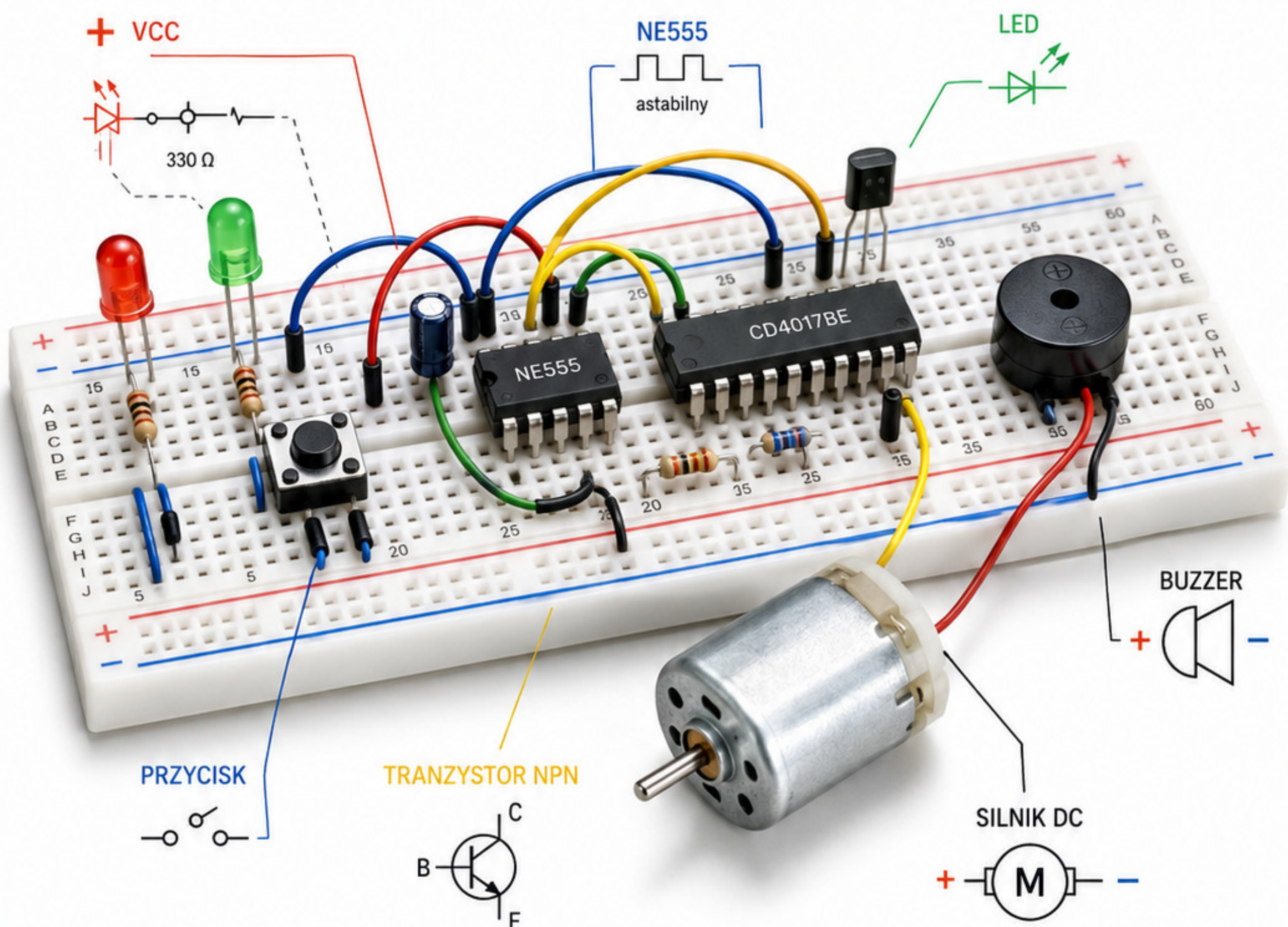


16 praktycznych układów do zbudowania na płytce stykowej

Wizualny przewodnik od podstaw do samodzielnego montażu, testowania i zrozumienia układów niskonapięciowych

LED ● przyciski ● czujniki ● tranzystory ● silnik DC ● NE555 ● CD4017



Prawa autorskie i ważne zasady bezpieczeństwa

1 Prawa autorskie i przeznaczenie materiału

- Wszelkie prawa zastrzeżone.
- Niniejszy materiał ma charakter edukacyjny i jest przeznaczony do celów nauki oraz rozwoju umiejętności praktycznych.
- Kopiowanie, rozpowszechnianie lub udostępnianie treści bez zgody autora jest zabronione.
- Dozwolone jest kopiowanie wyłącznie na własny użytek edukacyjny za zgodą autora.
- Wszelkie prace praktyczne wykonujesz na własną odpowiedzialność. Autor nie ponosi odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikające z wykorzystania materiału.



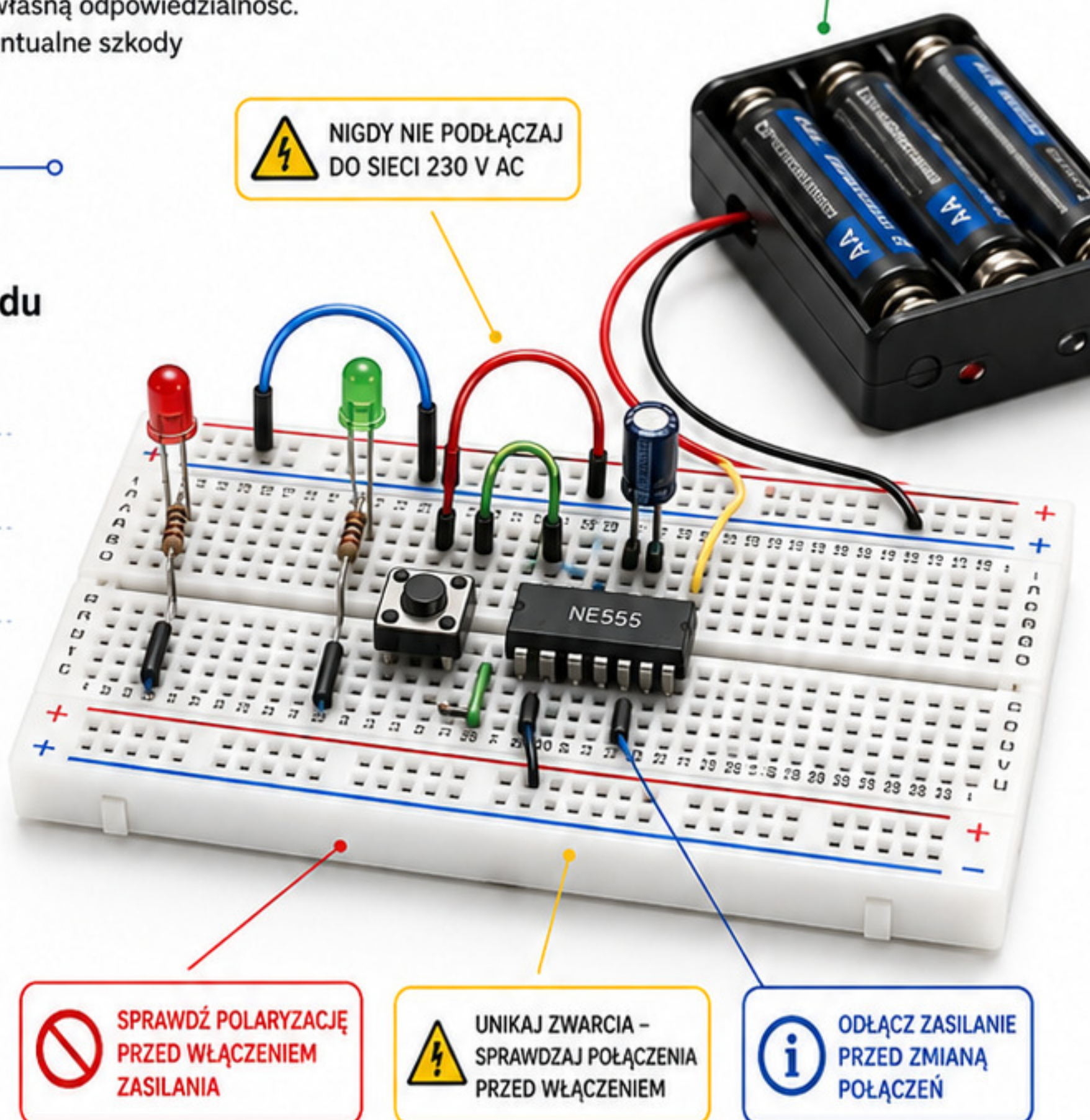
STOSUJ NISKIE NAPIĘCIE
DO 12 V DC



NIGDY NIE PODŁĄCZAJ
DO SIECI 230 V AC

2 Zasady bezpieczeństwa przed uruchomieniem układu

1. Pracuj wyłącznie z niskim napięciem (do maks. 12 V DC).
2. Nigdy nie podłączaj układów do sieci 230 V AC.
3. Przed zmianą połączeń zawsze odłącz zasilanie.
4. Przed włączeniem zasilania sprawdź poprawność polaryzacji.
5. Stosuj rezystor szeregowy z diodą LED.
6. Unikaj zwarcia – mogą uszkodzić elementy i źródło zasilania.
7. Nie przegrzewaj elementów – pracuj zgodnie z ich parametrami.
8. Jeśli coś zacznie się nagrzewać lub pojawi się zapach spalenizny – natychmiast odłącz zasilanie.



SPRAWDŹ POLARYZACJĘ
PRZED WŁĄCZENIEM
ZASILANIA



UNIKAJ ZWARCIA –
SPRAWDZAJ POŁĄCZENIA
PRZED WŁĄCZENIEM



ODŁĄCZ ZASILANIE
PRZED ZMIANĄ
POŁĄCZEŃ

Spis treści

00	Okładka	00
01	Prawa autorskie i ważne zasady bezpieczeństwa	01
02	Spis treści	02
03	Wprowadzenie — od schematu do działającego układu	03

MODUŁ 01 — Zanim zbudujesz pierwszy układ **04–08**

Układ 01	Płytką stykową i elementy elektroniczne	04–05
Układ 05	Pierwszy układ: LED z rezystorem	06–08

MODUŁ 02 — LED, przyciski i podstawowe połączenia **09–17**

Układ 09	Sterowanie LED przyciskiem	09–11
Układ 13	Dwie diody LED sterowane niezależnie	12–14
Układ 16	Wskaźnik LED z dwoma przyciskami	15–17

MODUŁ 03 — Czujniki: układ reaguje na otoczenie **18–26**

Układ 17	Czujnik światła (LDR)	18–20
Układ 20	Czujnik temperatury (NTC)	21–23
Układ 23	Czujnik dźwięku (mikrofon elektretowy)	24–26

MODUŁ 04 — Tranzystory, brzęczyki i silniki **27–35**

Układ 27	NPN jako przełącznik LED	27–29
Układ 30	Brzęczyk z tranzystorem	30–32
Układ 33	Sterowanie silnikiem DC	33–35

MODUŁ 05 — Timer NE555 i automatyka **36–44**

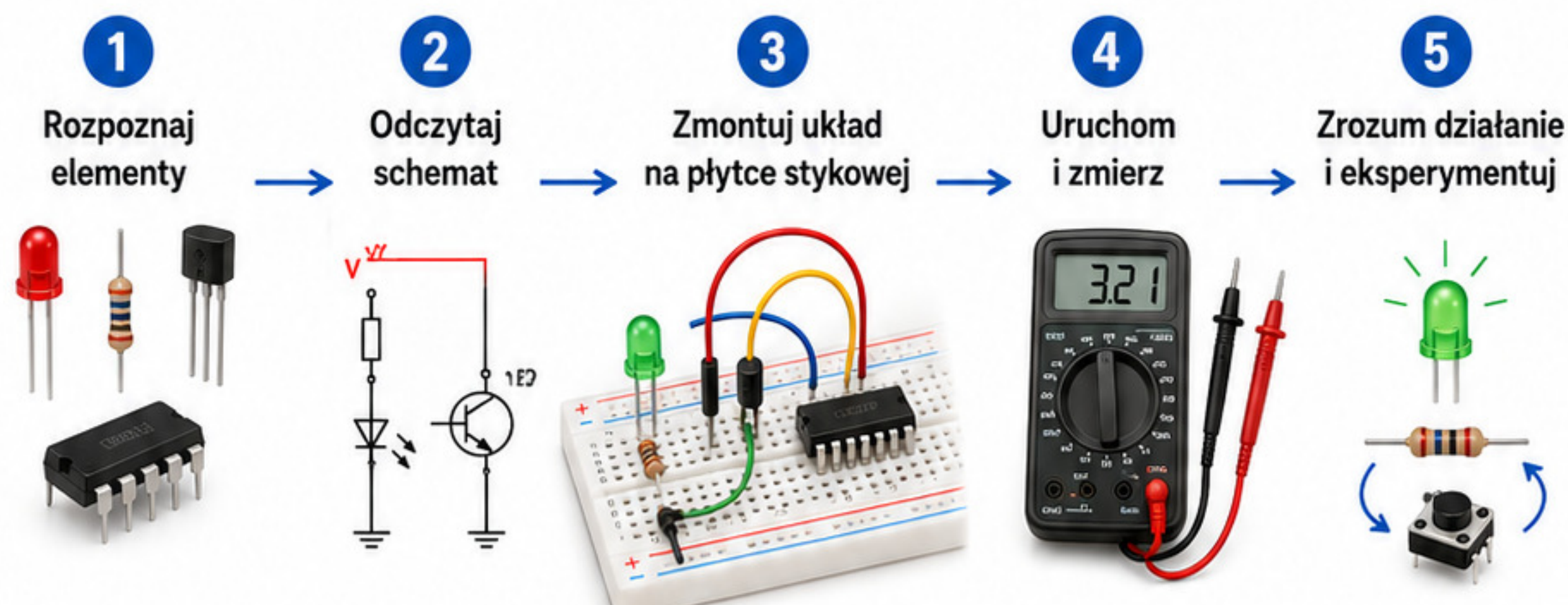
Układ 36	Migacz LED na NE555	36–38
Układ 39	Generator impulsów	39–41
Układ 42	Przełącznik czasowy	42–44

MODUŁ 06 — Testuj, naprawiaj i eksperymentuj **45–49**

Układ 45	Tester diod LED	45
Układ 46	Tester tranzystorów	46
Układ 47	Znajdź błąd w układzie	47
Układ 48	Łączenie układów — własny projekt	48
Układ 49	Co dalej? Twoje kolejne kroki	49

Wprowadzenie — od schematu do działającego układu

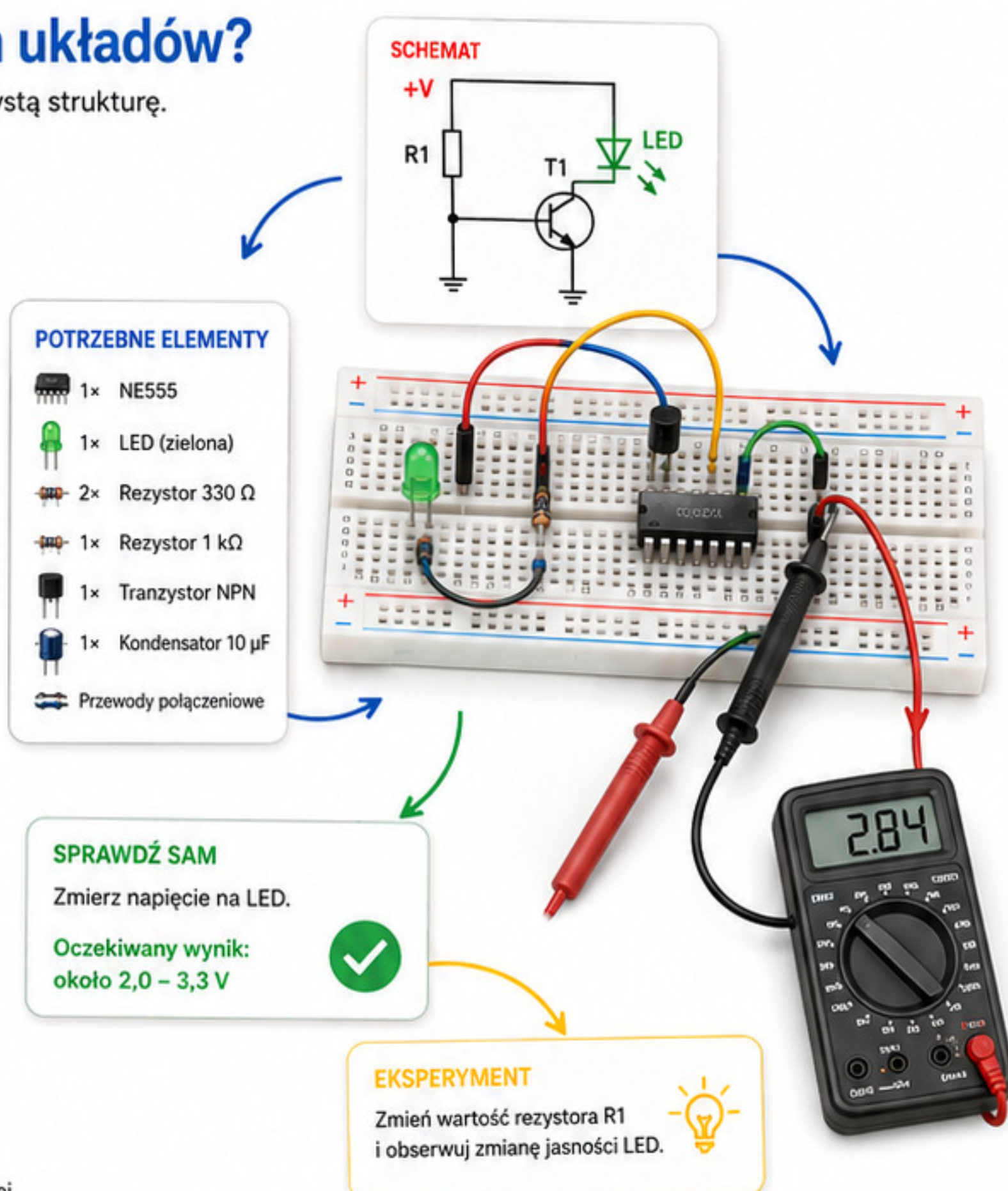
Ten przewodnik pokaże Ci, jak przejść od teorii do praktyki. Nauczysz się rozpoznawać elementy elektroniczne, czytać schematy i z łatwością montować działające układy na płytce stykowej. Każdy projekt to krok w stronę większego zrozumienia elektroniki i budowania pewności siebie.



Co znajdziesz na stronach układów?

Każdy projekt w przewodniku ma tę samą, przejrzystą strukturę.

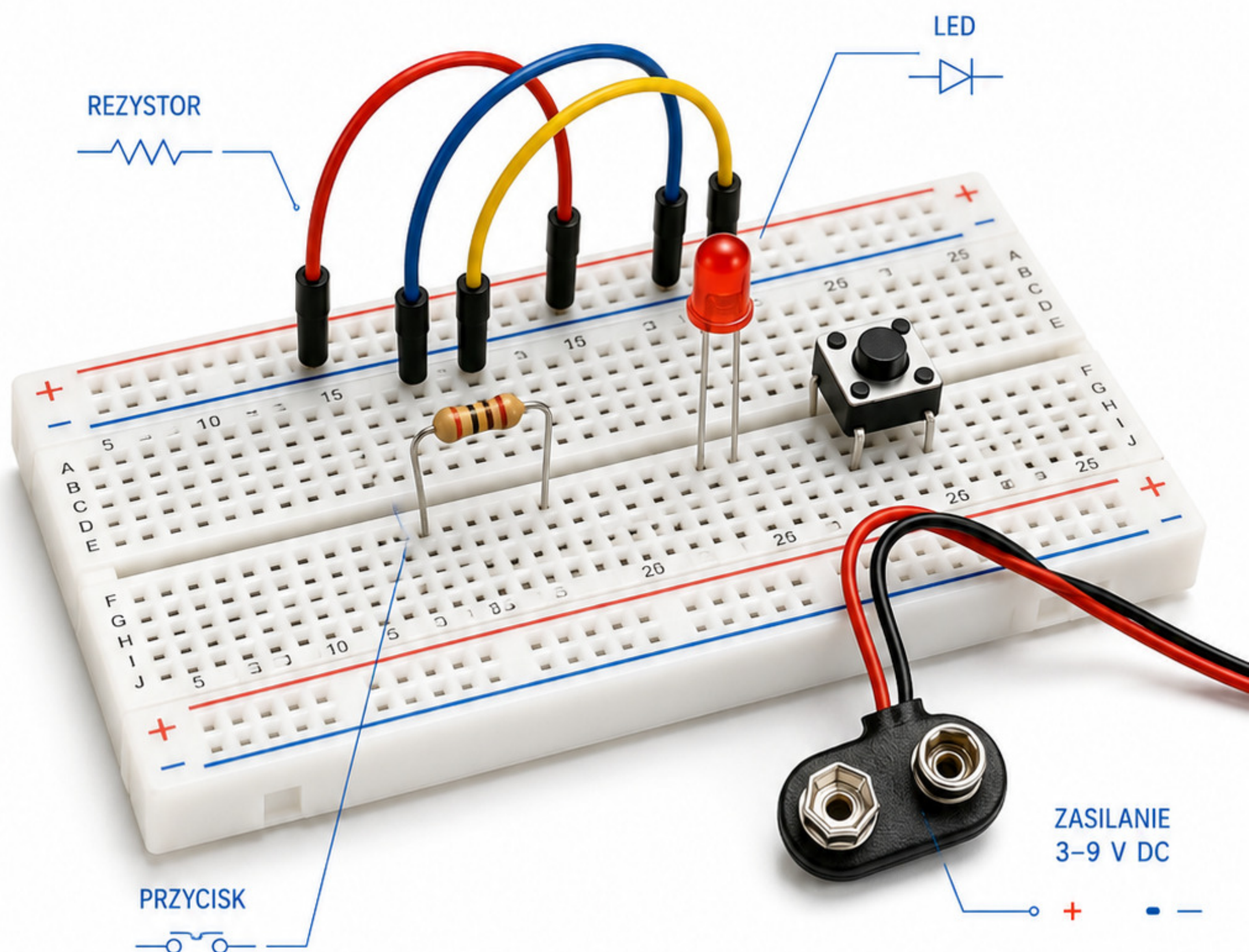
- Potrzebne elementy**
Lista wszystkich elementów i ich wartości.
- Schemat**
Czytelny schemat elektryczny układu.
- Montaż krok po kroku**
Jak połączyć elementy na płytce stykowej, krok po kroku.
- Jak to działa?**
Wyjaśnienie zasady działania w prostych słowach.
- Sprawdź sam**
Proste testy, które potwierdzą, że układ działa poprawnie.
- Najczęstsze błędy**
Na co zwrócić uwagę i jak uniknąć typowych pomyłek.
- Eksperyment**
Pomysły na modyfikacje i dalsze zabawy z układem.



MODUŁ

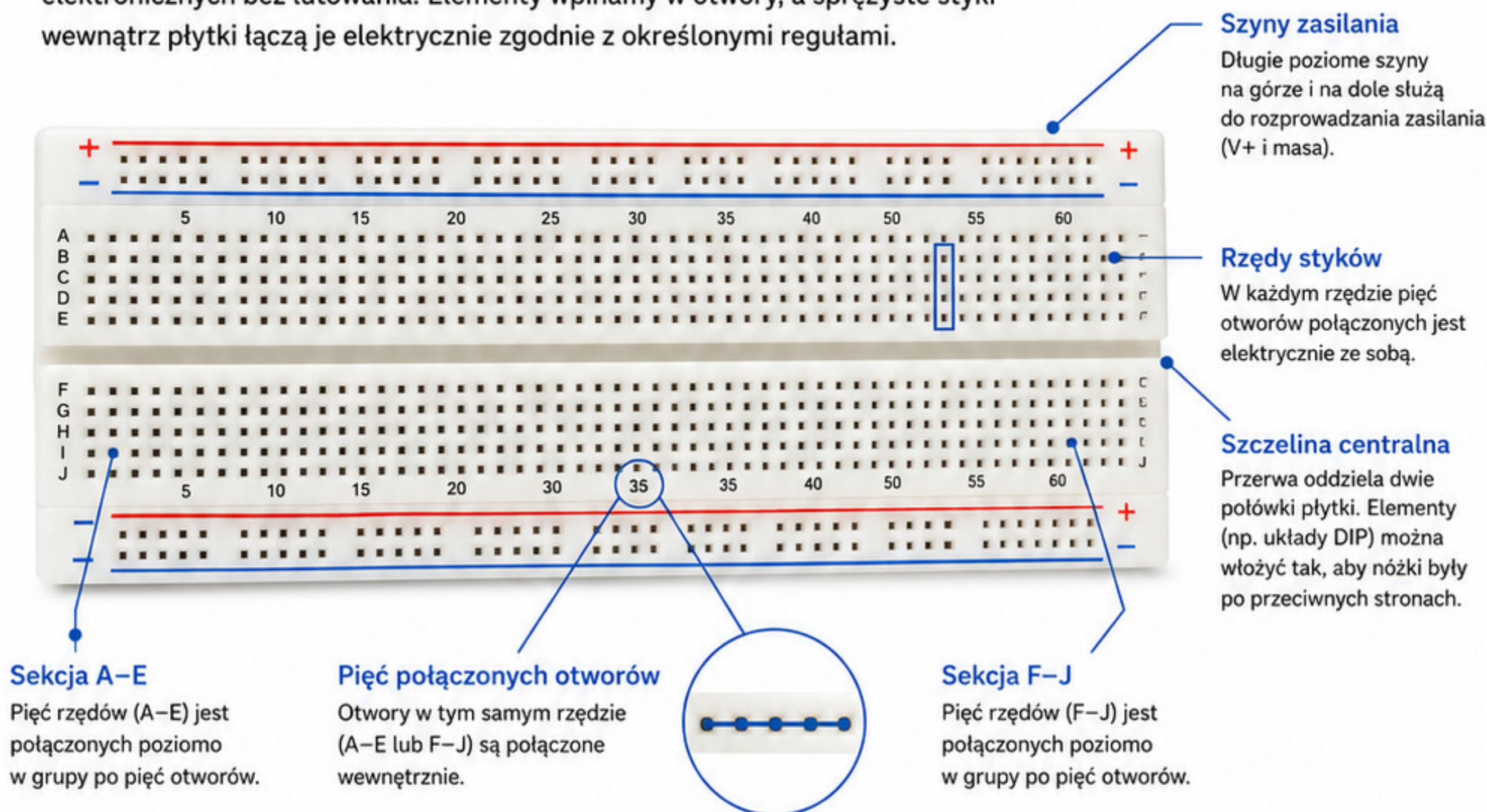
01 Zanim zbudujesz pierwszy układ

Poznaj płytkę stykową, podstawowe elementy, zasady bezpiecznego zasilania i sposób przechodzenia od schematu do poprawnego montażu.



