicz jej wartość.



- b) Do obwodu z punktu a) dołącz równolegle kondensator o pojemności zależnej od napięcia:

$$C_{\text{var}}(V) = C \cdot V,$$

tzn. pojemność zmienia się liniowo od 0 (przy $V = 0$) do C (przy $V = 1\text{ V}$). Przyjmij, że $V(t)$ jest falą prostokątną o zakresie 0–1 V i częstotliwości 100 Hz.



Opisz, jak dołączenie $C_{\text{var}}(V)$ wpłynie na częstotliwość rezonansową układu. Narysuj wynikową falę $f_0(t)$.

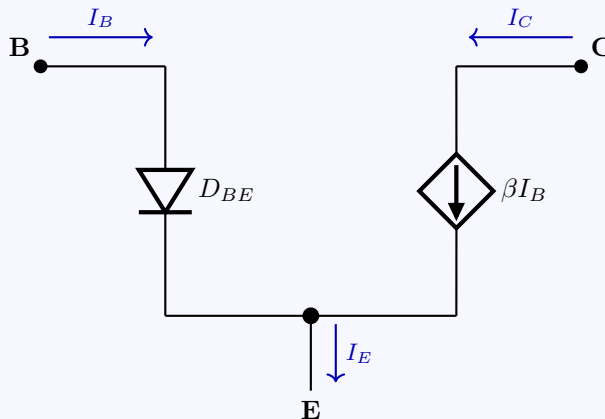
Zadanie 5 – Tranzystor bipolarny (BJT)

Model stałoprądowy (DC) tranzystora NPN

Model stałoprądowy zastępuje tranzystor NPN dwoma elementami:

- **Dioda** D_{BE} (między bazą a emiterem): modeluje złącze baza-emiter. Tranzystor zaczyna przewodzić, gdy $V_{BE} \approx 0,7\text{ V}$.
- **Sterowane źródło prądowe** $I_C = \beta I_B$ (między kolektorem a emiterem): prąd kolektora jest β -krotnie większy od prądu bazy. Parametr $\beta = h_{FE}$ to wzmocnienie prądowe tranzystora – typowo 50–500.

Z praw Kirchhoffa: $I_E = I_B + I_C = (1 + \beta) I_B$.

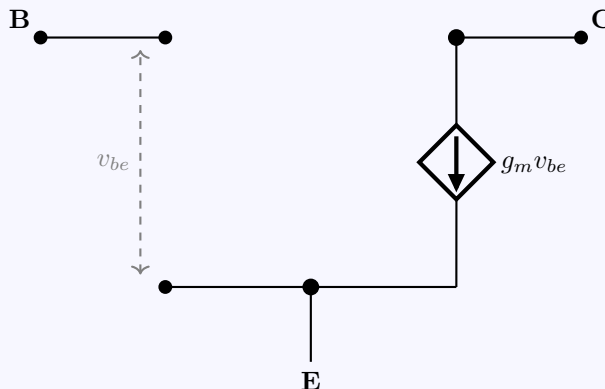


Uproszczony model małosygnalowy tranzystora NPN

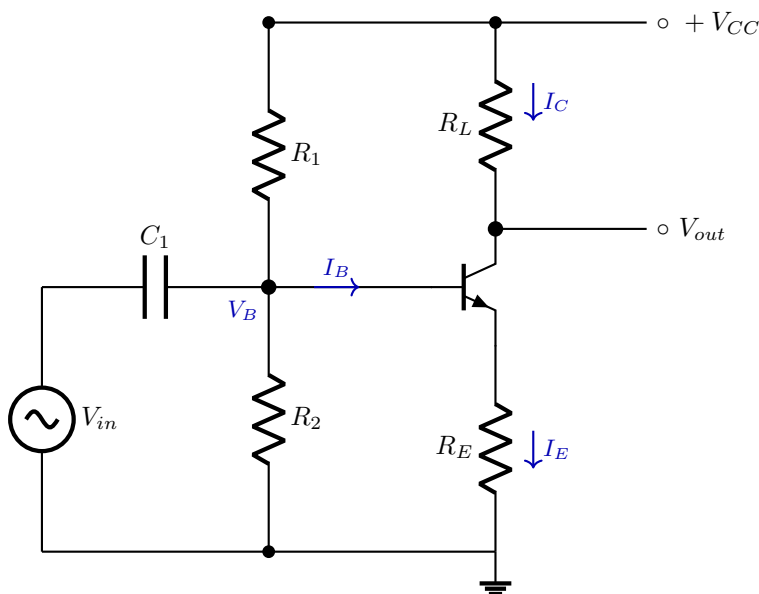
Przy małych sygnałach zmiennych tranzystor zastępujemy **sterowanym źródłem prądowym**. Napięcie v_{be} (między bazą a emiterem) steruje prądem kolektora:

$$i_c = g_m v_{be}, \quad g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T}$$

gdzie $V_T = kT/q \approx 26\text{ mV}$ (temperatura pokojowa), a I_{CQ} to prąd kolektora w punkcie pracy DC.