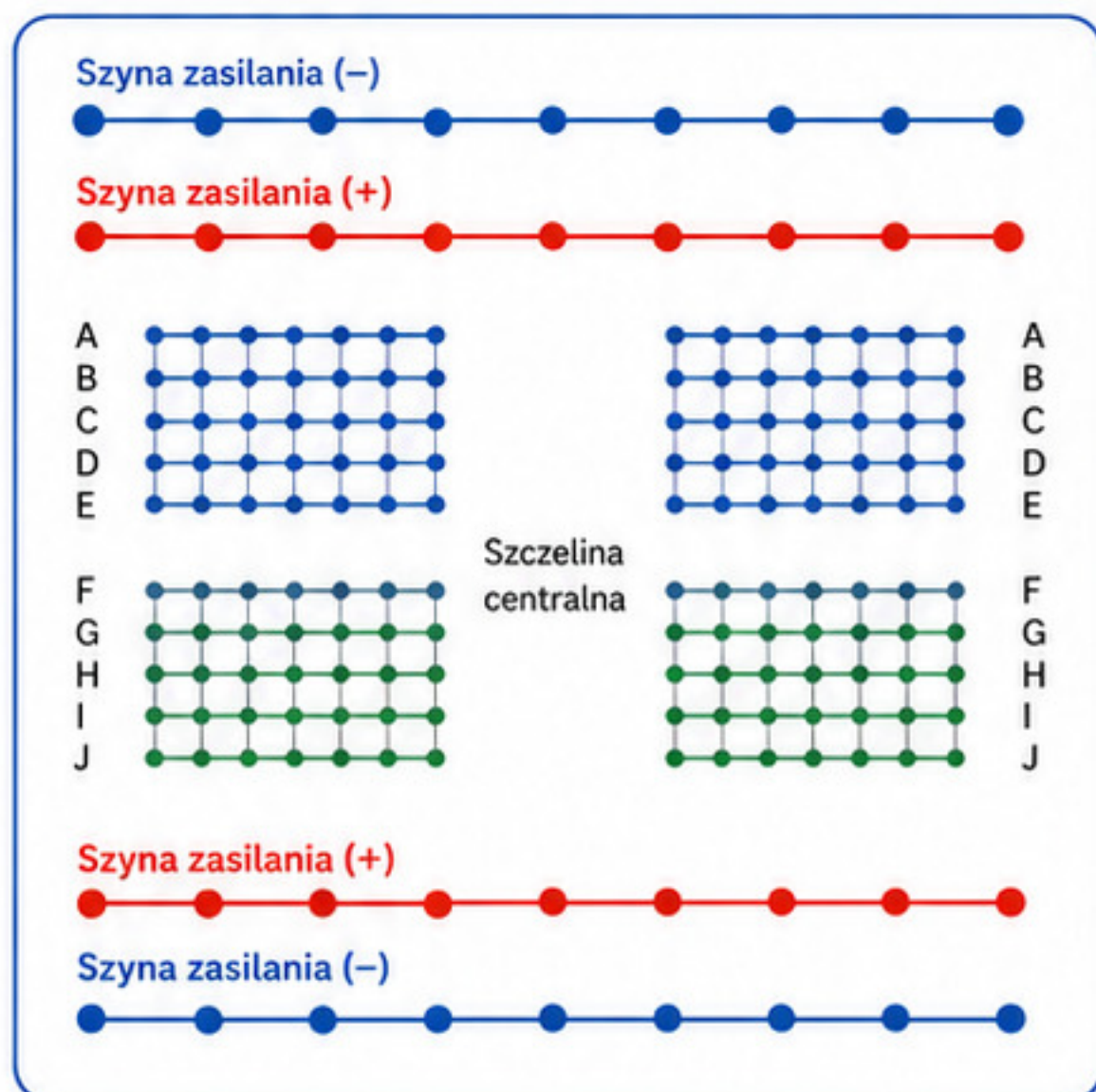
Jak działa płytka stykowa

Płytkę stykową (ang. breadboard) umożliwia szybkie prototypowanie układów elektronicznych bez lutowania. Elementy wpinamy w otwory, a sprężyste styki wewnątrz płytki łączą je elektrycznie zgodnie z określonymi regułami.



Jak połączone są otwory?

Wewnątrz płytki styki łączą otwory według poniższego schematu.



Dlaczego szczelina jest ważna?

Umożliwia włożenie układów scalonych w obudowach DIP (takich jak NE555 czy CD4017) tak, aby ich nóżki znalazły się po przeciwnych stronach płytki i nie były ze sobą połączone.



Najczęstsze błędy początkujących

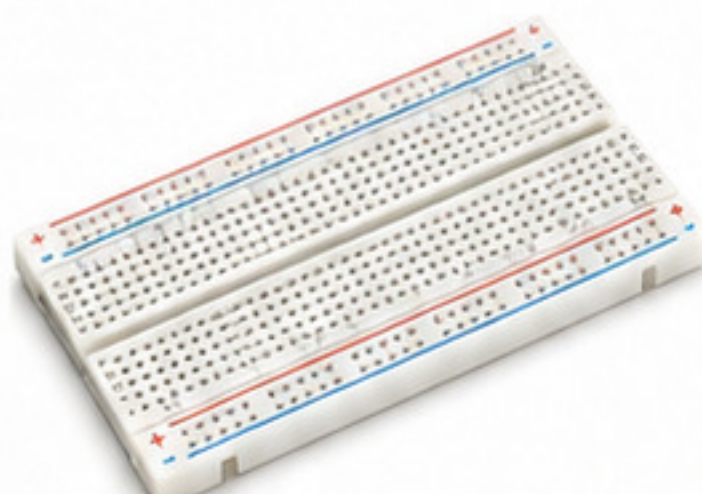
- Włożenie układu scalonego „na mostku” (bez szczeliny) – nóżki z jednej strony mogą zostać zwarte.
- Podłączenie zasilania do szyn o tych samych znakach po obu stronach płytki (+ do +, – do –).
- Brak wspólnej masy (GND) – układ nie zadziała.
- Pomyłka w rzędach – elementy w różnych rzędach nie są połączone.



Zapamiętaj

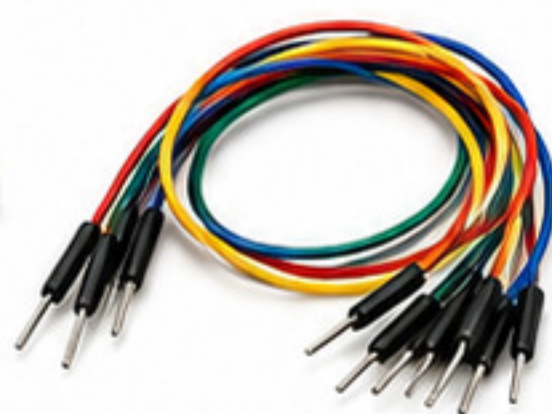
- W każdym rzędzie (A–E lub F–J) pięć otworów jest połączonych.
- Szyny zasilania biegną wzdłuż górnej i dolnej krawędzi.
- Szczelina centralna służy do montażu układów DIP.
- Zawsze sprawdzaj połączenia przed włączeniem zasilania.

06 Elementy, które musisz rozpoznawać



Płytki stykowej

Ułatwia prototypowanie bez lutowania.



Przewody połączeniowe

Służą do łączenia elementów na płytce.



Rezystor

Ogranicza prąd, dzieli napięcie – ważna jest jego wartość.



Dioda LED

Emituje światło po spolaryzowaniu w kierunku przewodzenia.



Przycisk chwilowy

Zwiera obwód tylko podczas naciśnięcia.



Kondensator elektrolityczny

Magazynuje ładunek, ważna jest polaryzacja.



Fotorezystor LDR

Zmienna rezystancja zależna od natężenia światła.



Termistor NTC

Rezystancja maleje wraz ze wzrostem temperatury.



Kontaktron

Zamyka obwód w obecności pola magnetycznego.



Tranzystor NPN

Umożliwia włączanie większych prądów sterujących.



Brzęczyk

Zamienia sygnał elektryczny na dźwięk.



Silnik DC

Zamienia energię elektryczną na ruch obrotowy.



Układ NE555

Generator impulsów i timer – bardzo uniwersalny.



Licznik CD4017

Licznik dziesiętny sterujący kolejnymi wyjściami.



Dioda zabezpieczająca

Chroni przed odwrotną polaryzacją i przepięciami.



Multimetr

Pomiar napięcia, prądu, oporu – podstawa diagnostyki.

Na co zwracać uwagę?



Polaryzacja

LED, kondensator, dioda i brzęczyk mają bieguny. Sprawdź oznaczenia.



Wartości elementów

Rezystory oznaczone paskami. Sprawdź wartość przed użyciem.



Orientacja wyprowadzeń

Układy scalone i tranzystory mają określone pinouty. Uważaj na wcięcia i kropki.



Oznaczenia na obudowie

Numery i symbole mówią, z jakim elementem masz do czynienia.

07 Bezpieczne zasilanie układów niskonapięciowych

Prawidłowe zasilanie to podstawa bezpiecznej i niezawodnej pracy układów na płytce stykowej. Stosuj tylko niskie napięcia stałe (DC) z pewnych źródeł i zawsze przestrzegaj zasad bezpieczeństwa.

DOPUSZCZALNE ŹRÓDŁA ZASILANIA

✓ Uchwyt na baterie

Baterie 2×AA (3 V)
lub 1×9 V

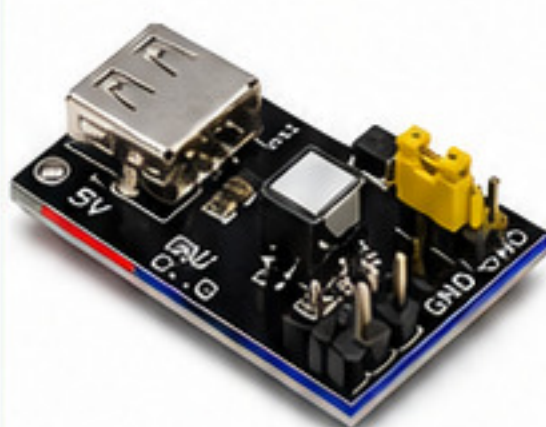


- ✓ Niskie napięcie
- ✓ Przenośne
- ✓ Bezpieczne

Zalecane do nauki
i prototypów

✓ Moduł USB 5 V

Zasilacz USB 5 V
(min. 500 mA)



- ✓ Stabilne 5 V
- ✓ Wygodne w użyciu
- ✓ Szeroko dostępne

Idealne do większości
układów logicznych

✓ Zasilacz laboratoryjny

Ustaw na niskie napięcie
np. 0–12 V DC



- ✓ Płynna regulacja
- ✓ Kontrola prądu
- ✓ Najbezpieczniejszy wybór

Najlepszy do testów
i eksperymentów

✗ Sieć 230 V AC

**NIGDY nie podłączaj
bezpośrednio do płytki
stykowej!**



- Śmiertelne zagrożenie
- Ryzyko pożaru
- Uszkodzenie układów

**BEZWZGLĘDNE
ZABRONIONE!**

PRZED PODANIEM ZASILANIA

- Sprawdź polaryzację: „+” do „+”, „-” do „-”.
- Upewnij się, że napięcie źródła jest zgodne z wymaganiami układu.
- Odłącz zasilanie przed każdą zmianą połączeń.
- Ustaw zasilacz laboratoryjny na minimalne napięcie i stopniowo je zwiększaj.
- Sprawdź połączenia pod kątem **zwarc.**
- Upewnij się, że wszystkie elementy są wpięte poprawnie i stabilnie.

TYPOWE NAPIĘCIA ROBOCZE

Układy logiczne (TTL/CMOS)	3,0–5,0 V
Mikrokontrolery (np. Arduino)	5,0 V
Czujniki, moduły	3,3–5,0 V
Układy analogowe, wzmacniacze	5–12 V
Silniki DC (małe)	3–12 V
Oświetlenie LED	1,8–3,3 V

Zawsze sprawdź kartę katalogową elementu!

SYGNAŁY OSTRZEGAWCZE

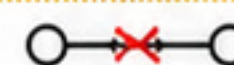
- Elementy nagrzewają się nienaturalnie.
- Pojawia się zapach spalenizny.
- Układ przestaje działać lub działa jestabilnie.
- Zasilacz ogranicza prąd lub się wyłącza.
- Diody LED świecą znacznie jaśniej niż zwykle.

**WYSTĄPIENIE TYCH OBJAWÓW –
NATYCHMIAST ODŁĄCZ ZASILANIE!**



SZYBKĄ LISTĄ KONTROLNĄ PRZED WŁĄCZENIEM ZASILANIA

- 1 Czy napięcie źródła zgadza się z wymaganiami układu?
- 2 Czy polaryzacja jest poprawna?
- 3 Czy nie ma zwarc między szynami „+” i „-”?
- 4 Czy połączenia są stabilne i elementy wpięte prawidłowo?
- 5 Czy prąd pobierany przez układ jest w dopuszczalnym zakresie?
- 6 Czy w pobliżu są materiały łatwopalne lub przewody pod napięciem?



Zasada złota: zaczynaj od najniższego napięcia, obserwuj działanie układu i zawsze zachowuj ostrożność.

08 Jak przejść od schematu do montażu

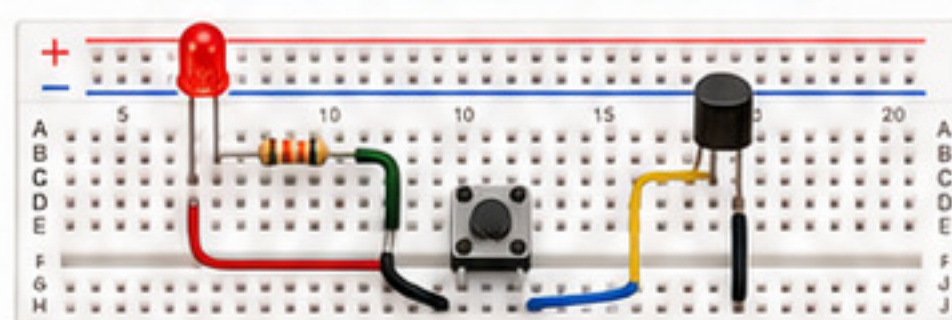
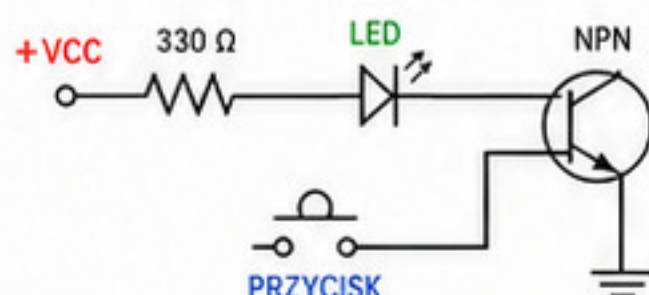
Krok po kroku: od czytelnego schematu do działającego układu na płytce stykowej.

SCHEMAT IDEOWY

MONTAŻ NA PŁYTCIE STYKOWEJ

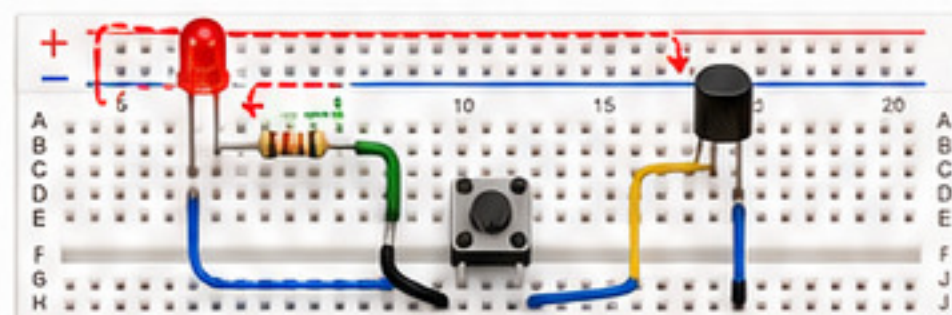
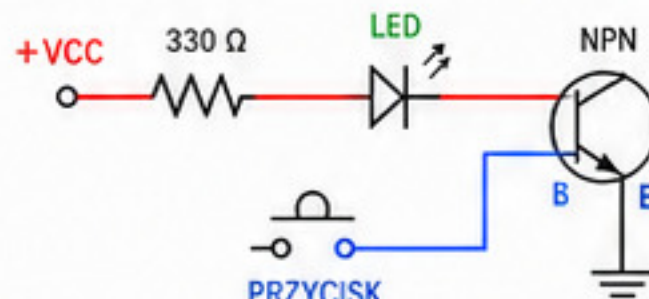
1 Rozpoznaj symbole

Zidentyfikuj elementy i ich funkcję.



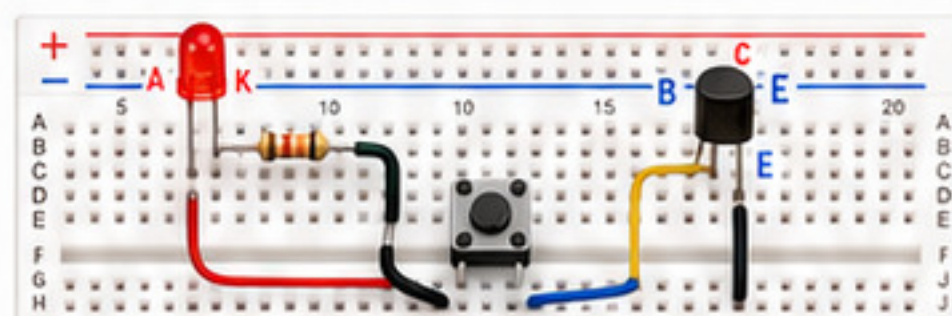
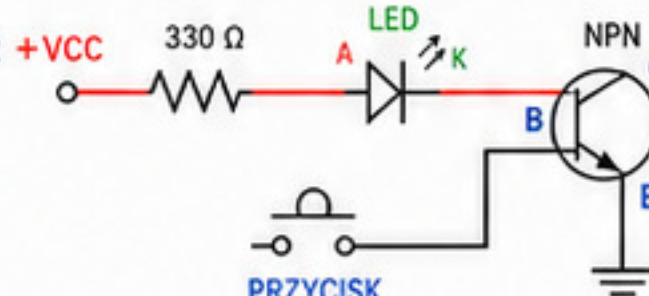
2 Zidentyfikuj połączenia

Śledź ścieżki od źródła zasilania do masy.



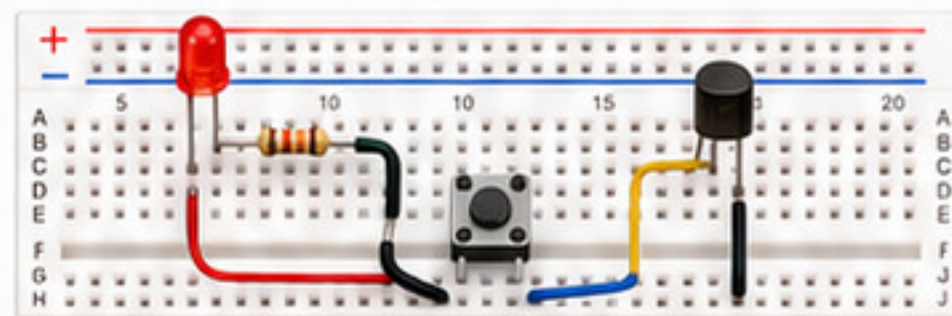
3 Znajdź biegunowość i orientację

Sprawdź polaryzację LED, kondensatorów i kierunek tranzystora.



4 Rozmieść elementy na płytce

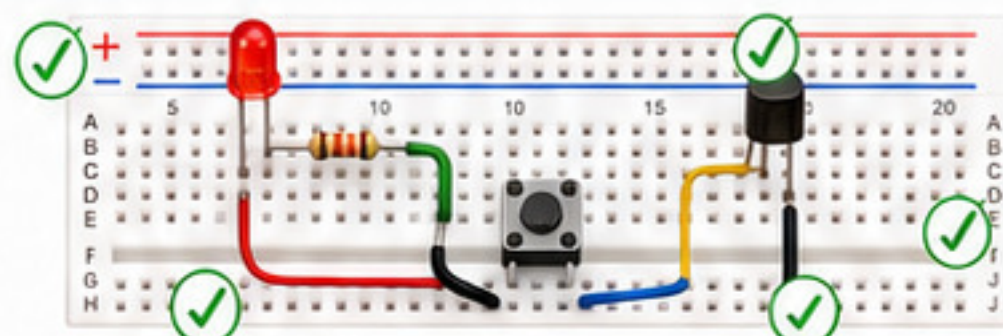
Umieść elementy tak, aby było czytelnie i wygodnie.



5 Sprawdź połączenia

Upewnij się, że wszystkie połączenia są zgodne ze schematem.

- ✓ Zasilanie podłączone?
- ✓ Masa podłączona?
- ✓ Wszystkie elementy we właściwych miejscach?
- ✓ Biegunowość poprawna?
- ✓ Brak zwarc i luźnych przewodów?

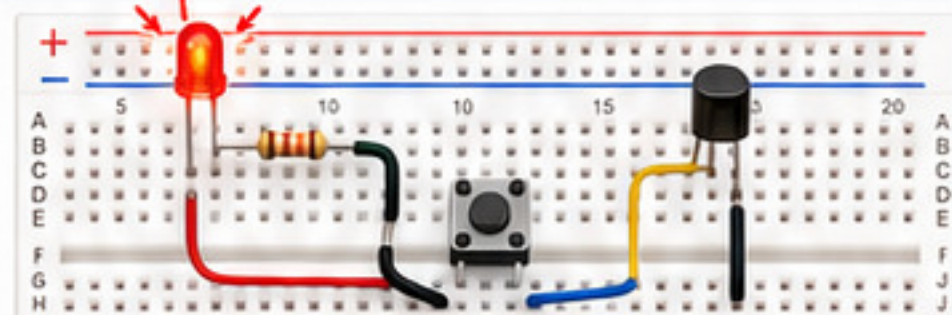


6 Uruchom i wykonaj pierwszy test

Włącz zasilanie i sprawdź, czy układ działa zgodnie z założeniami.

Po włączeniu zasilania LED powinna się zaświecić (po naciśnięciu przycisku).

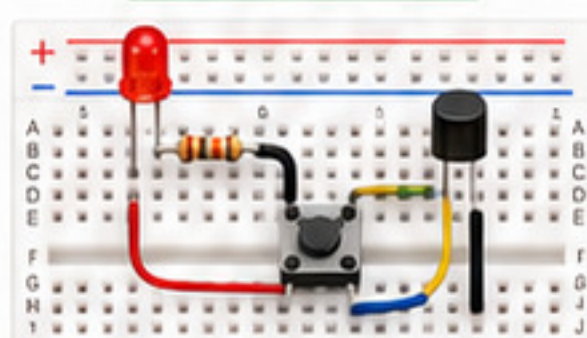
 Zawsze rozpocznij test od niskiego napięcia.



Praktyczna metoda pracy

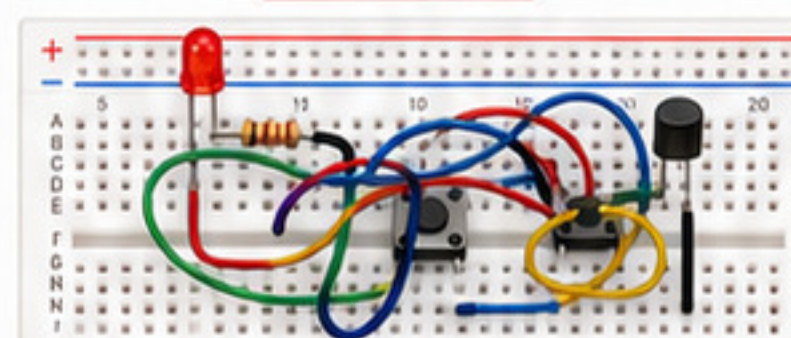
-  Zaczynaj od szyn zasilania (+ i -).
-  Najpierw rozmieszczaj elementy główne, potem przewody sygnałowe.
-  Przewody prowadź krótko i estetycznie.
-  Sprawdzaj każde połączenie osobno.
-  Zanim włączysz zasilanie, porównaj montaż ze schematem.

poprawnie



- ✓ Czytelny układ
- ✓ Krótkie przewody
- ✓ Łatwy w serwisie

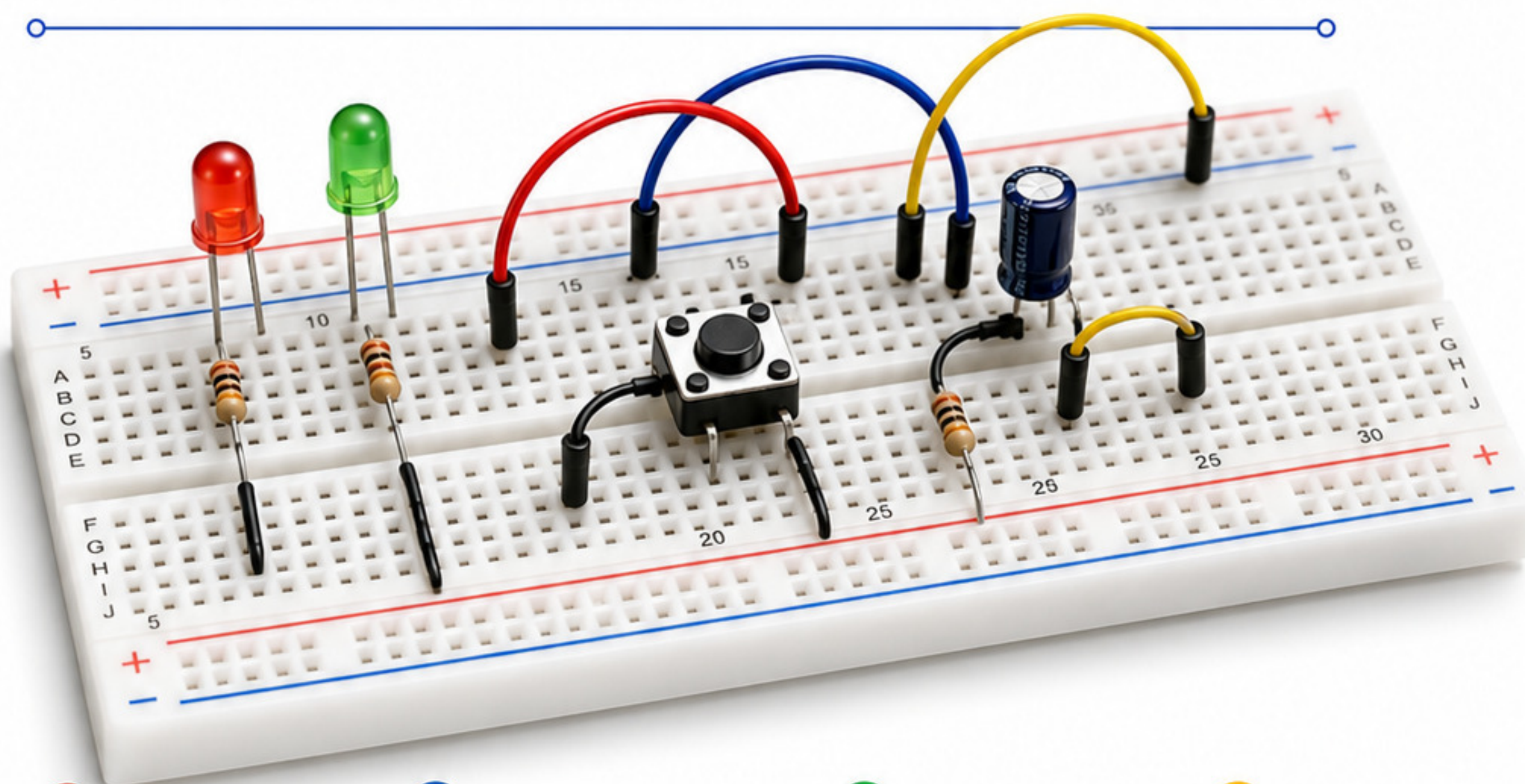
błąd



- ✗ Nieczytelny układ
- ✗ Długie i krzyżujące się przewody
- ✗ Trudny w diagnozie

MODUŁ 02 LED, przyciski i podstawowe połączenia

W tych układach poznasz pierwsze praktyczne montaże:
świecenie diody LED, sterowanie przyciskiem,
różnicę między połączeniem szeregowym i równoległym
oraz wpływ kondensatora na zachowanie układu.



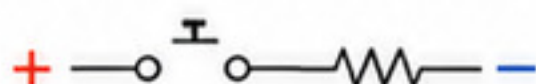
1

ŚWIECENIE
DIODY LED



2

STEROWANIE
PRZCISKIEM



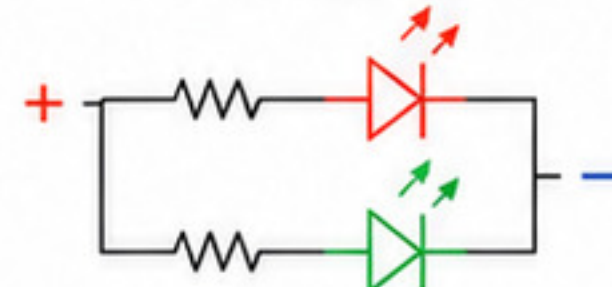
3

POŁĄCZENIE
SZEREGOWE



4

POŁĄCZENIE
RÓWNOLEGŁE



5

ROLA
KONDENSATORA



10

Układ 01 – Dioda LED z rezystorem: montaż

To pierwszy praktyczny układ, który nauczy Cię bezpiecznie zasilać diodę LED przy użyciu rezystora ograniczającego prąd.

Potrzebne elementy



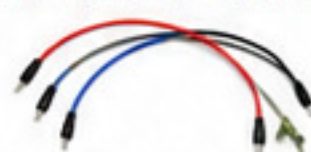
1× dioda LED
(czerwona)



1× rezystor
330 Ω



1× płytka
stykowa

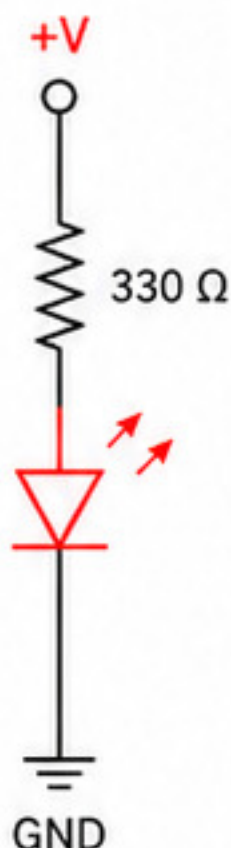


przewody
połączeniowe

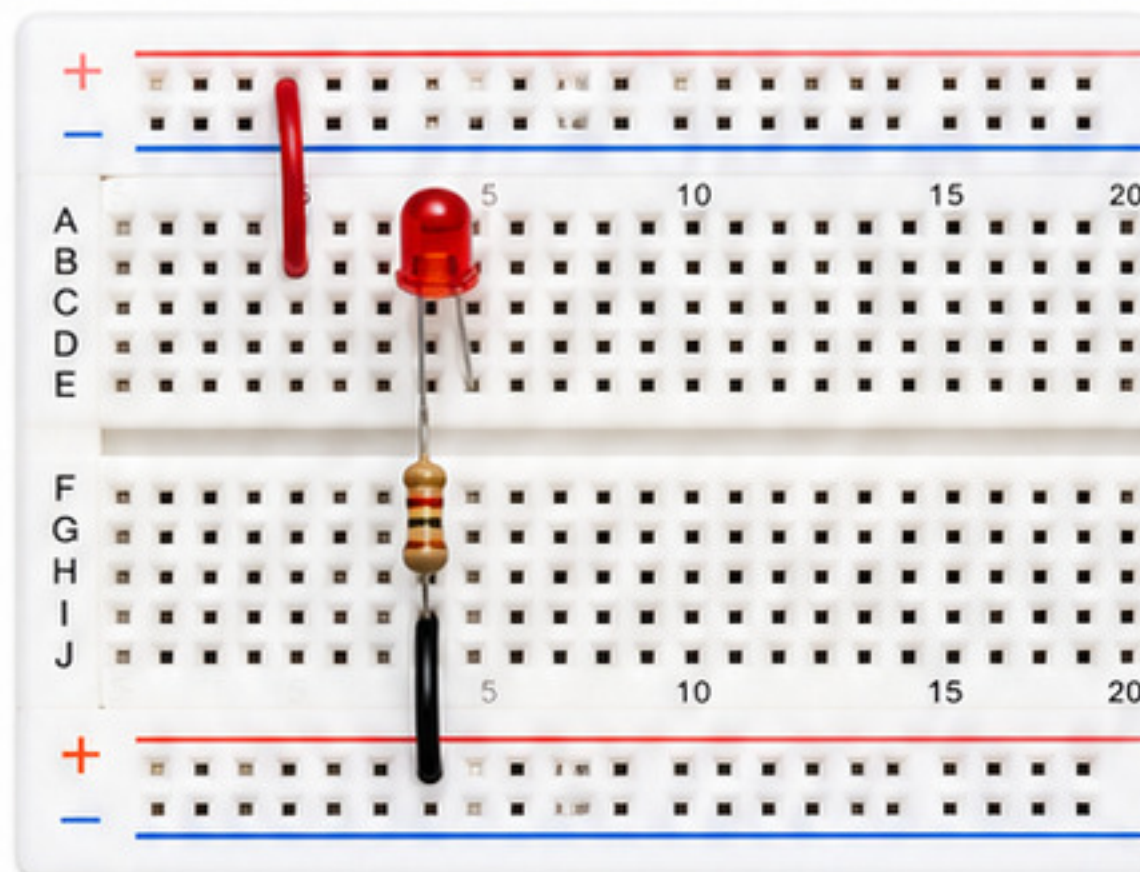


zasilanie
3–5 V DC

Schemat



Montaż na płytce stykowej



Montaż krok po kroku

- 1** Wsuń diodę LED w płytkę. Dłuższa nóżka (anoda) powinna być po lewej stronie.
- 2** Dodaj rezystor 330 Ω w szereg z dłuższą nóżką LED.
- 3** Połącz górny koniec obwodu do szyny dodatniej (+).
- 4** Połącz krótszą nóżkę LED do szyny masy (–) za pomocą przewodu.
- 5** Sprawdź polaryzację: anoda (+) przez rezystor, katoda (–) do masy.



Jak to działa?

Rezystor ogranicza prąd płynący przez diodę LED do bezpiecznej wartości. Gdy obwód jest zamknięty, prąd płynie od plusa zasilania przez rezystor i diodę LED, a następnie przez przewód do masy. Dioda LED świeci tylko wtedy, gdy połączenia i polaryzacja są poprawne.



Sprawdź sam

Włącz zasilanie 3–5 V DC. Jeśli układ jest poprawny, dioda LED powinna świecić ciągłym światłem.



Oczekiwany rezultat

Czerwona dioda LED świeci stabilnie. Układ działa bez przegrzewania się elementów.



Najczęstsze błędy

- Odwrotna polaryzacja LED (nie zaświeci się).
- Brak rezystora (możliwe uszkodzenie LED).
- Podłączenie w złym rzędzie płytki (brak połączenia).
- Brak wspólnej masy z zasilaniem (obwód nie zadziała).



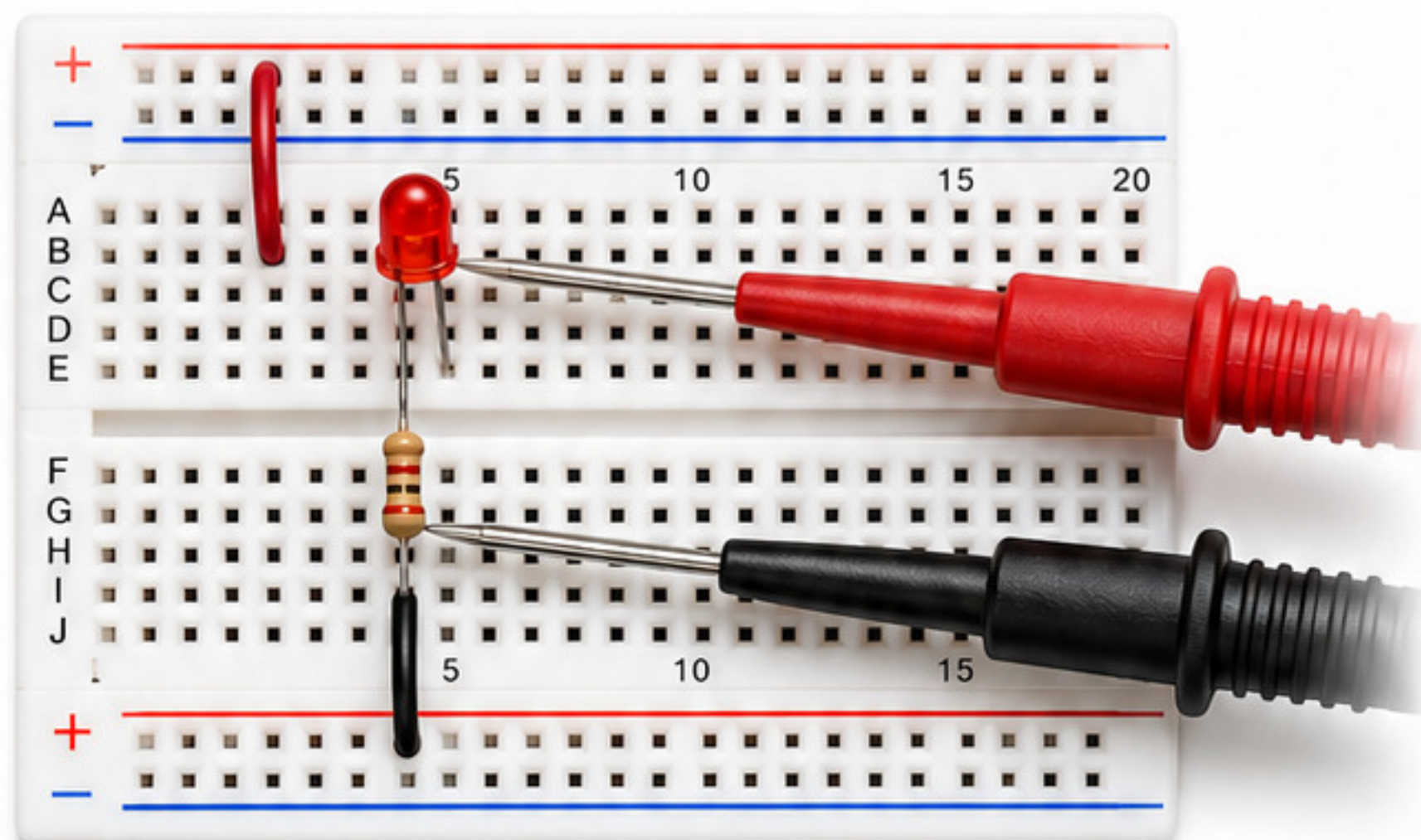
Eksperyment

Zmień rezystor na 220 Ω lub 1 k Ω i obserwuj różnice w jasności świecenia. Mniejsza wartość – jaśniej, większa wartość – ciemniej.

11

Układ 01 – Test, pomiary i wyjaśnienie działania

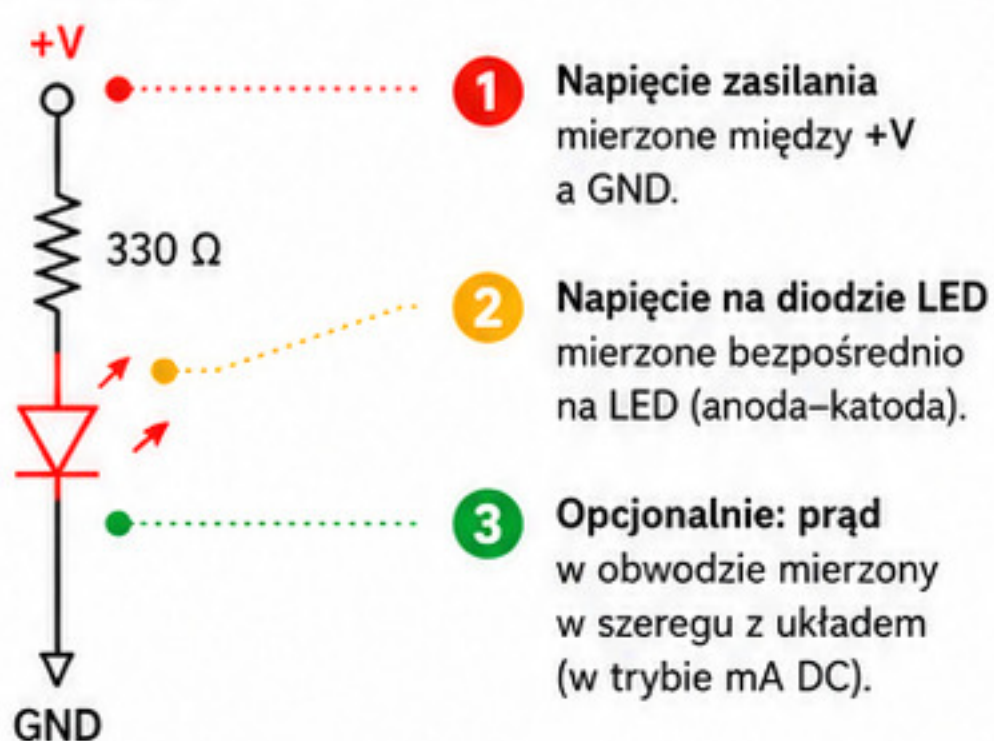
Sprawdź, czy układ z diodą LED i rezystorem z poprzedniej strony działa prawidłowo i zrozum jego działanie.



Jak testować układ

- 1 Sprawdź połączenia.**
Upewnij się, że elementy są wpięte zgodnie ze schematem.
- 2 Włącz zasilanie.**
Podłącz zasilanie 3–5 V DC do szyn płytki.
- 3 Zmierz napięcie na LED.**
Użyj multimetru w trybie pomiaru napięcia DC.
- 4 Obserwuj jasność i temperaturę elementów.**
LED powinna świecić, elementy nie powinny się nagrzewać.

Punkty pomiarowe



Oczekiwane wartości



1	Napięcie zasilania (+V do GND)	3–5 V DC
2	Napięcie na diodzie LED (czerwona) (anoda do katody)	ok. 1,8–2,2 V
3	Prąd w obwodzie z rezystorem 330 Ω przy 5 V	ok. 8–10 mA

Wartości mogą się nieznacznie różnić w zależności od diody LED i dokładności elementów.



Jak to działa?

Rezystor ogranicza prąd płynący przez diodę LED, aby nie przekroczyć jej bezpiecznego poziomu. Dioda LED zamienia część energii elektrycznej na światło, dlatego na niej występuje spadek napięcia, a reszta spada na rezystorze.



Sprawdź sam

Odwróć bieguny sond multimetru przy pomiarze napięcia. Zobaczysz, że zmieni się tylko znak wyniku, a wartość pozostanie taka sama.



Najczęstsze błędy

- Sondy multimetru podłączone w złe punkty pomiarowe.
- Miernik ustawiony na prąd (A/mA) zamiast na napięcie (V).
- Brak wspólnej masy (GND) między zasilaniem a multimetrem.
- Odwrócona polaryzacja diody LED – dioda nie świeci.



Wnioski

Jeśli napięcia są w podanych zakresach, dioda LED świeci prawidłowo, a elementy nie grzeją się nadmiernie — twój pierwszy układ działa poprawnie!



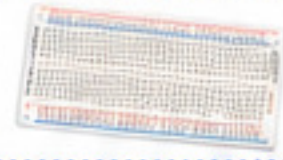
Eksperyment

Zmień zasilanie z 3 V na 5 V. Porównaj jasność świecenia diody LED. Zauważ, że przy wyższym napięciu dioda świeci jaśniej.

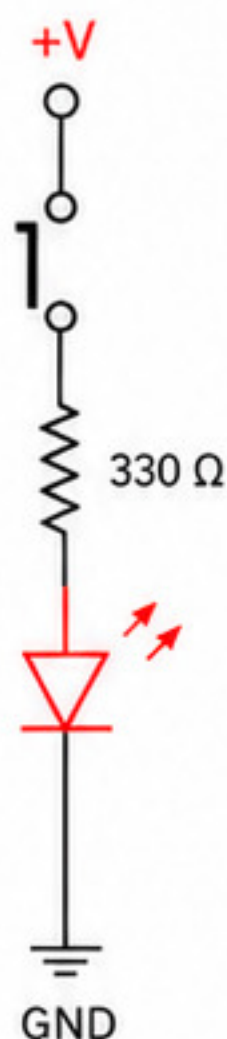
Układ 02 – Dioda LED sterowana przyciskiem: montaż

Dioda LED świeci się tylko wtedy, gdy naciśniesz przycisk, który zamyka obwód.

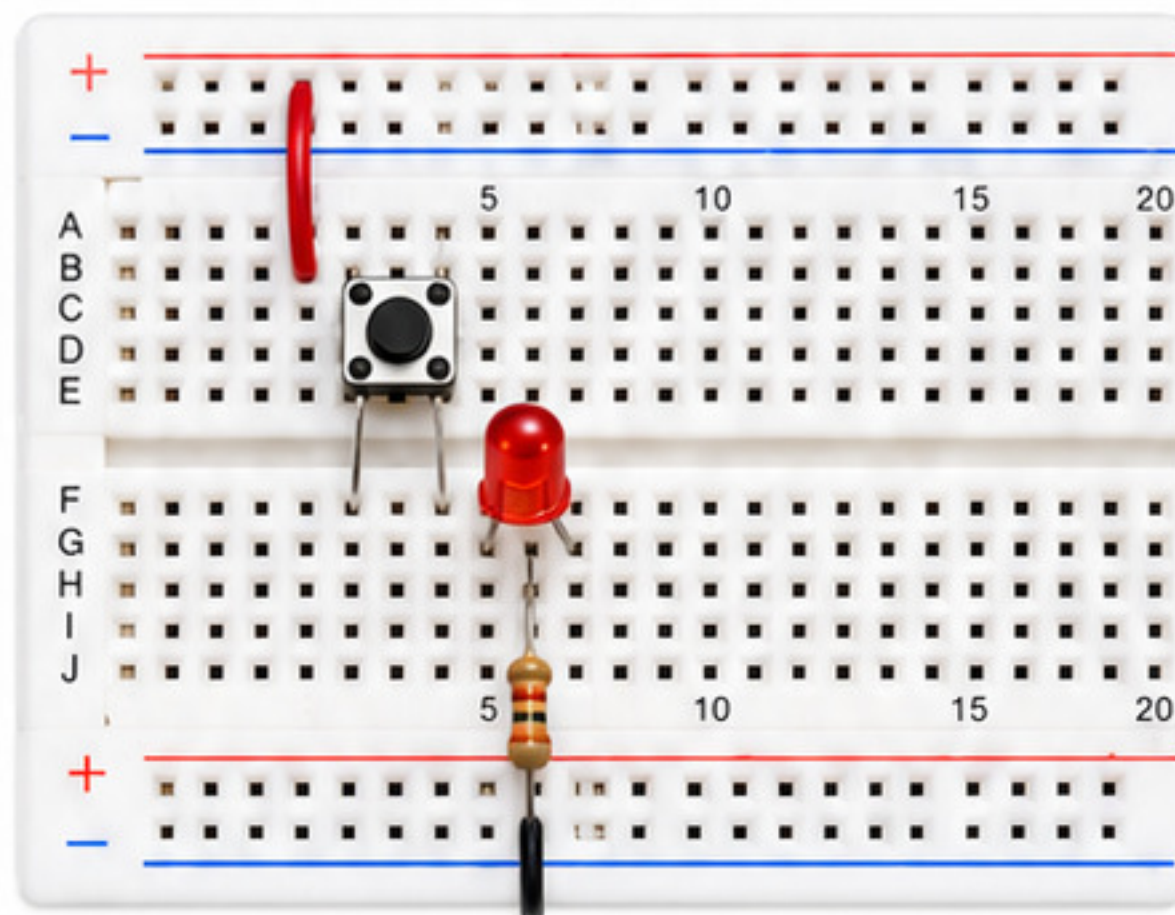
Potrzebne elementy

-  1× dioda LED (czerwona)
-  1× rezystor 330 Ω
-  1× przycisk chwilowy
-  1× płyta stykowa
-  przewody połączeniowe
-  zasilanie 3–5 V DC

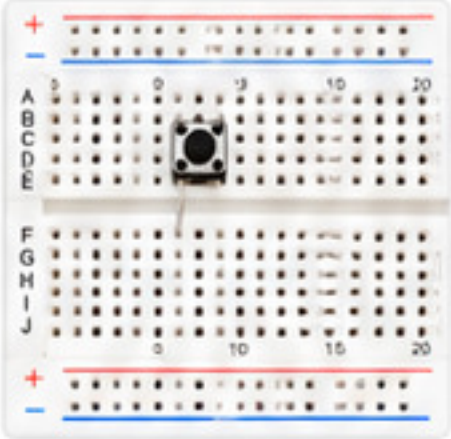
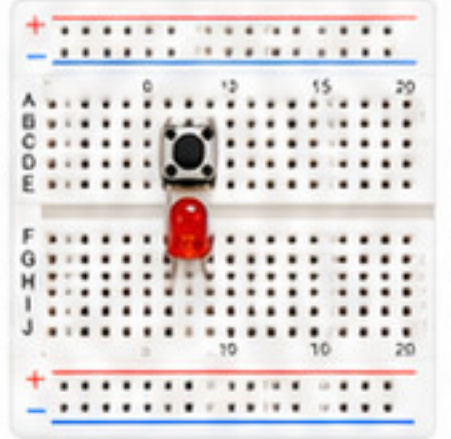
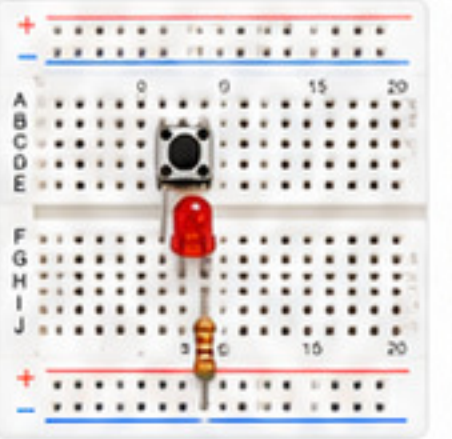
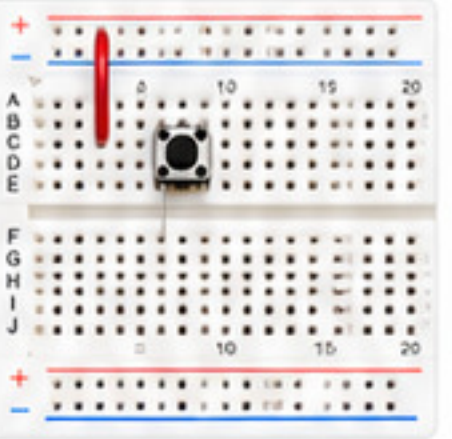
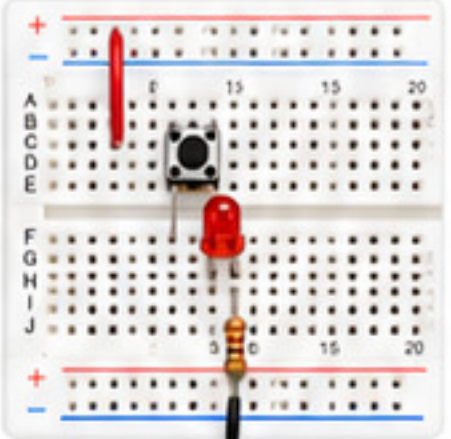
Schemat



Montaż na płycie stykowej



Montaż krok po kroku

- 1** Wsuń przycisk przez szczelinę na środku płytki.