Polecenie:



Dla przedstawionego powyżej układu wzmacniacza w konfiguracji wspólnego emitera (CE), oblicz wzmocnienie napięciowe sygnału:

$$A_u = \left| \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} \right|$$

Przyjmij następujące wartości parametrów:

- Rezystory: $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3,6 \text{ k}\Omega$, $R_L = 1,2 \text{ k}\Omega$, $R_E = 220 \Omega$
- Tranzystor: $\beta = 100$
- Zasilanie: $V_{CC} = 12 \text{ V}$

Wskazówka do obliczeń

Aby rozwiązać to zadanie, wykonaj następujące kroki:

1. **Analiza stałoprądowa (DC):** Wyznacz punkt pracy tranzystora.

- Przyjmij, że kondensatory stanowią przerwę dla prądu stałego.
- Oblicz napięcie na bazie V_B korzystając ze wzoru na dzielnik napięcia (R_1, R_2).
- Wyznacz napięcie na emiterze $V_E = V_B - V_{BE}$.
- Oblicz prąd emitera $I_E = V_E/R_E$, a następnie przyjmij prąd kolektora $I_{CQ} \approx I_E$.

2. **Analiza małosygnalowa (AC):**

- Wyznacz transkonduktancję tranzystora: $g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T}$.
- Skorzystaj z uproszczonego modelu małosygnalowego. Pamiętaj, że dla sygnałów zmiennych źródło V_{CC} jest "zwierane" do masy, a kondensatory są zwarciami.

Test BHP

Zaznacz wszystkie poprawne odpowiedzi. Pamiętaj, że żeby dostać się warsztaty musisz zaliczyć test BHP (sorry, ale Artur kazał).

1. Twój kolega wpadł na pomysł aby podczas warsztatów zakłócić popularną stację radiową. Co robisz?
 - A. Nic bo dobra beka.
 - B. Zabraniasz mu tego bo jak nas znajdzie Urząd Komunikacji Elektronicznej za pomocą anten kierunkowych to przyjadą po nas pały.
 - C. W wzmacacniku RF rozstrajasz filtr antenowy aby lepiej siało harmonicznymi.
 - D. Idzisz kminić jakie audio tam odtworzyć aby żart był lepszy.
2. Co zrobić kiedy walną korki?
 - A. Iść na recepcję i powiedzieć, że kolega wsadził widelec w gniazdko.
 - B. Iść na recepcję i powiedzieć, że kolega wsadził widelec do tosterka.
 - C. Zawołać Artura, żeby to ogarnął tak, by nie było przypału.
 - D. Iść podpiąć układ do innego gniazdka, żeby zobaczyć czy to nie problem sieci energetycznej.
3. Poskładałeś układ, chcesz go podłączyć żeby zobaczyć czy działa, co robisz?
 - A. Podpinam do zasilacza i YOLO.
 - B. Sprawdzam miernikiem czy chociaż na zasilaniu nie ma zwarcia.
 - C. Podpinam do gniazdka bo pewnie i tak wytrzyma.
 - D. Najpierw podpinam do laptopa kolegi, aby nie rozwalić swojego.
4. Widzisz, że z układ jest gorący i leci z niego dym, co robisz?
 - A. Idę po ser, żeby mieć wędzony.
 - B. Polewam układ wodą, gdy jest jeszcze pod prądem, żeby zrobić większe zwarcie.
 - C. Wyciągam wtyczkę i biegnę po "Loczka" (mnie) lub kogokolwiek innego z organizatorów.
 - D. Wciskam czerwony przycisk pożarowy (tzw. "Przycisk zakończ obóz").
5. Za który koniec należy trzymać lutownicę?
 - A. Za kabel, bo wiadomo, że opuszczana na linie działa najlepiej.
 - B. Jak najbliżej grotu, bo wtedy najłatwiej się trafia.
 - C. Kombinerkami, bo strach.
 - D. Za plastik na kolbie.
6. Koledze lutownica spadła na spodnie, co robisz?
 - A. Biegnę po Artura, żeby mu powiedzieć, że człowiek umiera.
 - B. Dzwonię na pogotowie.
 - C. Podnoszę lutownicę za kolbę.
 - D. Zalewam kolegę topnikiem, żeby cyna lepiej spływała.
7. W układzie wystąpił wybuch, co robisz?
 - A. Biegnę po nowe komponenty bo trzeba będzie wymienić.
 - B. Wyjmuję wtyczkę z gniazdka, żeby podłoga się nie zapaliła.
 - C. Sprawdzam palcami co jest jeszcze ciepłe, bo pewnie też trzeba będzie wymienić.
 - D. Robię sobie selfie z resztkami układu, jako że nie często można sobie strzelić zdjęcie z trupem.

8. Chcesz sobie zrobić tosta w czasie zajęć, co robisz?
- A. Mówię Loczkowi, że idę użyć tostera.
 - B. Wychodzę nic nikomu nie mówiąc.
 - C. Podgrzewam tosta lutownicą.
 - D. Wyciągam z pudełka kilowatową żarówkę, bo mówili, że działa lepiej niż toster i podgrzewam go w rękach.
9. Napisz krótko, jaką falą chciałbyś być i dlaczego?

Przesyłanie rozwiązań

Rozwiązania przesyłamy przez stronę warsztatów.

W razie wątpliwości - śmiało piszcie do nas na michalszak@gmail.com i krzys_h@interia.pl (najlepiej do obu na raz).