- 2** Dodaj diodę LED poniżej przycisku. Dłuższa nóżka (anoda) po lewej.

- 3** Wstaw rezystor 330 Ω w szereg z krótszą nóżką LED.

- 4** Połącz górną szynę dodatnią (+) z lewą stroną przycisku.

- 5** Połącz dolną szynę ujemną (–) z końcem rezystora (powrót do masy).




Jak to działa?

Naciśnięcie przycisku chwilowo zamyka obwód. Prąd płynie z szyny dodatniej (+) przez przycisk, rezystor i diodę LED do szyny ujemnej (–). Po zwolnieniu przycisku obwód się otwiera, a dioda gaśnie.



Sprawdź sam

Naciśnij przycisk – dioda LED świeci. Puść przycisk – dioda gaśnie.



Oczekiwany rezultat

Dioda LED świeci się tylko wtedy, gdy przycisk jest wciśnięty.



Najczęstsze błędy

- Przycisk wstawiony w złej orientacji (nie działa).
- Brak rezystora – dioda LED może ulec uszkodzeniu.
- Odwrotna polaryzacja LED (nie zaświeci się).
- Przewody wpięte w błędnym rzędzie (brak połączenia).



Eksperyment

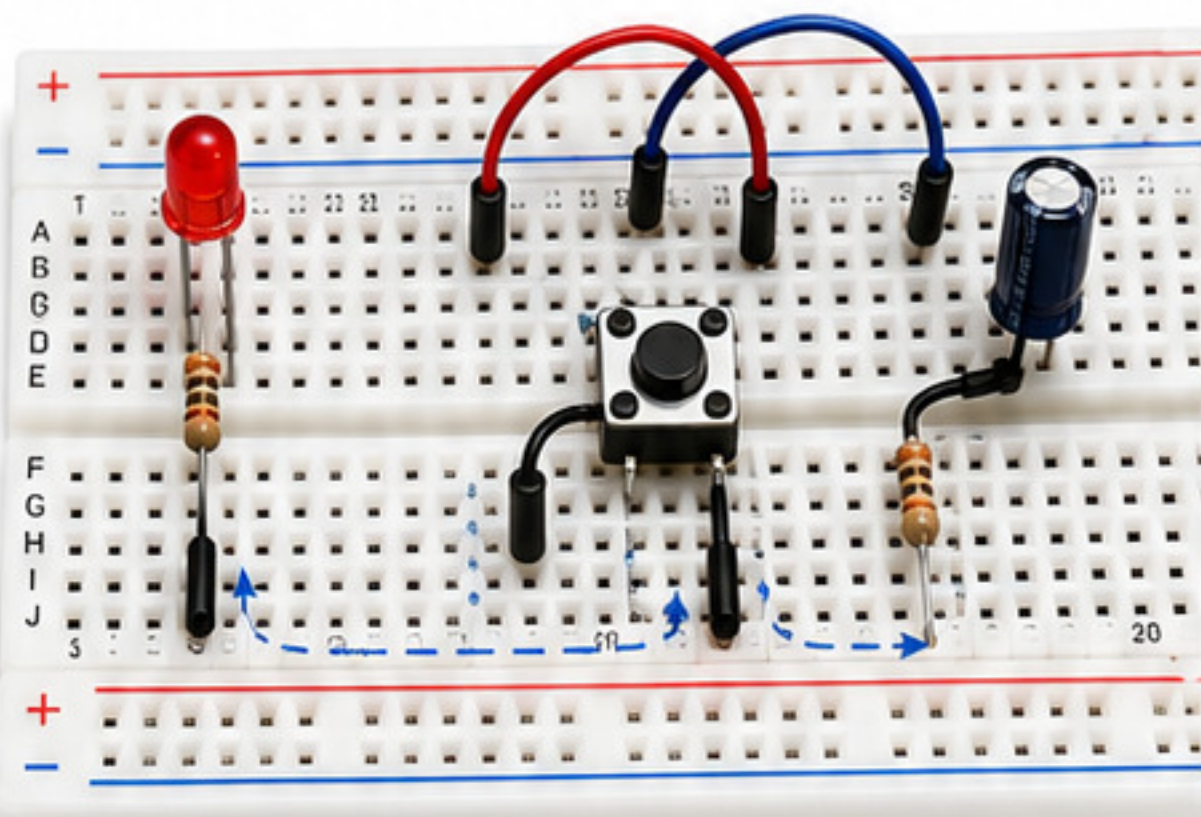
Dodaj drugą diodę LED (równolegle z pierwszą przez osobny rezystor) lub użyj innego położenia przycisku i obserwuj zachowanie układu.

13

Układ 02 – Test i wyjaśnienie działania

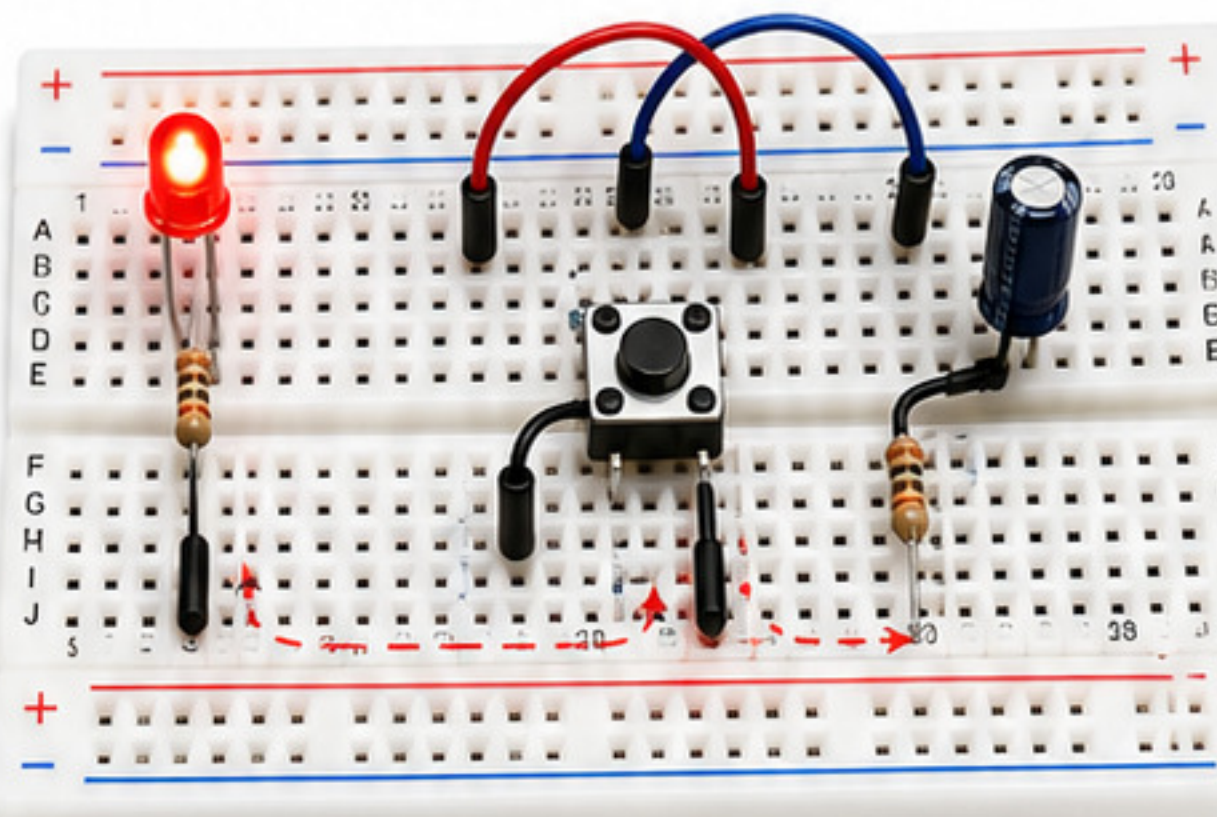
1) Scena testowa – dwa stany układu

a) przycisk puszczony



--- Obwód otwarty – brak prądu, LED zgaszona

b) przycisk naciśnięty



--- Obwód zamknięty – prąd płynie, LED świeci

2) Jak testować

- 1 Sprawdź połączenia zgodnie z układem.
- 2 Włącz zasilanie 3–5 V DC. (LED powinna być zgaszona).
- 3 Naciśnij przycisk.
- 4 Puść przycisk i obserwuj zmianę.

3) Stany układu

Stan	Obwód	LED
przycisk puszczony	otwarty	zgaszona 
przycisk naciśnięty	zamknięty	świeci 

4) Jak to działa?



Gdy przycisk jest puszczony, obwód jest otwarty i prąd nie płynie – LED pozostaje zgaszona. Po naciśnięciu przycisku styki łączą się, zamykając obwód. Prąd płynie od dodatniego (+) bieguna zasilania przez rezystor, przycisk i diodę LED do masy (–). LED świeci, gdy przez nią płynie wystarczający prąd.

5) Sprawdź sam



Naciśnij i przytrzymaj przycisk przez 2–3 sekundy. Obserwuj, czy światło LED pozostaje stabilne.



Oczekiwany rezultat

LED zapala się natychmiast po naciśnięciu przycisku i gaśnie natychmiast po jego puszczeniu – bez migotania.



Najczęstsze błędy

- Przycisk źle włożony (obrócony o 90°).
- Styki przycisku „drgają” – dioda może lekko migać (normalne przy tanich przyciskach).
- Brak zasilania lub odwrotne podłączenie zasilania.
- Zła polaryzacja LED – nie świeci.



Wnioski

Ten układ uczy idei ręcznego sterowania obwodem elektrycznym. Przycisk działa jak tymczasowy przełącznik – gdy go naciskamy, obwód jest zamknięty i energia zamienia się w światło. Gdy go puszczone, obwód się otwiera i dioda gaśnie.



Eksperyment

Zamień przycisk na zworkę (przewód). Porównaj działanie:

- zworka = obwód ciągle zamknięty → LED świeci cały czas,
- przycisk = obwód zamknięty tylko podczas naciskania → LED świeci chwilowo.

03

Układ 03 – Dwie diody LED: połączenie szeregowe i równoległe

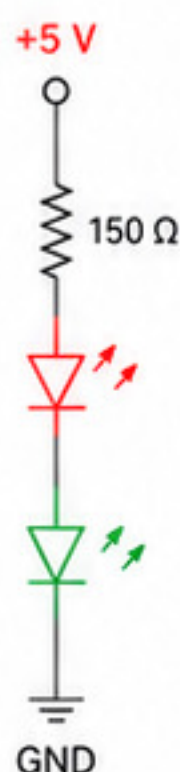
Porównaj działanie dwóch diod LED połączonych szeregowo i równoległe.
Zobacz, jak zmienia się jasność i zachowanie układu.

Potrzebne elementy

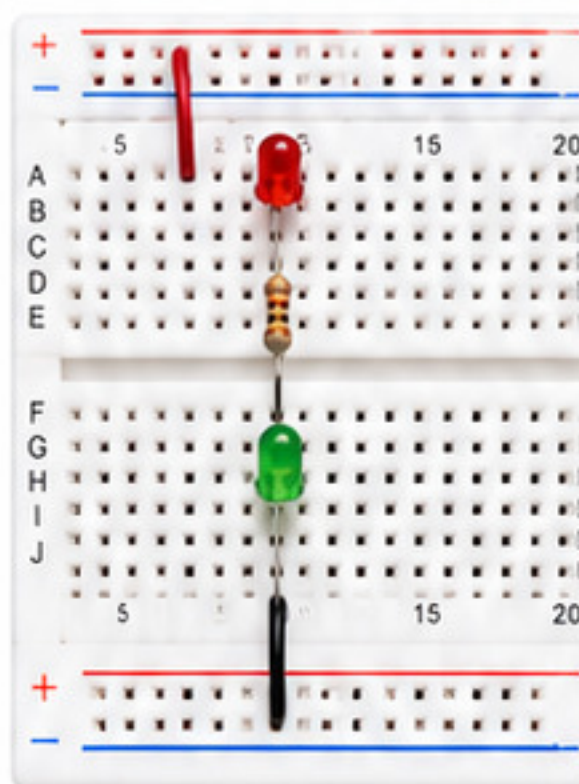


Połączenie szeregowe

Schemat

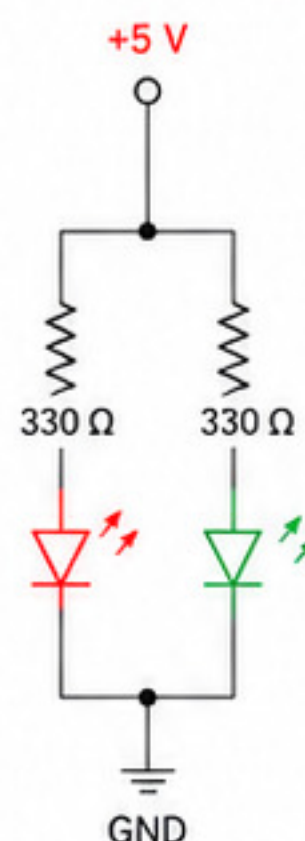


Montaż na płytce stykowej

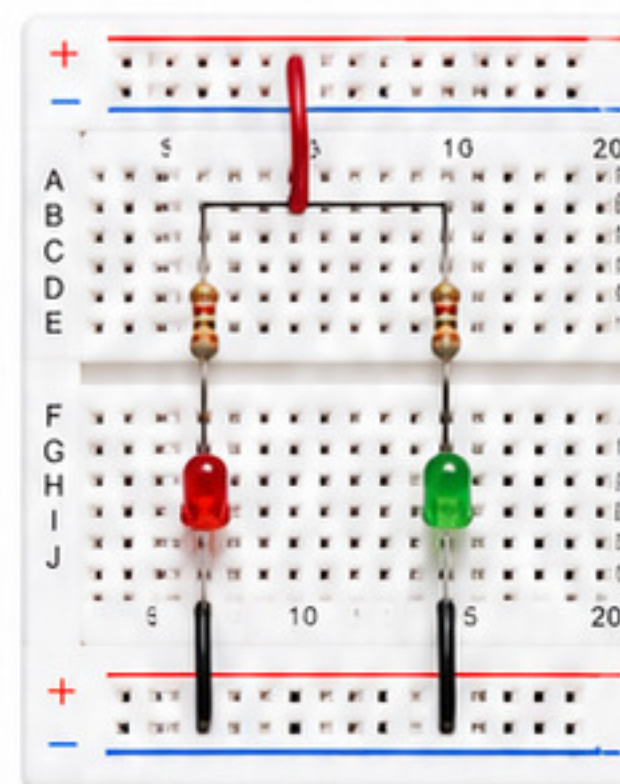


Połączenie równoległe

Schemat

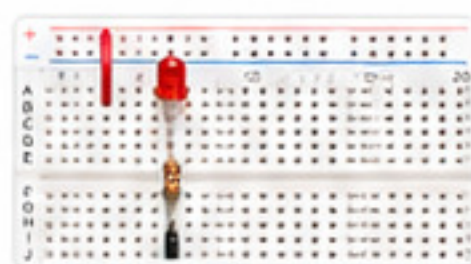
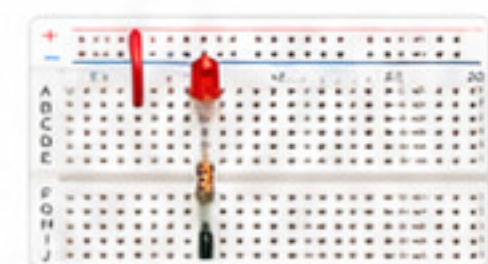
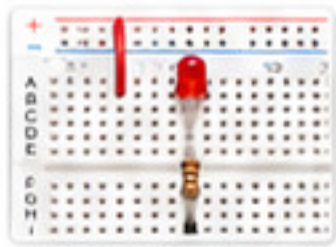
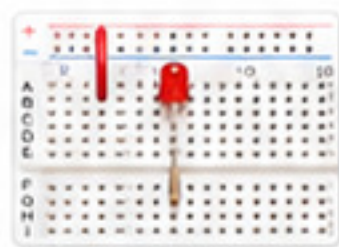


Montaż na płytce stykowej



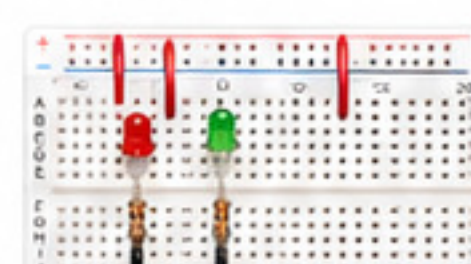
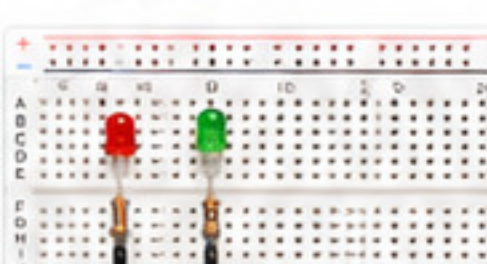
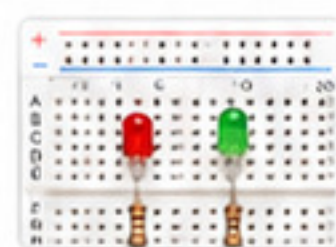
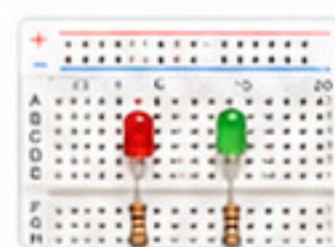
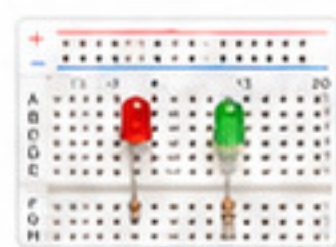
Montaż krok po kroku — połączenie szeregowe

- 1 Wsuń czerwoną diodę LED (anoda do góry).
- 2 Dodaj rezystor 150 Ω poniżej czerwonej diody.
- 3 Wsuń zieloną diodę LED (anoda w dół rezystora).
- 4 Połącz dolną nóżkę zielonej diody z szyną masy (-).
- 5 Podłącz zasilanie 5 V DC.



Montaż krok po kroku — połączenie równoległe

- 1 Wsuń dwie diody LED obok siebie (czerwona i zielona).
- 2 Dodaj rezystor 330 Ω w szeregu z czerwoną diodą.
- 3 Dodaj drugi rezystor 330 Ω w szeregu z zieloną diodą.
- 4 Połącz dolne nóżki obu diod do szyny masy (-).
- 5 Podłącz zasilanie 5 V DC.



Jak to działa?



W połączeniu szeregowym ten sam prąd przepływa przez obie diody LED, dlatego świecą słabiej. W połączeniu równoległym każda dioda ma własną gałąź z rezystorem, więc pracują bardziej niezależnie i świecą jaśniej.



Sprawdź sam

Zasil oba układy napięciem 5 V DC. Porównaj jasność diod oraz zachowanie układów. Które świecą jaśniej?



Oczekiwany rezultat

Obie diody LED świecą. W połączeniu szeregowym świecą słabiej. W połączeniu równoległym świecą jaśniej i każda świeci niezależnie.



Najczęstsze błędy

- Użycie jednego rezystora dla obu diod w układzie równoległym.
- Odwrotna polaryzacja LED (nie zaświeci się).
- Podłączenie diody do złych rzędów (brak połączenia).
- Brak wspólnej masy (-).

Eksperyment



Odłącz jedną diodę LED i zobacz, co się stanie:

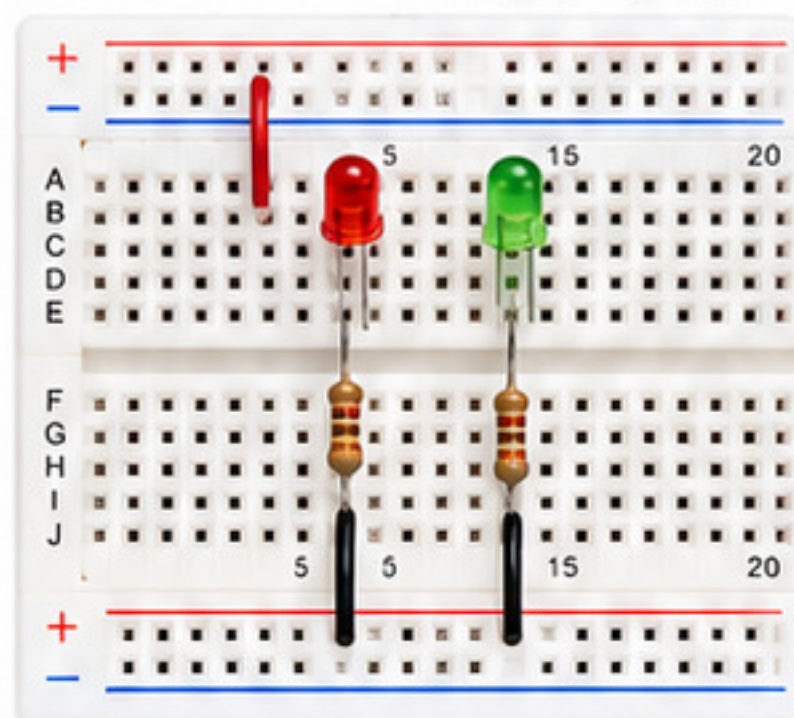
- w układzie szeregowym druga dioda zgaśnie (przerwany obwód),
- w układzie równoległym druga dioda nadal świeci.

Porównaj różnicę!

Układ 03 – Porównanie, test i wnioski

Porównaj działanie układów z dwiema diodami LED: połączenie szeregowe i równoległe. Sprawdź jasność, napięcia i wpływ odłączenia jednej diody.

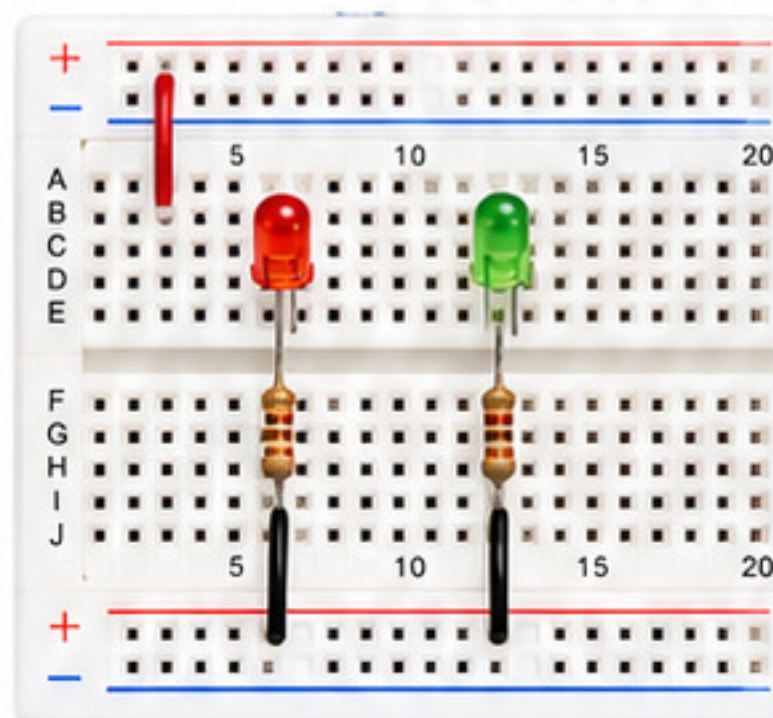
SZEREGOWO



Pomiar orientacyjny

Zasilanie: 5 V
Prąd (cały układ):
ok. 8–12 mA
Napięcie na obu diodach łącznie:
ok. 3,0–3,4 V
Napięcie na rezystorze:
ok. 1,6–2,0 V

RÓWNOLEGLE

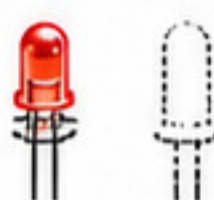
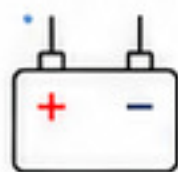


Pomiar orientacyjny

Zasilanie: 5 V
Prąd (cały układ):
ok. 16–24 mA
Napięcie na każdej diodzie:
ok. 1,8–2,2 V
Napięcie na każdym rezystorze:
ok. 2,8–3,2 V

Jak testować

- 1 Zasil układ.** Podłącz +5 V i GND. Sprawdź, czy obie diody świecą.
- 2 Obserwuj jasność.** Zwróć uwagę na jasność obu diod i porównaj między układami.
- 3 Wyjmij jedną diodę.** Odczuj (wyjmij) jedną z diod. Obserwuj, co się dzieje.
- 4 Zmierz napięcia.** Zmierz napięcie na każdej diodzie i na rezystorach.
- 5 Porównaj działanie.** Uzupełnij tabelę poniżej i wyciągnij wnioski.



Porównanie układów

KRYTERIUM	SZEREGOWO	RÓWNOLEGLE
JASNOŚĆ DIOD	Niższa – napięcie dzieli się na dwie diody.	Wyższa – każda dioda ma pełne napięcie (ok. 1,8–2,2 V).
PRZEPŁYW PRĄDU	Ten sam prąd płynie przez obie diody.	Prąd dzieli się między gałęzie (większy pobór całkowity).
PO ODŁĄCZENIU JEDNEJ DIODY	Druga dioda gaśnie – przerwany obwód.	Druga dioda nadal świeci – gałąź działa niezależnie.
LICZBA REZYSTORÓW	1 rezystor na cały układ.	2 rezystory w każdej gałęzi.
ZASTOSOWANIE	Gdy liczy się prostota i oszczędność prądu (np. wskaźniki, małe pobory).	Gdy ważna jest niezależność i większa jasność (np. oświetlenie, sygnalizacja).



Jak to działa?

W układzie szeregowym prąd może płynąć tylko jedną drogą. Jeśli coś przerwie obwód – wszystko gaśnie. W układzie równoległym każda gałąź ma własną drogę do zasilania, dlatego działa niezależnie od innych.



Sprawdź sam

Zdejmij jedną diodę w każdym układzie. Czy gaśnie druga dioda w układzie szeregowym? Czy świeci w układzie równoległym? Zapisz swoje spostrzeżenia.



Wnioski

- Szeregowe = prostsze i oszczędne (mniej elementów i prądu).
- Równoległe = bardziej niezależna praca gałęzi.
- Dobór sposobu połączenia zależy od celu układu.



Najczęstsze błędy

- Oczekiwanie takiej samej jasności w obu układach.
- Zastosowanie jednego rezystora w układzie równoległym.
- Mieszanie diod różnych kolorów bez uwzględnienia różnic napięć przewodzenia.



Eksperyment

Zbuduj oba układy, ale użyj diod w różnych kolorach (np. czerwona i niebieska). Zmierz napięcie na każdej diodzie osobno w obu układach i porównaj spadki napięć. Zobacz, jak różnice napięć przewodzenia wpływają na jasność i działanie.

16

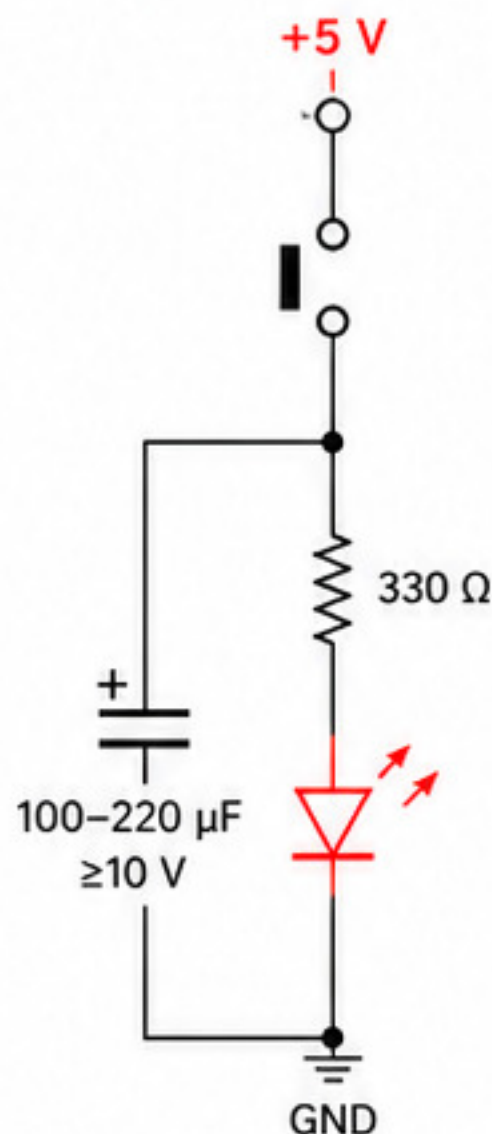
Układ 04 – Łagodne wygaszanie LED z kondensatorem

Układ wykorzystuje kondensator, który przechowuje energię. Po odłączeniu zasilania (lub puszczeniu przycisku) kondensator rozładowuje się przez diodę LED, powodując jej łagodne gaśnięcie.

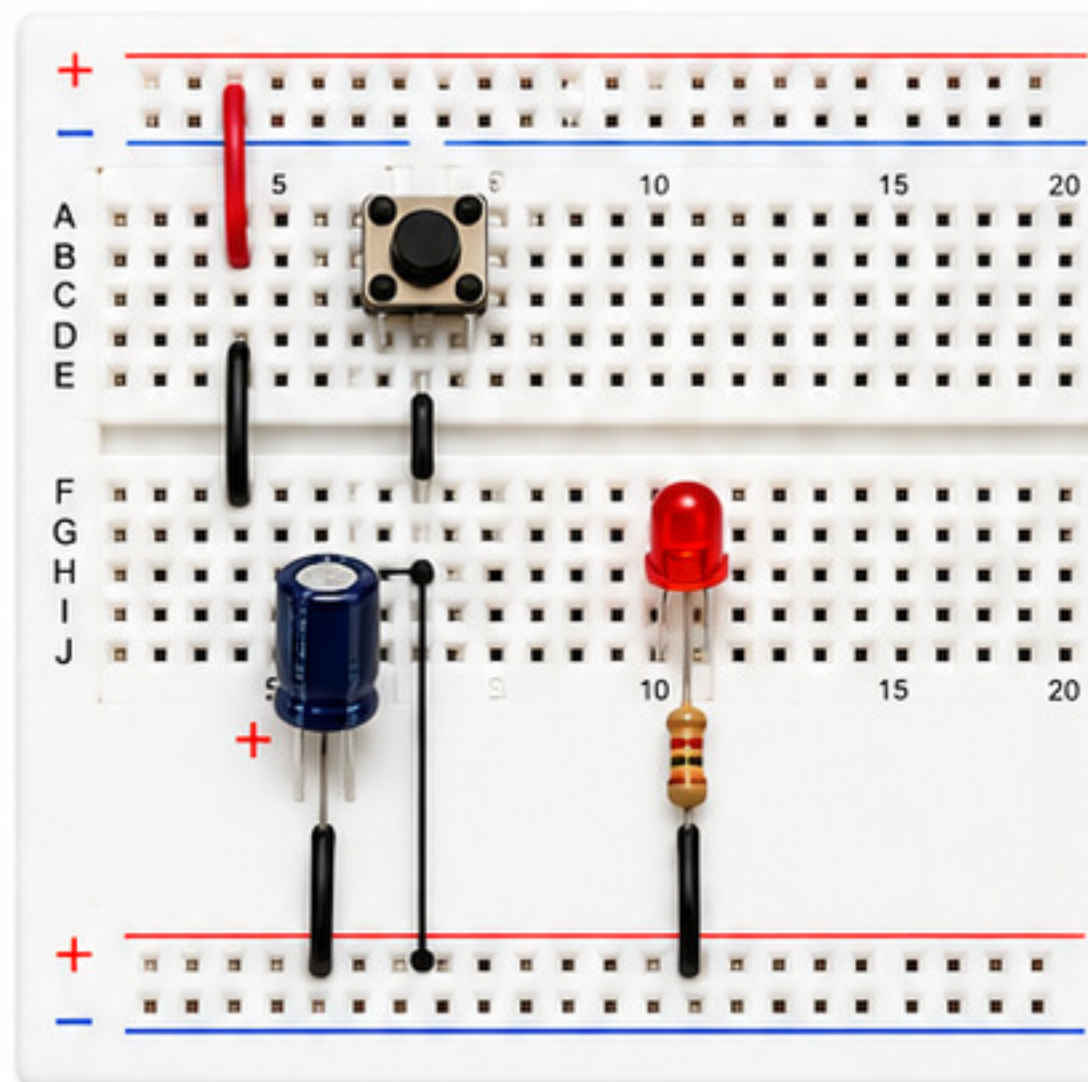
Potrzebne elementy

-  1× dioda LED (czerwona)
-  1× rezystor 330 Ω
-  1× kondensator elektrolityczny 100 μF lub 220 μF (≥10 V)
-  1× przycisk chwilowy lub prosty przełącznik zasilania
-  1× płytka stykowa
-  przewody połączeniowe
-  zasilanie 5 V DC

Schemat

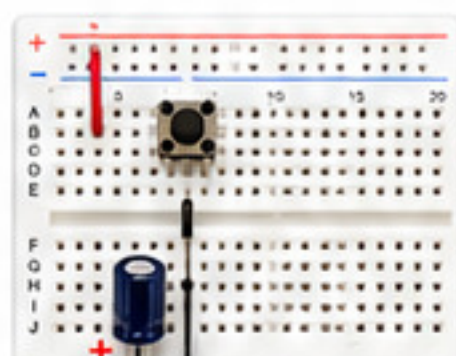
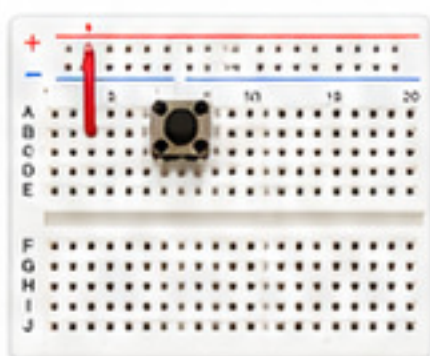
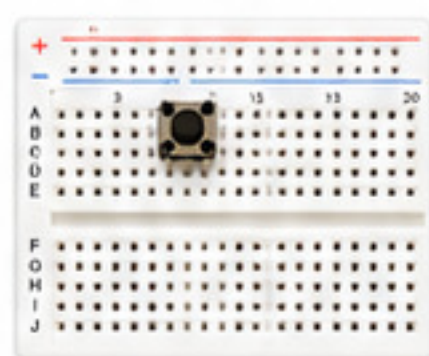


Montaż na płytce stykowej

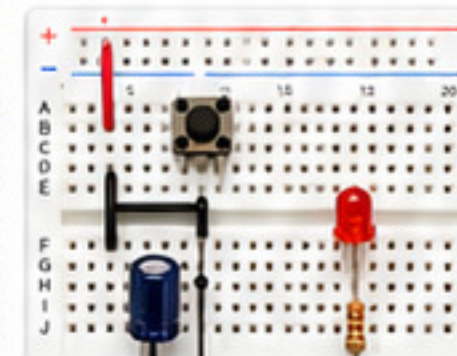
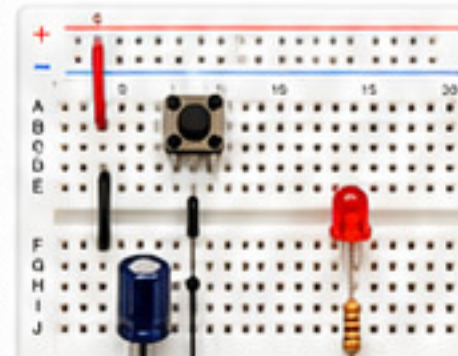


Montaż krok po kroku

- 1** Umieść przycisk chwilowy w górnej części płytki (prze-mostkuje przerwę środkową).
- 2** Podłącz przycisk do szyny dodatniej (+5 V) krótkim przewodem.
- 3** Pod przyciskiem podłącz kondensator 100–220 μF. Dłuższa nóżka (+) do linii dodatniej, krótsza (–) do masy (–).
- 4** Po prawej stronie dodaj rezystor 330 Ω w szeregu z diodą LED (dłuższa nóżka anoda + do góry).
- 5** Połącz wszystko jak na rysunku: dolne końce rezystora do masy (–). Sprawdź polaryzację kondensatora i LED.



Uwaga na polaryzację!



Jak to działa?

Po naciśnięciu przycisku kondensator ładuje się do 5 V. Gdy puścisz przycisk, zasilanie zostaje odłączone, ale kondensator zaczyna się rozładowywać przez diodę LED i rezystor. Prąd stopniowo maleje, dlatego LED gaśnie łagodnie przez krótką chwilę.



Sprawdź sam

Naładuj układ krótko przyciskiem (ok. 1–2 s), puść przycisk i obserwuj, jak dioda LED łagodnie wygasa. Im dłużej ładujesz, tym dłużej trwa wygaszanie.



Oczekiwany rezultat

Dioda LED nie gaśnie od razu po puszczeniu przycisku, lecz świeci coraz słabiej przez około 1–3 sekundy (zależnie od pojemności kondensatora).



Najczęstsze błędy

- Odwrócona polaryzacja kondensatora (może ulec uszkodzeniu).
- Brak rezystora – dioda LED może się uszkodzić.
- Odwrócona polaryzacja diody LED (nie zaświeci się).
- Włożenie elementu w niewłaściwy rząd (brak połączenia).



Eksperyment

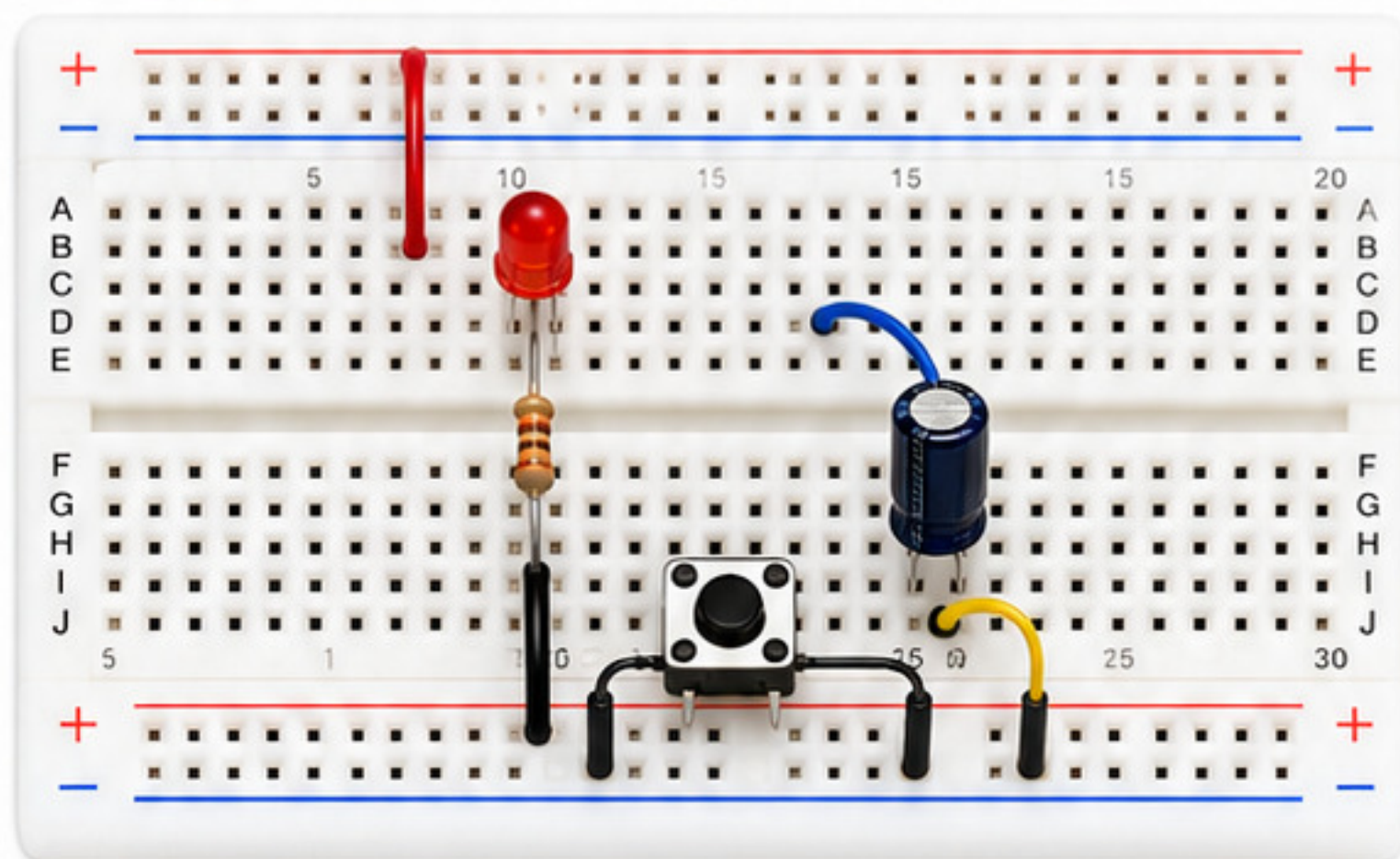
Porównaj kondensatory 100 μF i 470 μF. Naładuj układ w ten sam sposób i obserwuj, jak różna pojemność wpływa na długość łagodnego wygaszania LED.

17

Układ 04 – Test stałej czasowej i eksperymenty

W tym układzie dioda LED świeci chwilę po zwolnieniu przycisku, ponieważ naładowany kondensator rozładowuje się przez rezystor.

Układ pod testem



Jak testować

- 1 Włącz układ
Podłącz zasilanie 3–5 V DC.
- 2 Naładuj kondensator
Naciśnij i przytrzymaj przycisk.
LED świeci.
- 3 Odłącz lub puść przycisk
Kondensator zaczyna się rozładowywać
przez rezystor. LED powoli gaśnie.
- 4 Obserwuj czas wygaszania
Zmierz lub oszacuj, jak długo LED
pozostaje widoczna.
Powtórz testy z różnymi pojemnościami
kondensatora.

Co mierzyć?

- 1 Czas świecenia
po odłączeniu



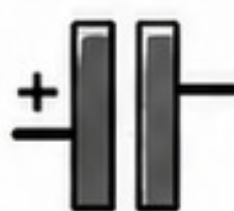
Jak długo LED jest
widoczna po puszczeniu
przycisku.

- 2 Jasność początkowa



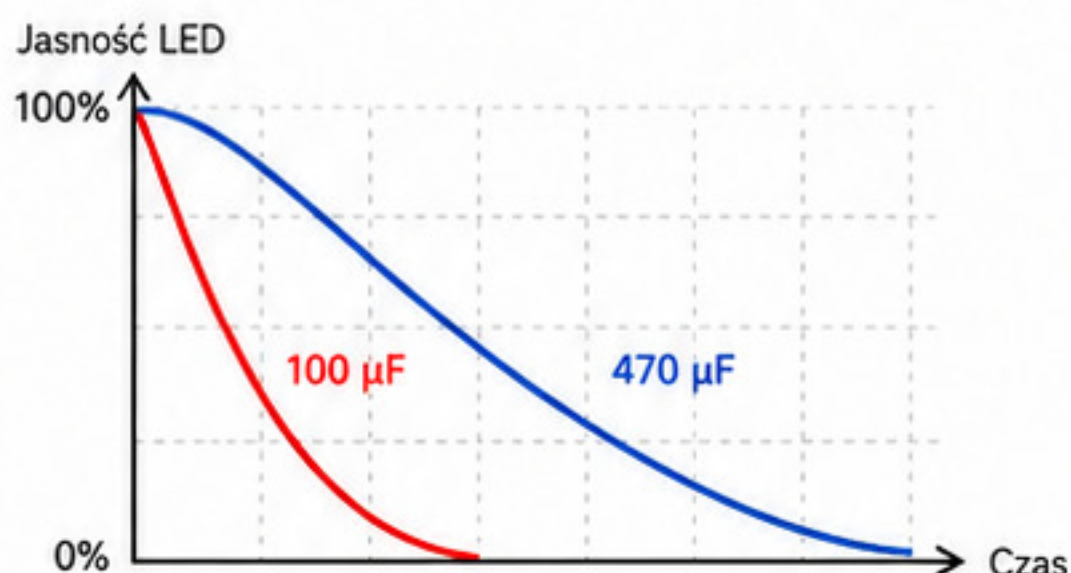
LED jest najjaśniejsza
zaraz po zwolnieniu
przycisku.

- 3 Wpływ pojemności



Większa pojemność =
dłuższe i wolniejsze
wygaszanie.

Przykładowy przebieg wygaszania (większa pojemność = dłużej)



Jak to działa?

Gdy przycisk jest wciśnięty, kondensator ładuje się i zasila LED. Po zwolnieniu przycisku kondensator rozładowuje się przez rezystor. Napięcie (a więc i jasność LED) maleje wykładniczo w czasie.

W większym uproszczeniu: większa pojemność lub większy opór = dłuższe wygaszanie.



Sprawdź sam

Zbuduj układ z kondensatorem 100 µF, a następnie zamień go na 470 µF. Porównaj czas wygaszania LED. Co się zmienia?



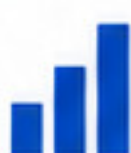
Oczekiwane obserwacje

Większy kondensator powoduje dłuższe wygaszanie LED. Kształt wygaszania jest gładki i ciągły. Zwiększenie wartości rezystora również wydłuża wygaszanie.



Najczęstsze błędy

- Oczekiwanie dokładnego czasu bez powtarzalnych warunków (spojrzenie z boku, różne oświetlenie).
- Odwrócone podłączenie kondensatora (może ulec uszkodzeniu).
- Zbyt niskie napięcie zasilania – LED może nie świecić wyraźnie.
- Pomiar „na oko” bez zapisu wyników.



Wnioski

Kondensator zmienia zachowanie układu w czasie. Nie liczy się tylko stan ustalony, ale także to, co dzieje się w trakcie ładowania i rozładowywania. To bardzo przydatne w wielu praktycznych zastosowaniach!



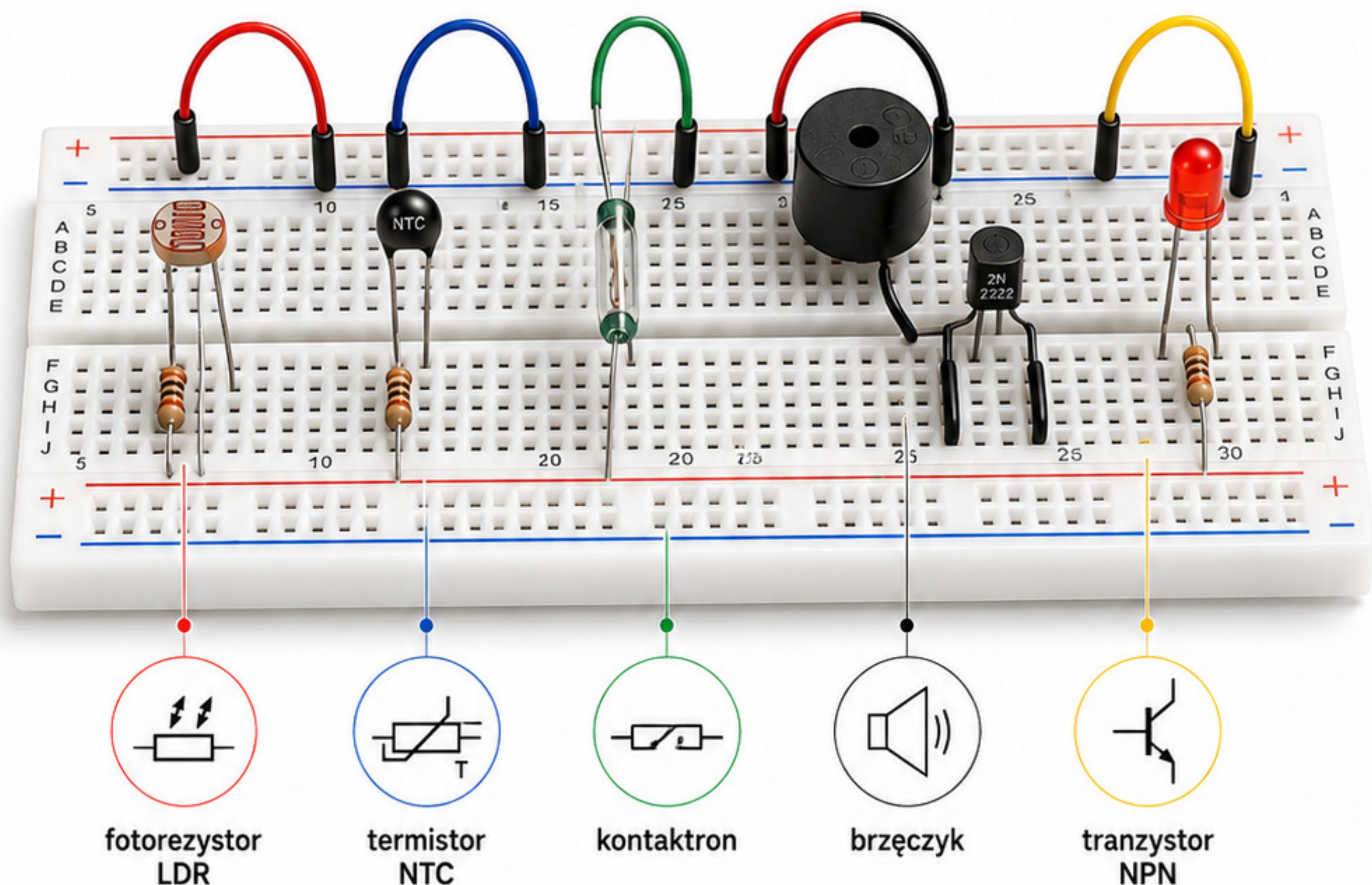
Eksperyment

Zmień wartość rezystora (np. 330 Ω → 1 kΩ → 2,2 kΩ) i porównaj profile wygaszania. Narysuj wykresy lub zapisz czasy wygaszania dla różnych konfiguracji.

MODUŁ

03 – Czujniki: układ reaguje na otoczenie

W tym module zbudujesz układy, które odbierają informacje ze swojego otoczenia i na nie reagują. Poznasz czujniki światła, temperatury, kontaktrony oraz dotyk, a także sposób wykorzystania ich w prostych projektach.



światło



temperatura



magnes



dotyk

05

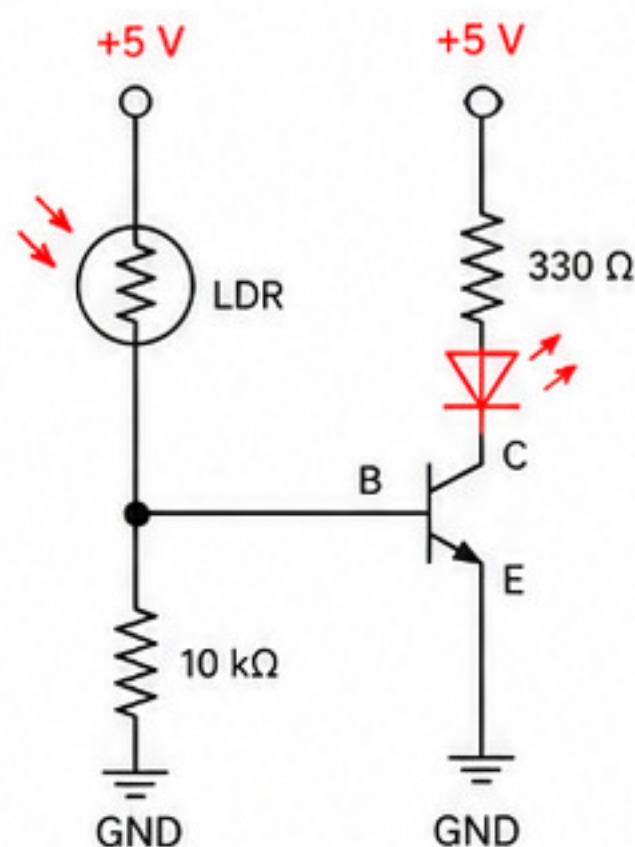
Układ 05 – Automatyczna lampka zmierzchowa z fotorezystorem LDR

Układ włącza diodę LED automatycznie, gdy robi się ciemno. Idealny do małych lampek lub sygnalizacji nocnej.

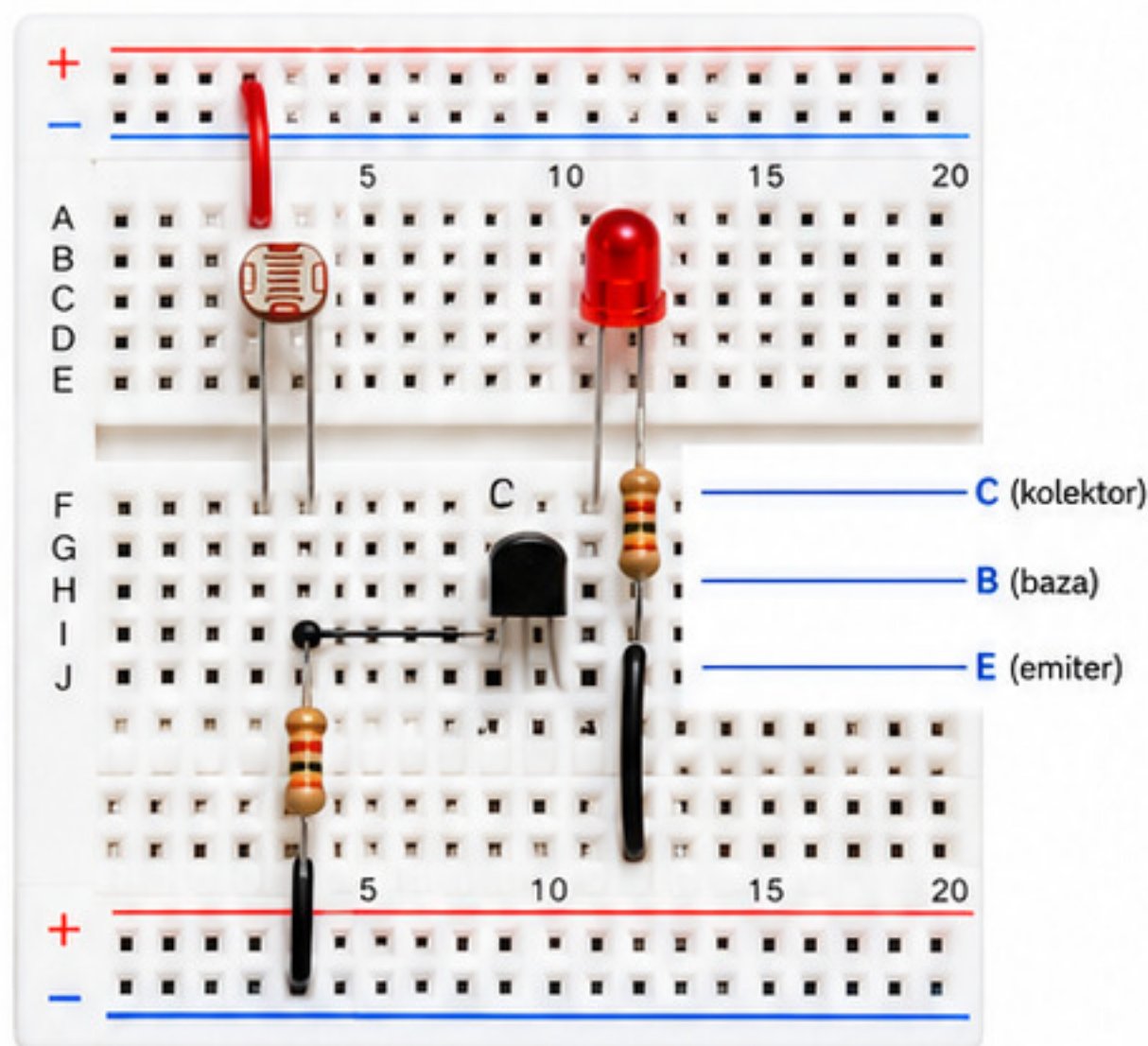
Potrzebne elementy

Schemat

Montaż na płytce stykowej

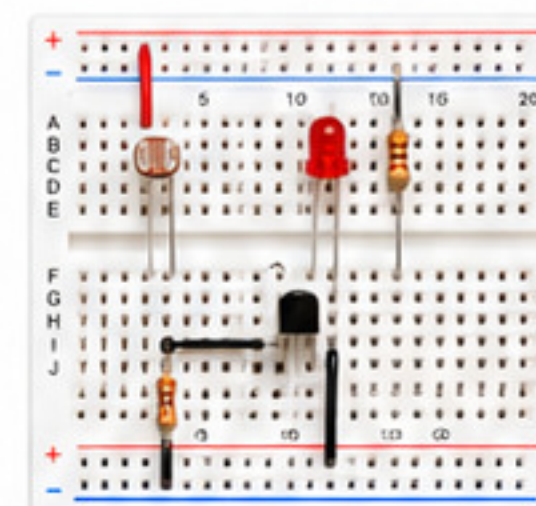
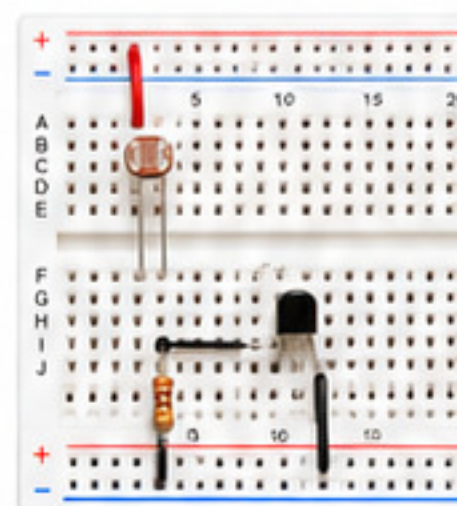
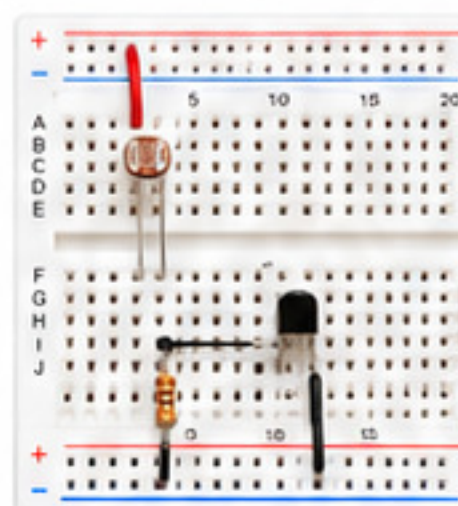
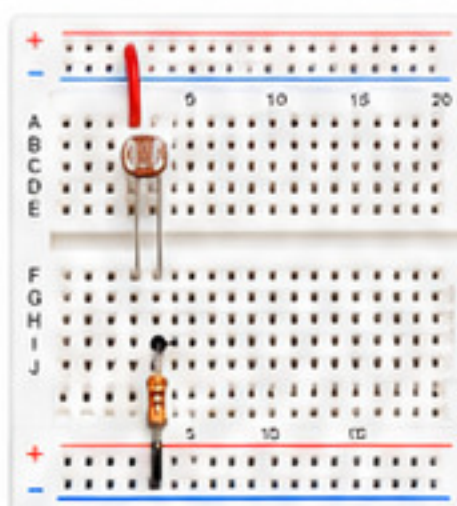
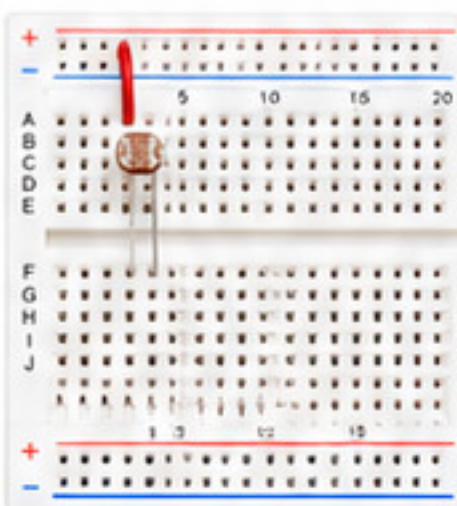


Wyprowadzenia tranzystora (2N2222)



Montaż krok po kroku

- 1 Podłącz fotorezystor LDR – jedną nóżkę do +5 V, drugą do wolnego rzędu.
- 2 Dodaj rezystor 10 k Ω z tego rzędu do dolnej szyny (-).
- 3 Włóż tranzystor NPN. Emiter (E) połącz z dolną szyną (-).
- 4 Połącz punkt dzielnika (między LDR a 10 k Ω) z bazą (B) tranzystora.
- 5 Podłącz rezystor 330 Ω od +5 V do kolektora (C). Dodaj LED (anoda do +5 V, katoda do kolektora).



Jak to działa?

Fotorezystor LDR zmienia swoją rezystancję w zależności od światła. Gdy jest jasno, jego rezystancja jest mała – baza tranzystora ma niski potencjał i LED pozostaje zgaszona. Gdy jest ciemno, rezystancja LDR rośnie, napięcie na bazie zwiększa się i tranzystor włącza LED.



Sprawdź sam

Zastój fotorezystor dłonią lub kawałkiem kartonu. LED powinna się włączyć. Odstoj czujnik – LED powinna zgasnąć.



Oczekiwany rezultat

Układ automatycznie reaguje na zmianę poziomu światła: w ciemności LED świeci, przy świetle dziennym gaśnie.



Eksperyment

Zmień wartość rezystora 10 k Ω na 4,7 k Ω , 22 k Ω lub 47 k Ω i sprawdź, jak zmienia się moment włączenia LED (czułość na światło).



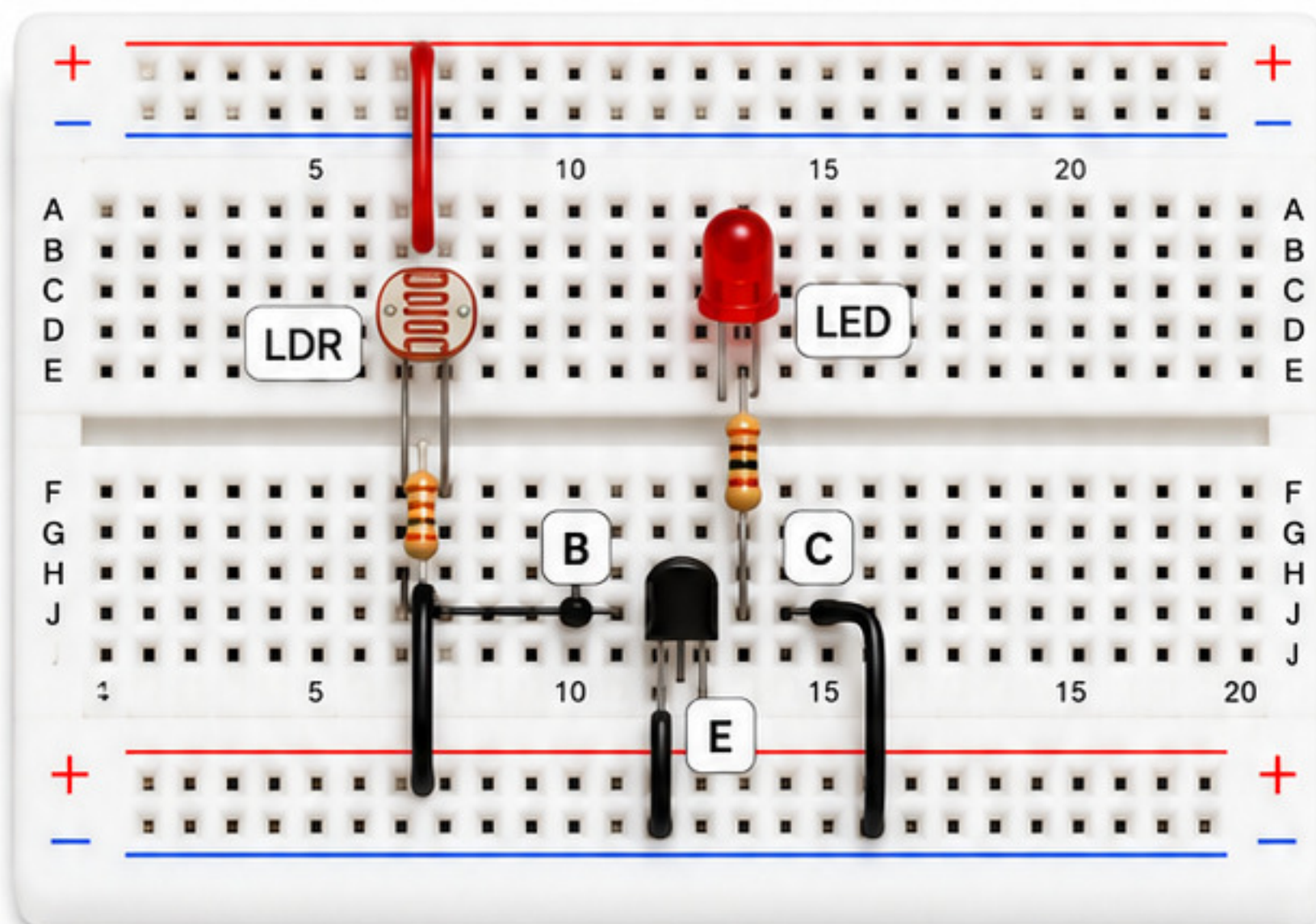
Najczęstsze błędy

- Nieprawidłowe wyprowadzenia tranzystora (C, B, E).
- Fotorezystor włożony tak, że obie nóżki są w tym samym rzędzie.
- Brak wspólnej masy – emiter nie połączony z (-).
- Odwrócona polaryzacja diody LED.

20

Układ 05 – Regulacja progu i test światła

Sprawdź, przy jakim poziomie oświetlenia układ z fotorezystorem LDR włącza diodę LED i jak zmienia się jego czułość.



Jak testować

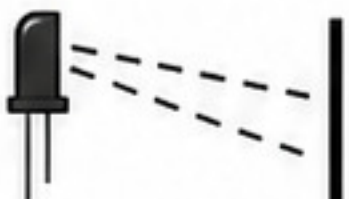
- 1 Włącz zasilanie 5 V DC.
- 2 Oświetl czujnik — LED powinna być zgaszona.
- 3 Zastój LDR dłonią lub kartonem.
- 4 Obserwuj moment załączenia LED.

Co regulować?

Poziom światła



Odległość źródła światła



Wartość rezystora 10 kΩ



Próg załączenia



więcej światła
= LED OFF



mniej światła
= LED ON



Jak to działa?

Fotorezystor LDR zmienia swoją rezystancję w zależności od poziomu oświetlenia. Wpływa to na napięcie na bazie tranzystora, które decyduje o jego przewodzeniu. Gdy jest ciemno, tranzystor włącza się i zapala LED.



Sprawdź sam

Zmniejsz ilość światła stopniowo i sprawdź, kiedy LED zapala się po raz pierwszy.



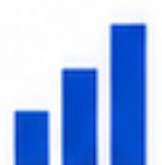
Oczekiwane obserwacje

LED pozostaje zgaszona przy silnym świetle i zapala się po zaciemnieniu czujnika.



Najczęstsze błędy

- Zastąpienie diody LED zamiast fotorezystora (LDR).
- Brak wspólnej masy — układ nie działa poprawnie.
- Błędne podłączenie wyprowadzeń tranzystora (B, C, E).
- Niestabilne źródło światła podczas testu.



Wnioski

Próg załączenia LED zależy od poziomu oświetlenia oraz wartości elementów w układzie, zwłaszcza rezystora 10 kΩ.



Eksperyment

Zmień rezystor 10 kΩ na 4,7 kΩ lub 22 kΩ i porównaj czułość układu.

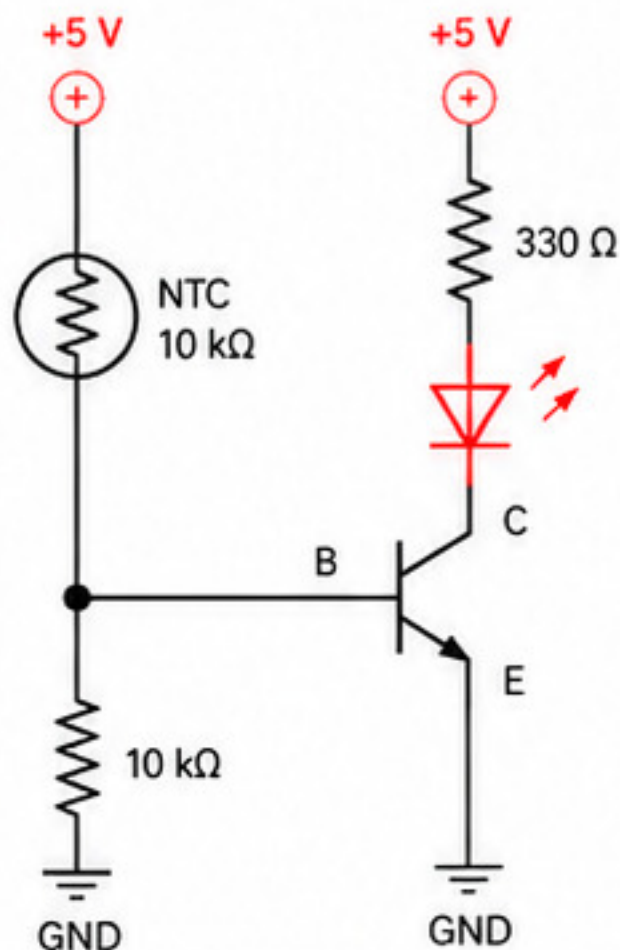
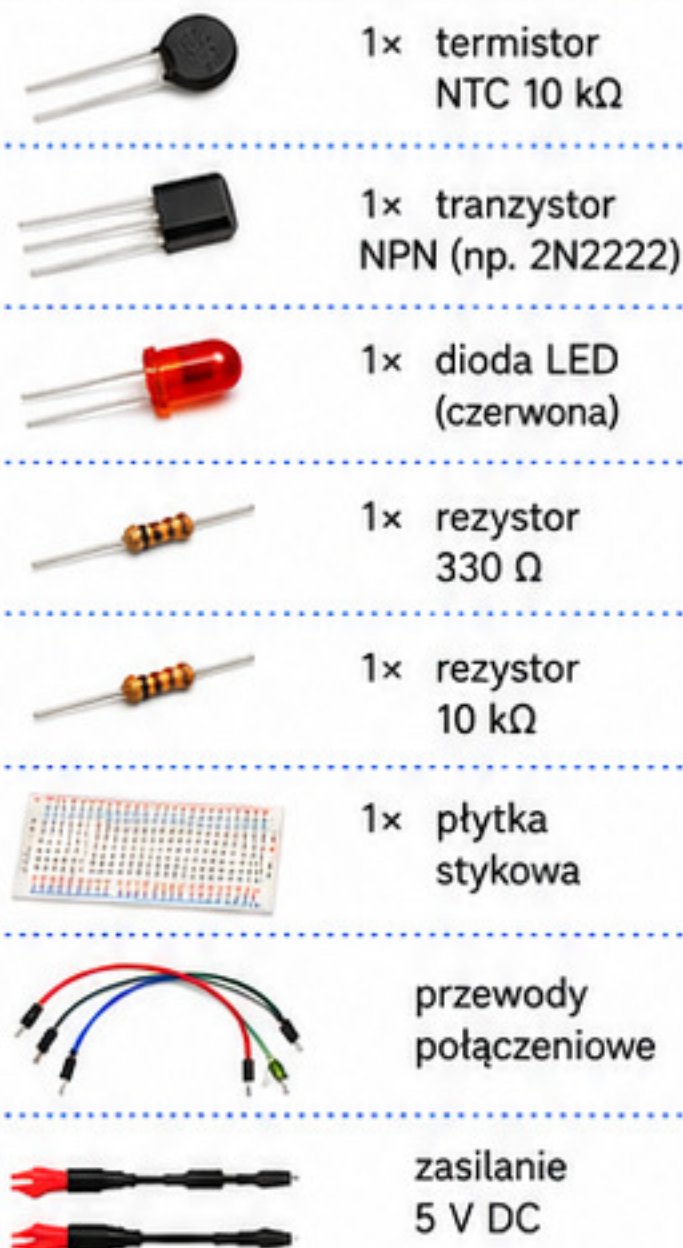
Układ 06 – Czujnik temperatury z termistorem NTC

Układ reaguje na wzrost temperatury. Gdy termistor NTC się nagrzewa, tranzystor włącza diodę LED.

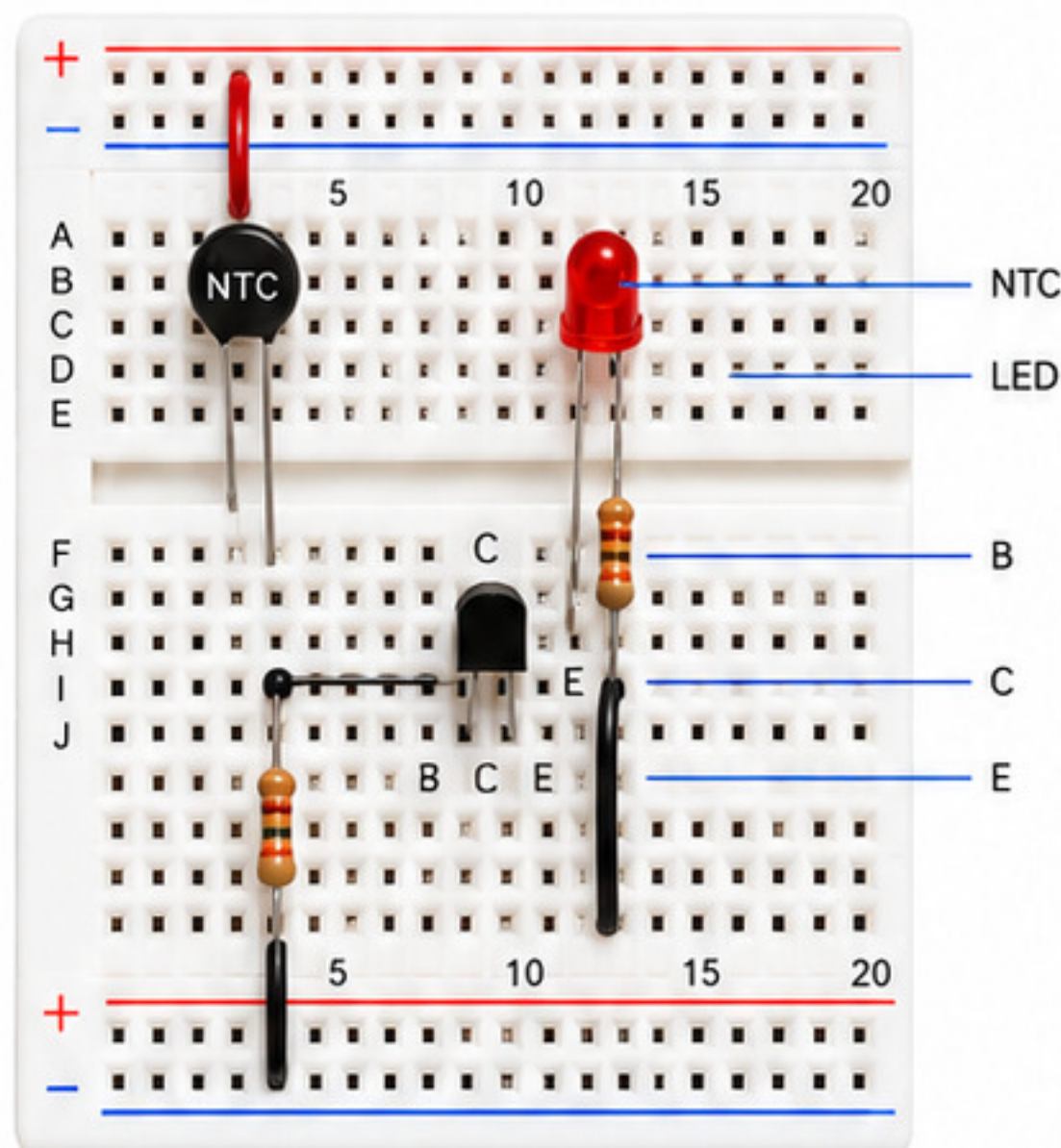
Potrzebne elementy

Schemat

Montaż na płytce stykowej

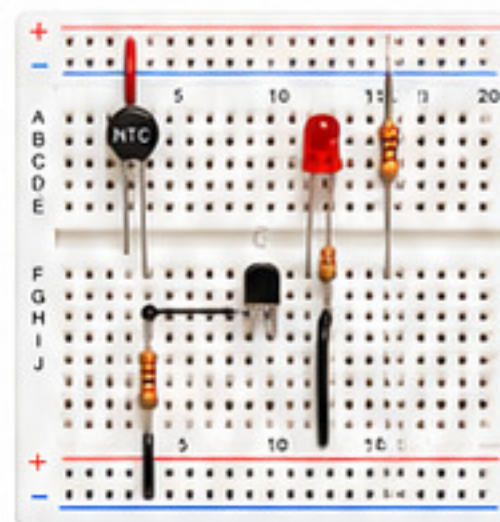
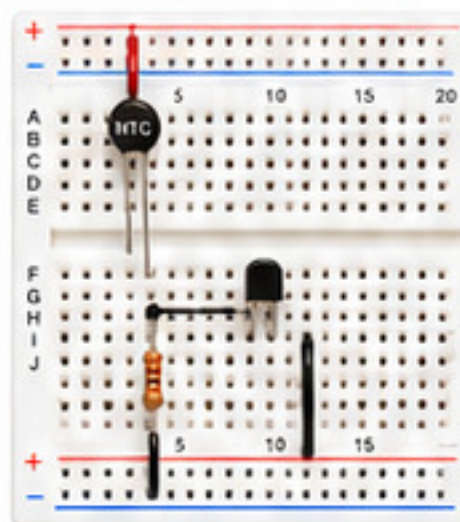
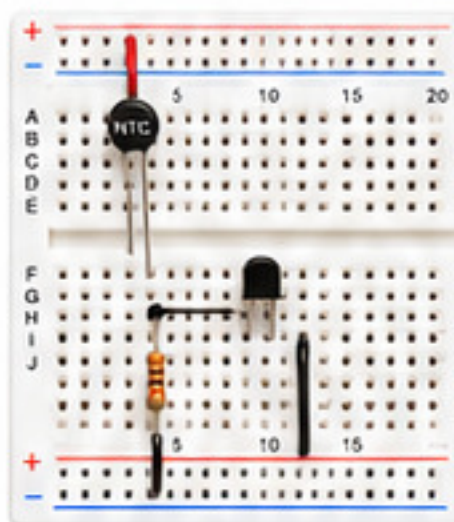
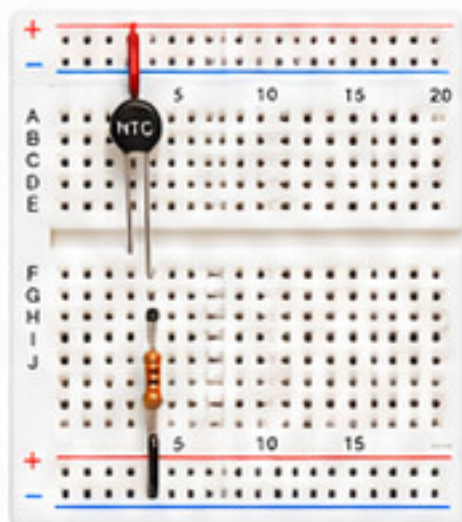
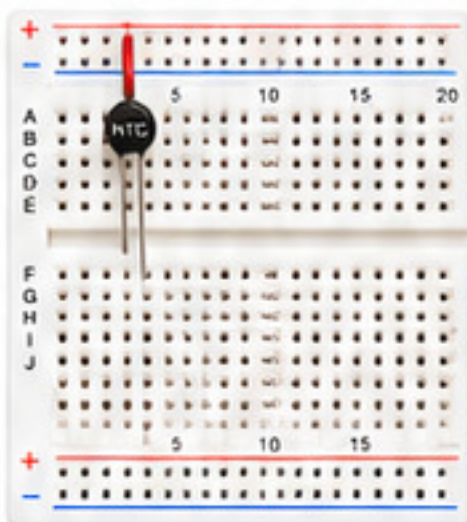


Wyprowadzenia tranzystora (2N2222):



Montaż krok po kroku

- 1 Podłącz termistor NTC – jedna nóżka do +5 V, druga do wolnego rzędu.
- 2 Dodaj rezystor 10 kΩ z tego rzędu do masy (–).
- 3 Włóż tranzystor NPN. Emiter (E) połącz z masą.
- 4 Połącz punkt dzielnika z bazą (B) tranzystora.
- 5 Dodaj LED i rezystor 330 Ω przy kolektorze (C).



Jak to działa?

Termistor NTC ma mniejszą rezystancję w wyższej temperaturze. W tej konfiguracji powoduje to wzrost napięcia na bazie tranzystora. Gdy napięcie jest wystarczające, tranzystor się włącza i dioda LED świeci.



Sprawdź sam

Ogrzej NTC palcami. LED powinna zapalić się lub świecić wyraźniej.



Oczekiwany rezultat

Układ reaguje na temperaturę – po ogrzaniu czujnika LED włącza się szybciej.



Najczęstsze błędy

- Nieprawidłowe wyprowadzenia tranzystora (C, B, E).
- Termistor NTC w tym samym rzędzie.
- Odwrócona polaryzacja diody LED.
- Brak wspólnej masy – emiter nie połączony z (–).



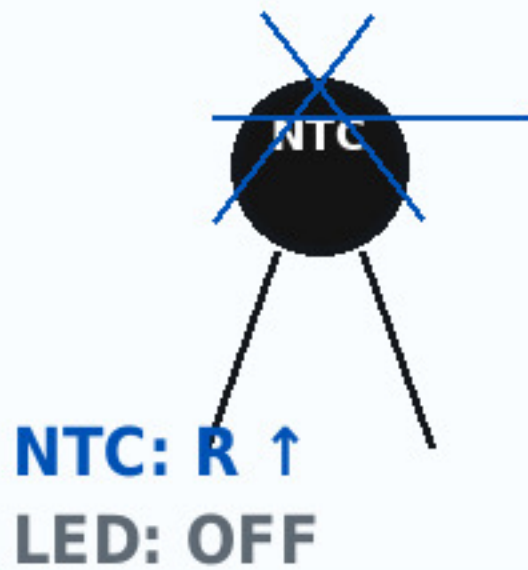
Eksperyment

Użyj kostki lodu lub ciepłego powietrza i porównaj zachowanie układu.

22 Układ 06 – Test temperatury i regulacja czułości

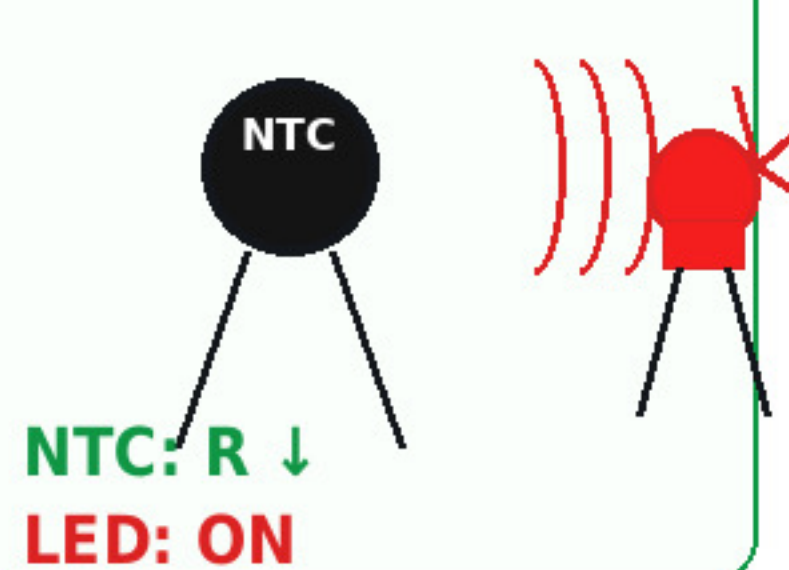
Od zimnego do ciepłego — ustaw własny próg działania LED.

a) chłodniej

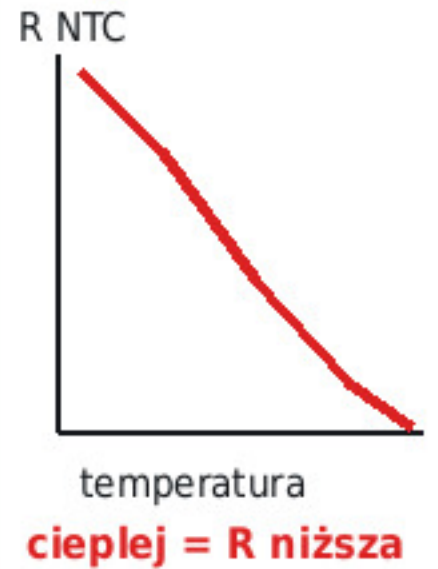


CIEPŁO $\uparrow$

b) ciepłej



Wykres



1 Jak testować

- 1 Ustaw potencjometr blisko momentu załączenia LED.
- 2 Ogrzej NTC palcami i obserwuj zmianę stanu.
- 3 Pozwól czujnikowi ostygnąć.
- 4 Powtórz test przy innym ustawieniu progu.

Pomiar punktu T

Czarna sonda: GND • Czerwona: punkt T

Stan NTC	Napięcie T	LED
pokojowa	___ V	___
ogrzany	___ V	___
po ostygnięciu	___ V	___

Wniosek: temperatura $\uparrow$ = rezystancja NTC $\downarrow$.
Ta zmiana steruje progiem układu.

i Jak to działa?

NTC zmienia rezystancję pod wpływem temperatury. Gdy robi się cieplej, rezystancja maleje, a napięcie w punkcie T steruje tranzystorem.

NTC → dzielnik → próg → LED



Potencjometr ustala, kiedy LED ma się włączyć.

✓ Sprawdź sam

Zmień próg potencjometrem i porównaj reakcję LED.

✓ Obserwacje

Ogrzewanie: LED ON. Stygnięcie: LED OFF.

! Błędy

- pomiar pod napięciem
- zły punkt T
- mylenie NTC

🔬 Eksperyment

Porównaj: temperatura pokojowa, ciepło dłoni i bezpiecznie chłodniejszy przedmiot.

i Zapamiętaj

To wskaźnik progu temperatury, nie precyzyjny termometr. Kalibracja zamienia zmianę czujnika w sygnał.

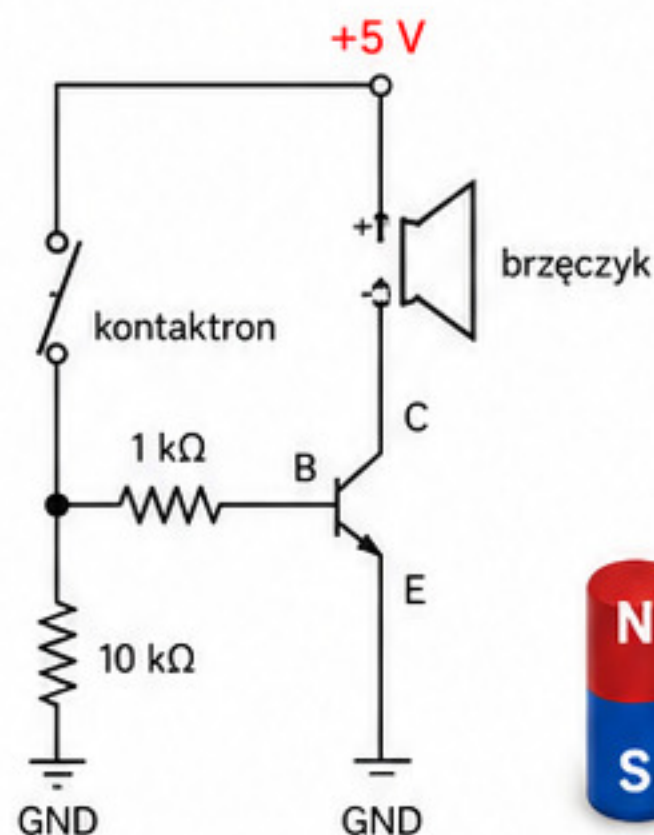
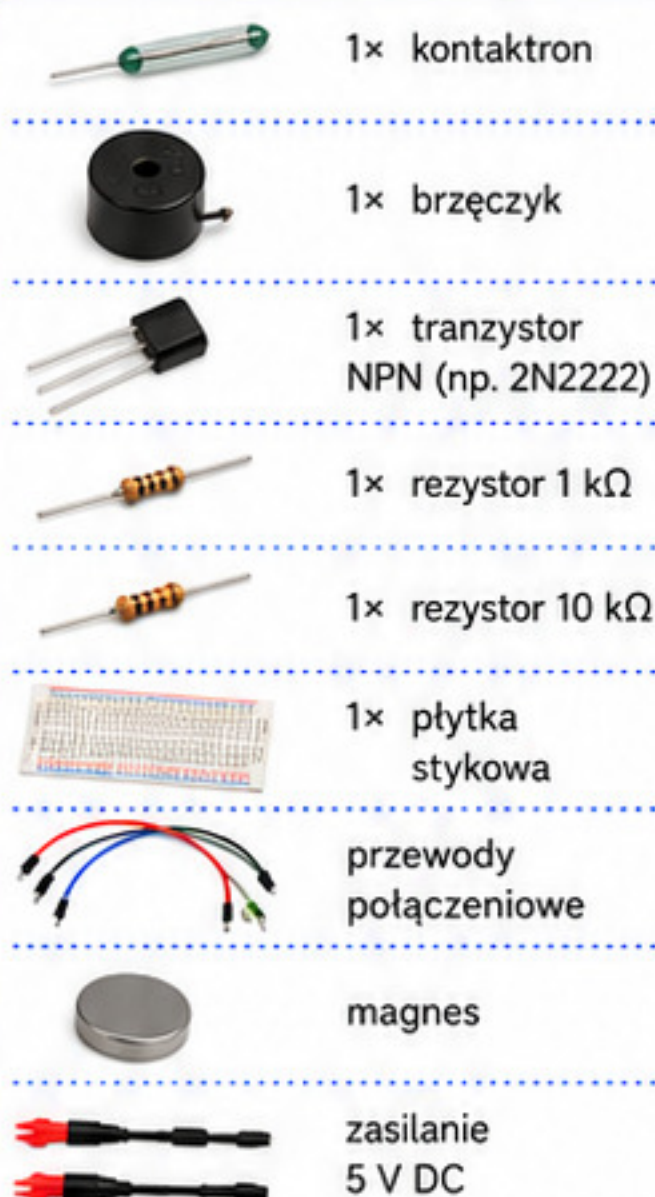
Układ 07 – Alarm magnetyczny z kontaktronem i brzęczykiem

Układ reaguje na obecność magnesu. Po zmianie stanu kontaktronu brzęczyk uruchamia alarm.

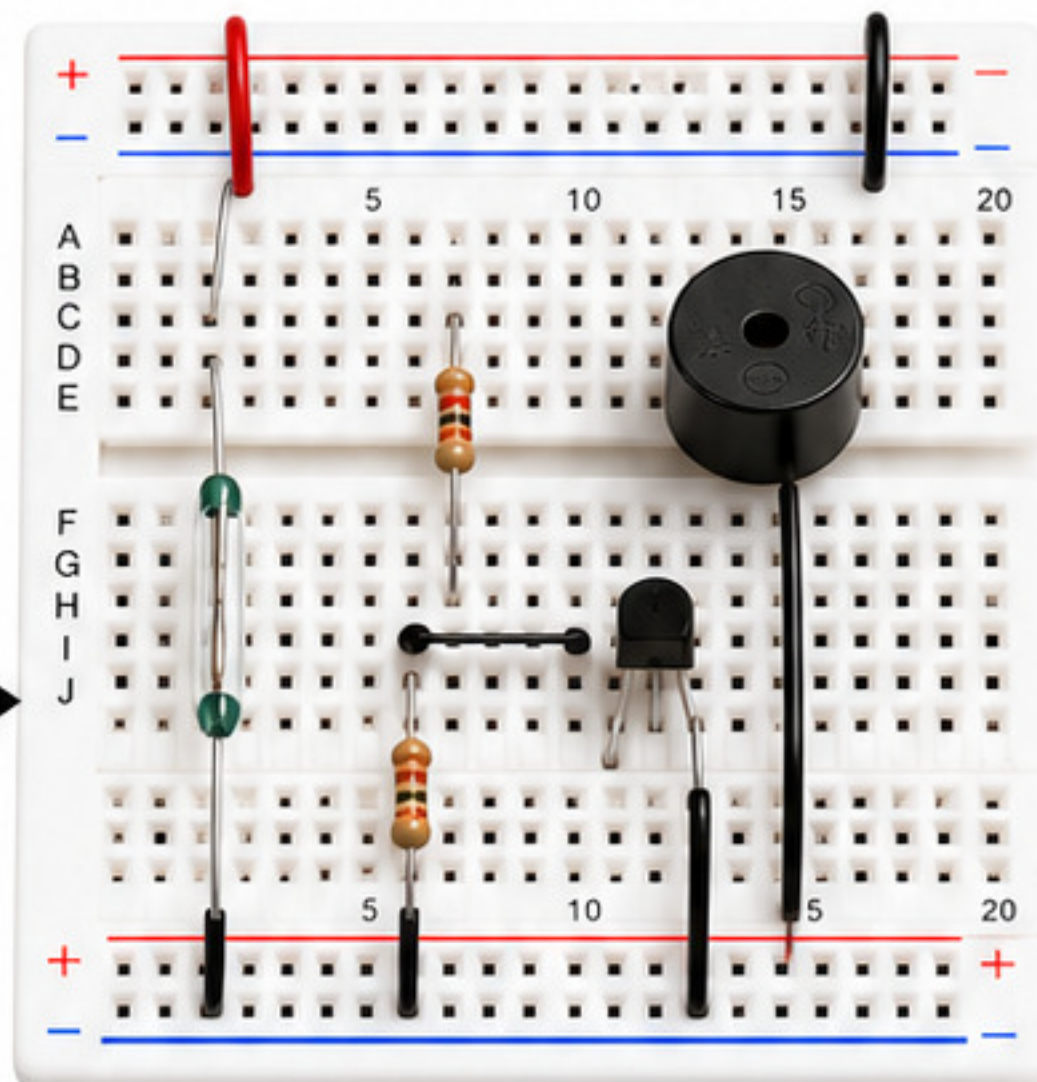
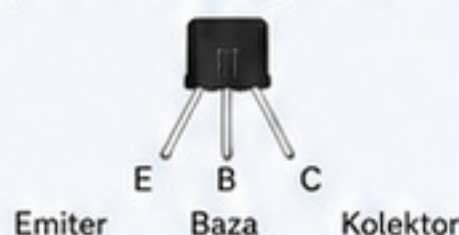
Potrzebne elementy

Schemat

Montaż na płytce stykowej

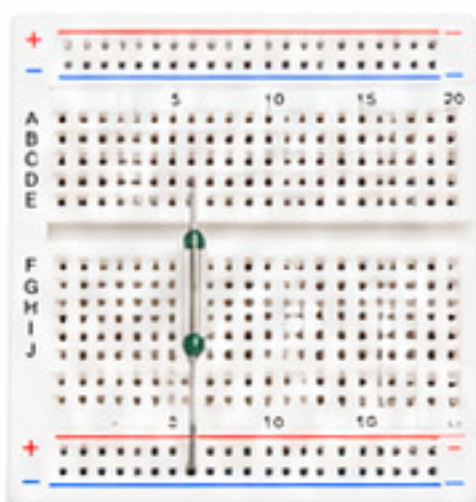


Wyprowadzenia tranzystora (2N2222)

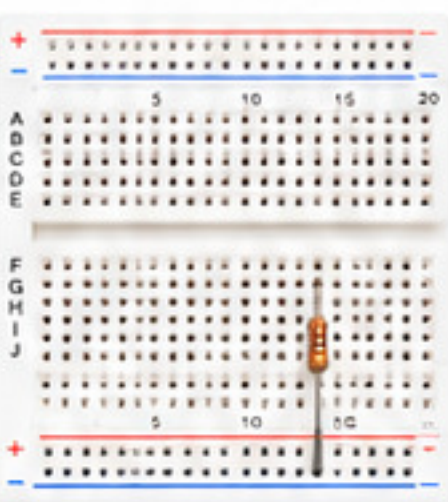


Montaż krok po kroku

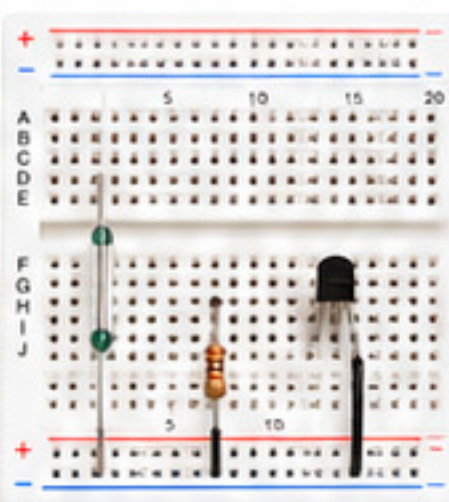
- 1** Włóż kontaktron w środkowej części płytki.



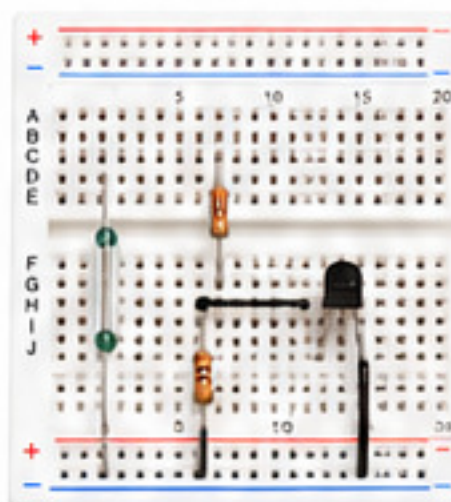
- 2** Dodaj rezystor 10 kΩ do masy jako rezystor podciągający / ustalający stan.



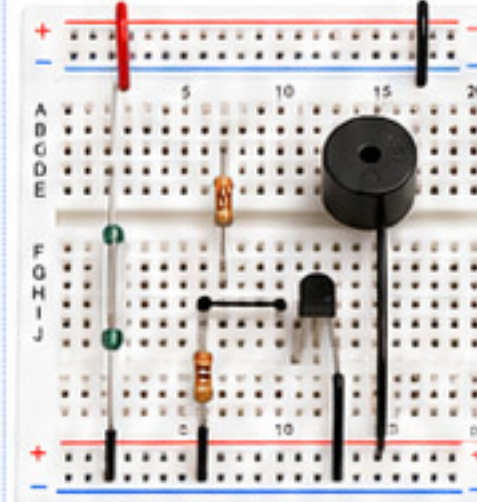
- 3** Włóż tranzystor NPN i połącz emiter z masą.



- 4** Połącz kontaktron z bazą tranzystora przez rezystor 1 kΩ.



- 5** Podłącz brzęczyk do kolektora i zasilania +5 V.



Jak to działa?

Kontaktron zmienia swój stan w obecności pola magnetycznego. Gdy się zamknie, prąd popłynie przez rezystor 1 kΩ do bazy tranzystora, który się włączy i zasili brzęczyk. Gdy się otworzy – tranzystor się wyłączy, a brzęczyk zamilknie.



Sprawdź sam

Zbliż i oddal magnes od kontaktronu. Obserwuj, kiedy włącza się brzęczyk.



Oczekiwany rezultat

Układ zmienia stan po zbliżeniu lub oddaleniu magnesu, uruchamiając alarm.



Najczęstsze błędy

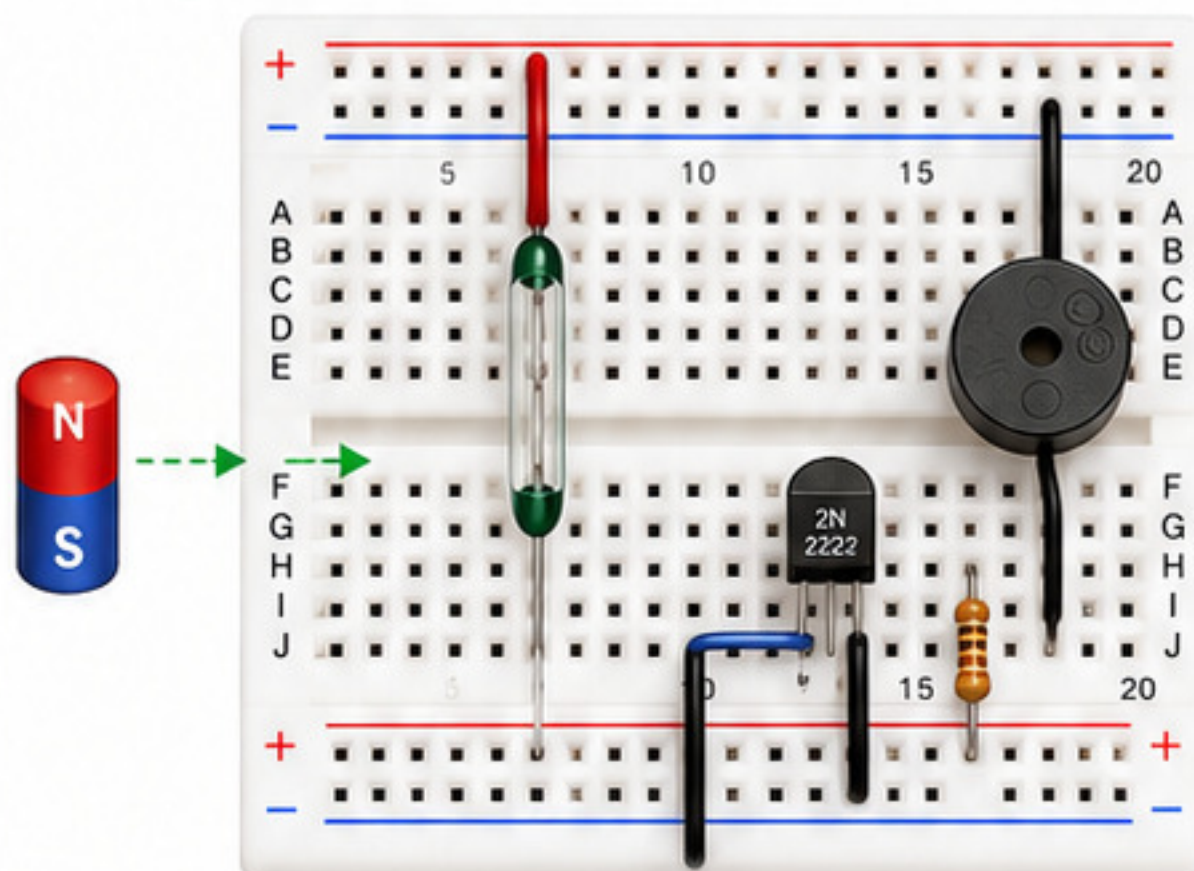
- Kontaktron w tej samej linii – nie zadziała poprawnie.
- Odwrotna polaryzacja brzęczyka (+ do masy).
- Nieprawidłowe podłączenie nóżek tranzystora (C, B, E).
- Brak wspólnej masy – układ nie działa.



Eksperyment

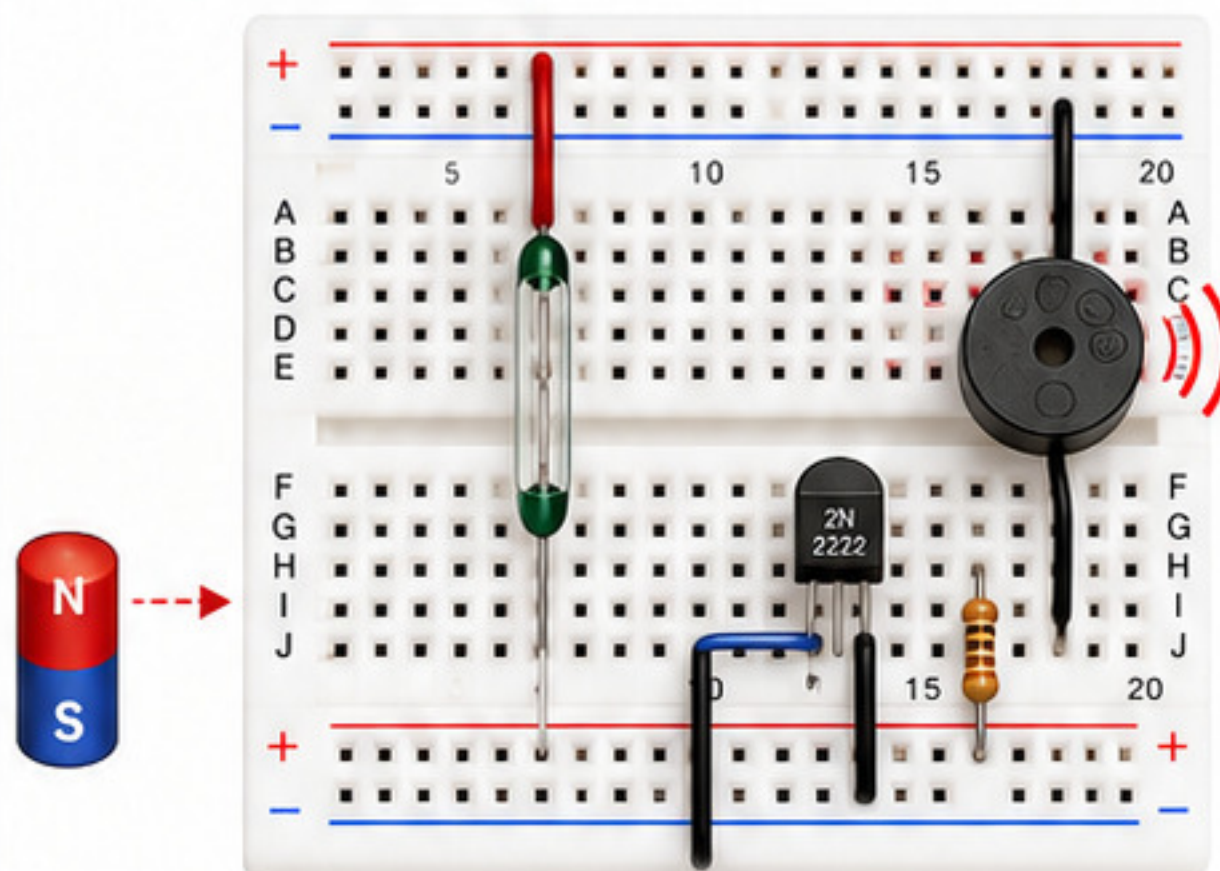
Przenieś kontaktron w inne miejsce i sprawdź czułość działania z różną odległością magnesu.

a) magnes blisko



Brzęczyk: OFF
(brak dźwięku)

b) magnes oddalony



Brzęczyk: ON
(słysać dźwięk)

Jak testować

- 1 Podłącz zasilanie 5 V DC.
- 2 Zbliz magnes do kontaktronu.
- 3 Oddal magnes i porównaj stan.
- 4 Sprawdź, czy brzęczyk reaguje pewnie.

Stany układu

Stan	Kontaktron	Brzęczyk
magnes blisko	zamknięty	OFF (cicho)
magnes oddalony	otwarty	ON (dźwięk)



Jak to działa?

Kontaktron (czujnik magnetyczny) zmienia stan w zależności od pola magnetycznego. Gdy jest zamknięty, baza tranzystora jest połączona z masą przez rezystor, tranzystor jest wyłączony i brzęczyk milczy. Gdy kontaktron się otworzy, baza zostaje podciągnięta przez rezystor, tranzystor włącza się i uruchamia brzęczyk.



Sprawdź sam

Powtarzaj ruch magnesu kilka razy i oceń powtarzalność działania.



Oczekiwany rezultat

Brzęczyk uruchamia się tylko w wybranym stanie kontaktronu.



Najczęstsze błędy

- Zbyt słaby magnes — brak zadziałania kontaktronu.
- Zbyt duża odległość magnesu od kontaktronu.
- Nieprawidłowe podłączenie brzęczyka lub tranzystora.
- Luźne połączenia na płytce stykowej.



Wnioski

Czujniki magnetyczne są przydatne do wykrywania otwarcia lub zamknięcia drzwi, okien, kłap i szuflad. Umożliwiają prostą diagnostykę stanu urządzeń.



Eksperyment

Sprawdź, jak zmienia się działanie po obroceniu kontaktronu i zmianie położenia magnesu.

25

Układ 08 – Prosty czujnik dotyku

Po dotknięciu dwóch pól palcem przez ciało przepływa niewielki prąd, który steruje tranzystorem i włącza diodę LED.

Potrzebne elementy



1× tranzystor
NPN (np. 2N2222)



1× dioda LED



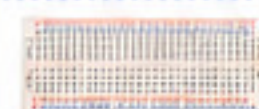
1× rezystor 330 Ω



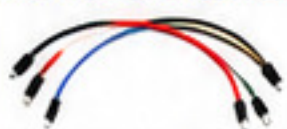
1× rezystor 1 M Ω



2× pola dotykowe /
przewody czujnika



1× płytki stykowa

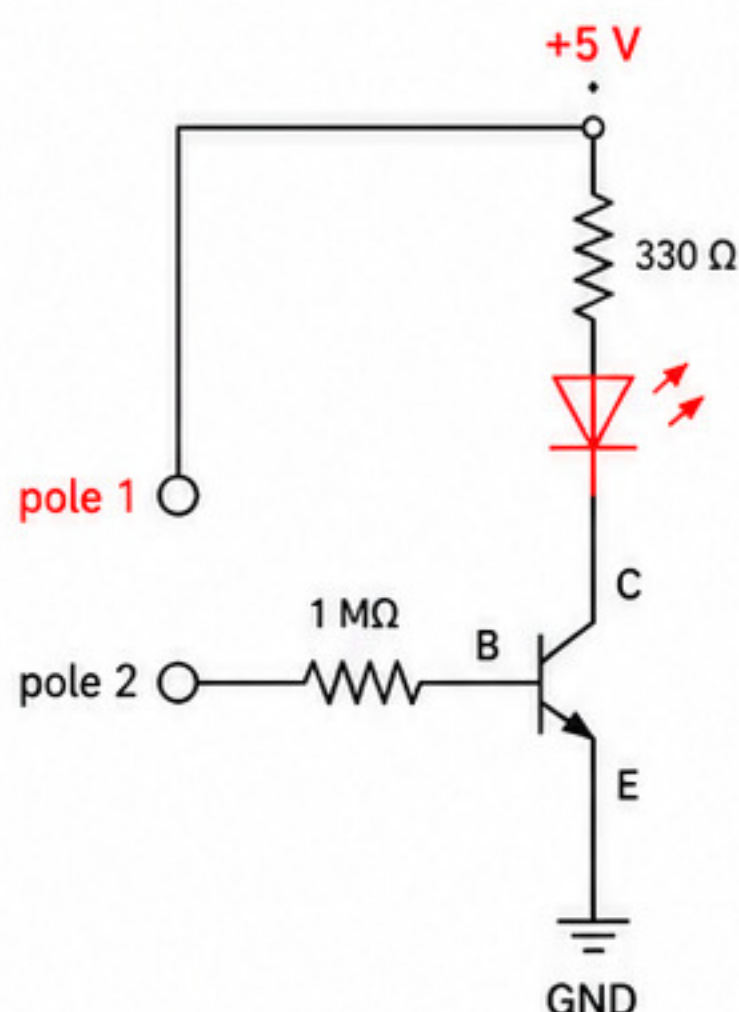


przewody
połączeniowe

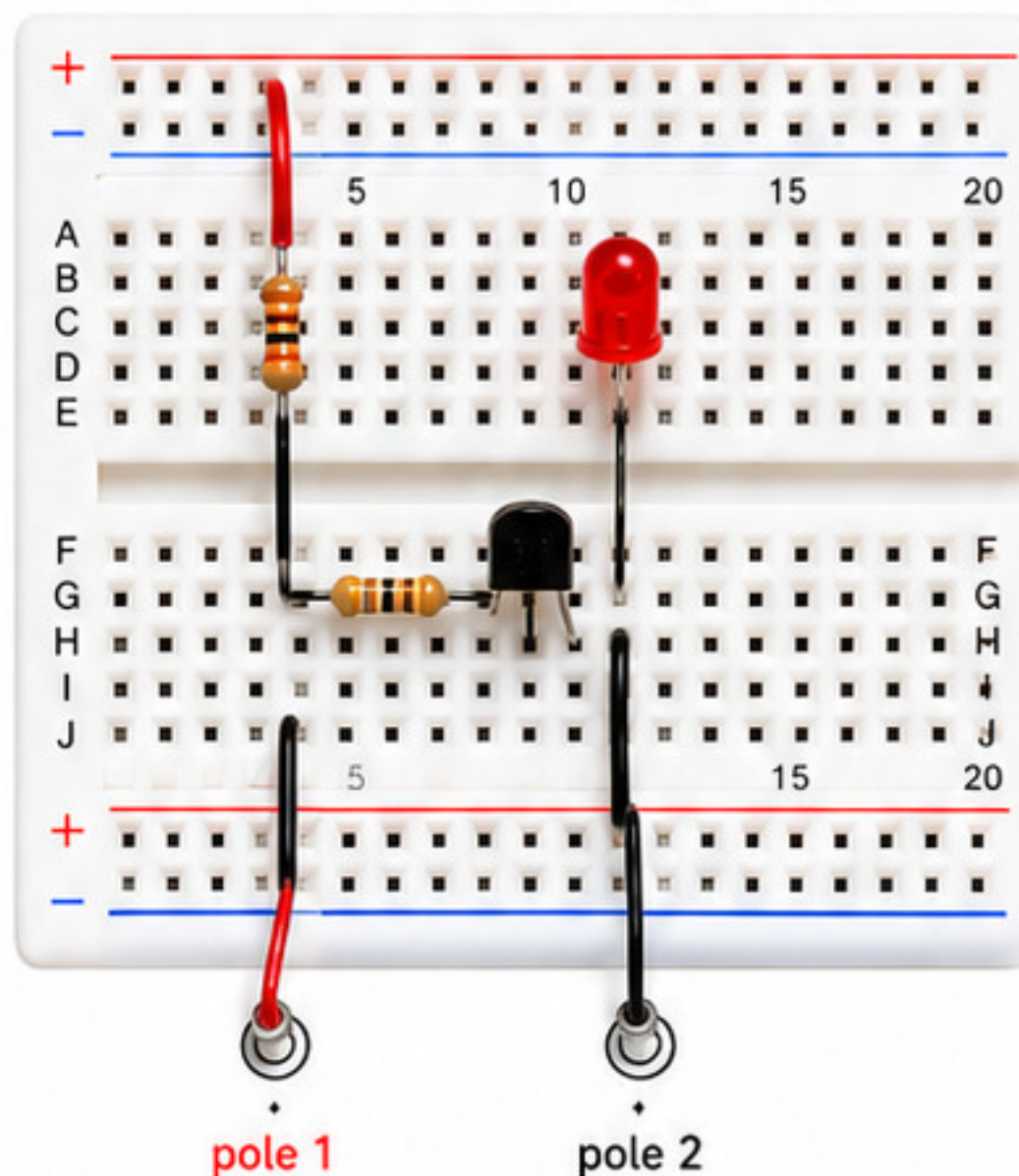


zasilanie
5 V DC

Schemat

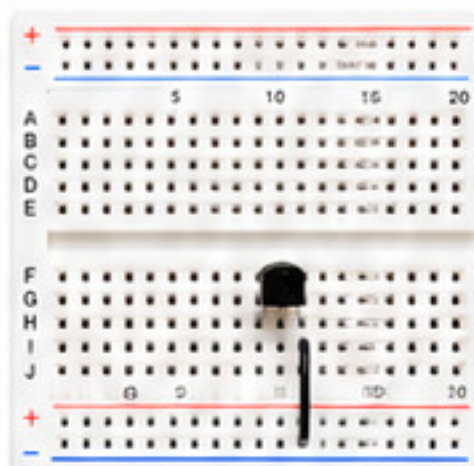


Montaż na płytce stykowej

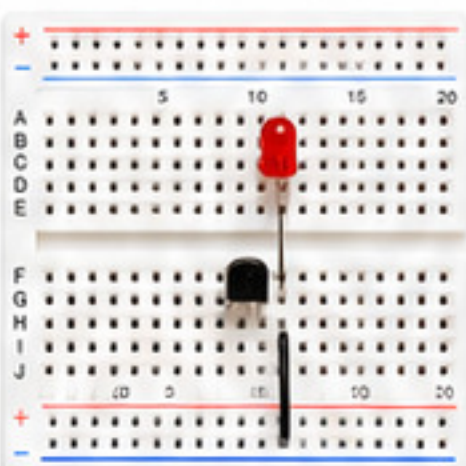


Montaż krok po kroku

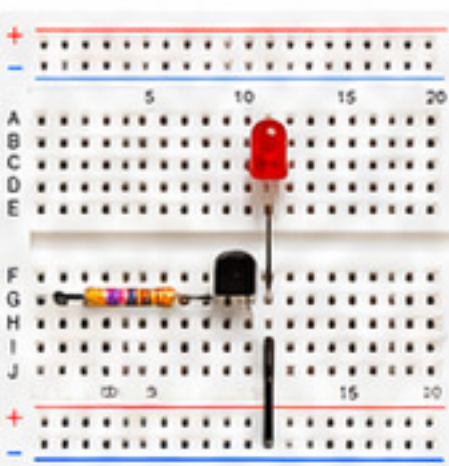
- 1 Włóż tranzystor NPN i połącz emiter z masą.



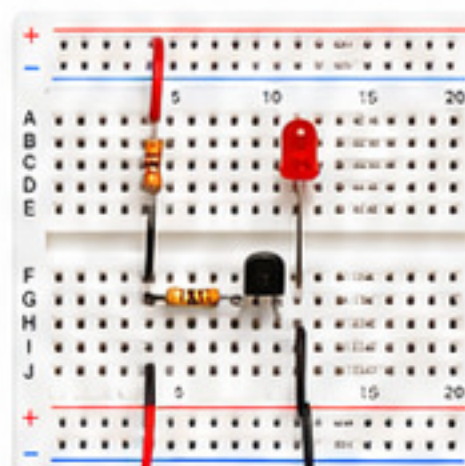
- 2 Dodaj LED z rezystorem 330 Ω przy kolektorze.



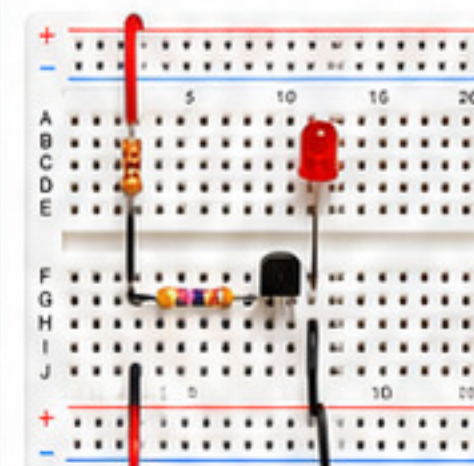
- 3 Podłącz rezystor 1 M Ω do bazy tranzystora.



- 4 Wyprowadź dwa przewody jako pola dotykowe.



- 5 Połącz jedno pole z +5 V, drugie z rezystorem prowadzącym do bazy.



Jak to działa?

Po dotknięciu dwóch pól prąd przepływa przez ciało człowieka i przez rezystor 1 M Ω do bazy tranzystora. Nawet bardzo mały prąd bazy włącza tranzystor, który przewodzi większy prąd kolektor–emiter i zasila diodę LED.



Sprawdź sam

Dotknij jednocześnie obu pól.
LED powinna się zapalić.



Oczekiwany rezultat

Układ reaguje na dotyk i włącza LED tylko przy kontakcie z polami.



Eksperyment

Zmień rezystor 1 M Ω na 470 k Ω lub 2,2 M Ω i porównaj czułość.

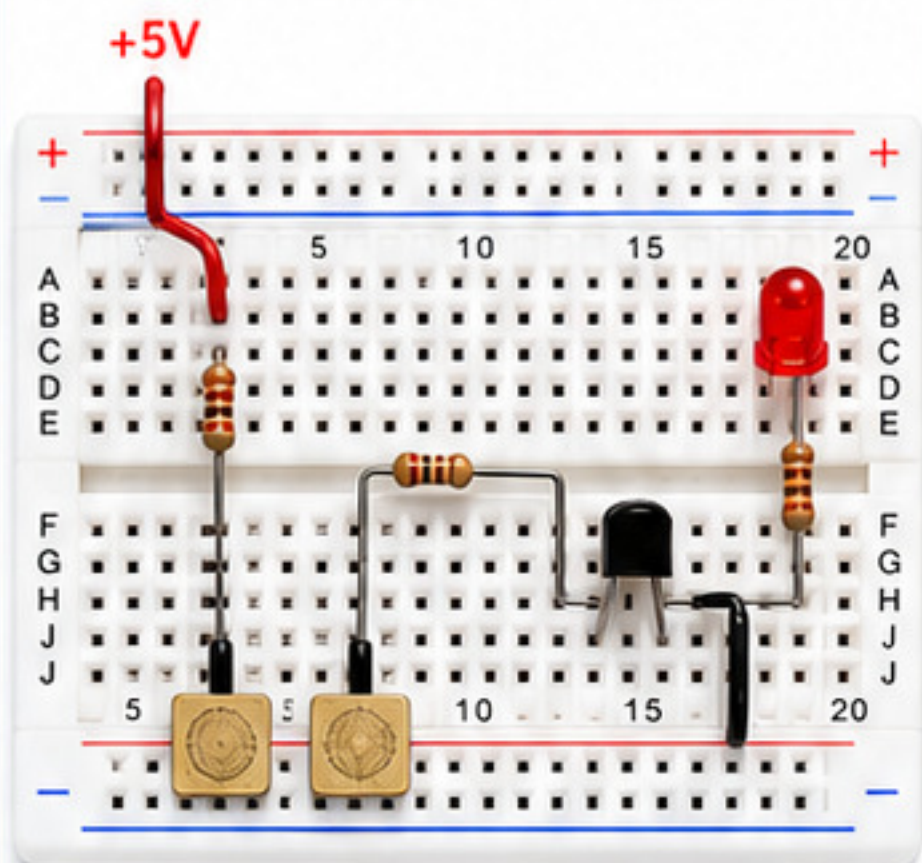


Najczęstsze błędy

- Zbyt mała wartość rezystora (np. 10 k Ω) – układ będzie zbyt czuły lub zaświeci samoczynnie.
- Dotknięcie tylko jednego pola – LED nie zadziała.
- Brak połączenia z masą (emiter nie do GND).
- Odwrócone wyprowadzenia tranzystora (C, B, E).

Sprawdź, jak dotyk wpływa na działanie układu i dlaczego tranzystor potrafi wzmacnić bardzo mały sygnał.

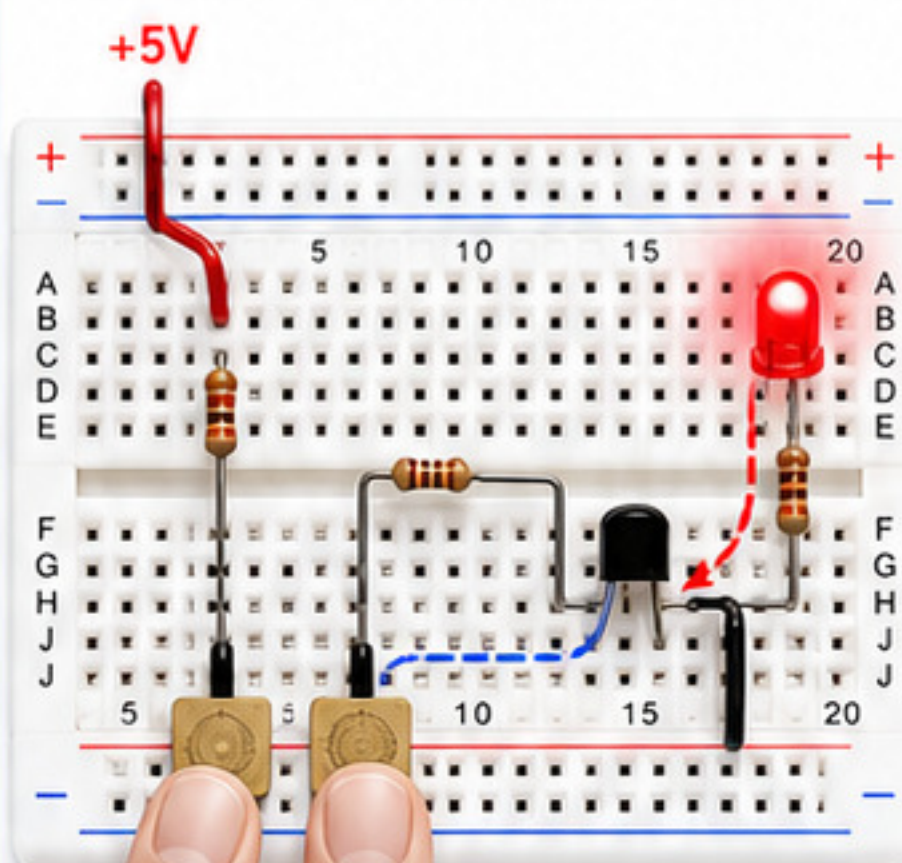
a) bez dotyku — LED OFF

prąd bazy $\approx 0 \mu\text{A}$ prąd kolektora $\approx 0 \text{ mA}$

LED OFF



b) dotknięcie pól — LED ON

prąd bazy $\approx 1\text{--}10 \mu\text{A}$ prąd kolektora $\approx 5\text{--}20 \text{ mA}$

LED ON



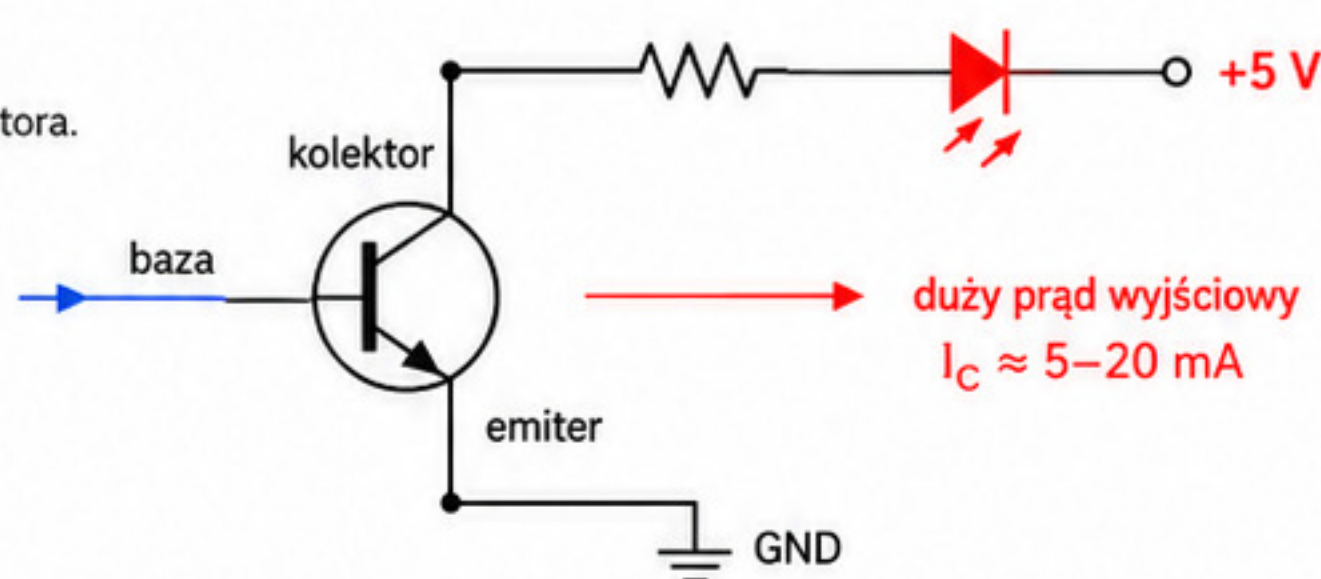
Jak testować

- 1 Włącz zasilanie 5 V DC.
- 2 Nie dotykaj pól — sprawdź stan spoczynkowy.
- 3 Dotknij obu pól jednocześnie.
- 4 Porównaj jasność i pewność działania.

Jak działa wzmacnienie?

Mały prąd bazy steruje dużo większym prądem kolektora.

mały prąd wejściowy
 $I_B \approx 1\text{--}10 \mu\text{A}$



duży prąd wyjściowy
 $I_C \approx 5\text{--}20 \text{ mA}$



Jak to działa?

Dotyk palców zwiększa przewodność skóry, dzięki czemu przez rezystory do bazy tranzystora płynie bardzo mały prąd. Ten mały prąd steruje dużym prądem kolektora, który zapala LED. To zjawisko nazywamy wzmacnieniem.



Sprawdź sam

Zwilż lekko opuszki palców i porównaj reakcję układu.



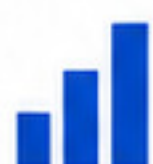
Oczekiwany rezultat

LED zapala się po dotknięciu obu pól, a bez dotyku pozostaje zgaszona.



Najczęstsze błędy

- Dotykanie tylko jednego pola.
- Luźne połączenia przewodów.
- Zbyt małe napięcie zasilania.
- Odwrócona polaryzacja lub nieprawidłowe wpięcie tranzystora.



Wnioski

Bardzo małe sygnały wejściowe (prąd bazy) mogą sterować dużymi prądami wyjściowymi (prąd kolektora). To fundament działania tranzystorów w elektronice.

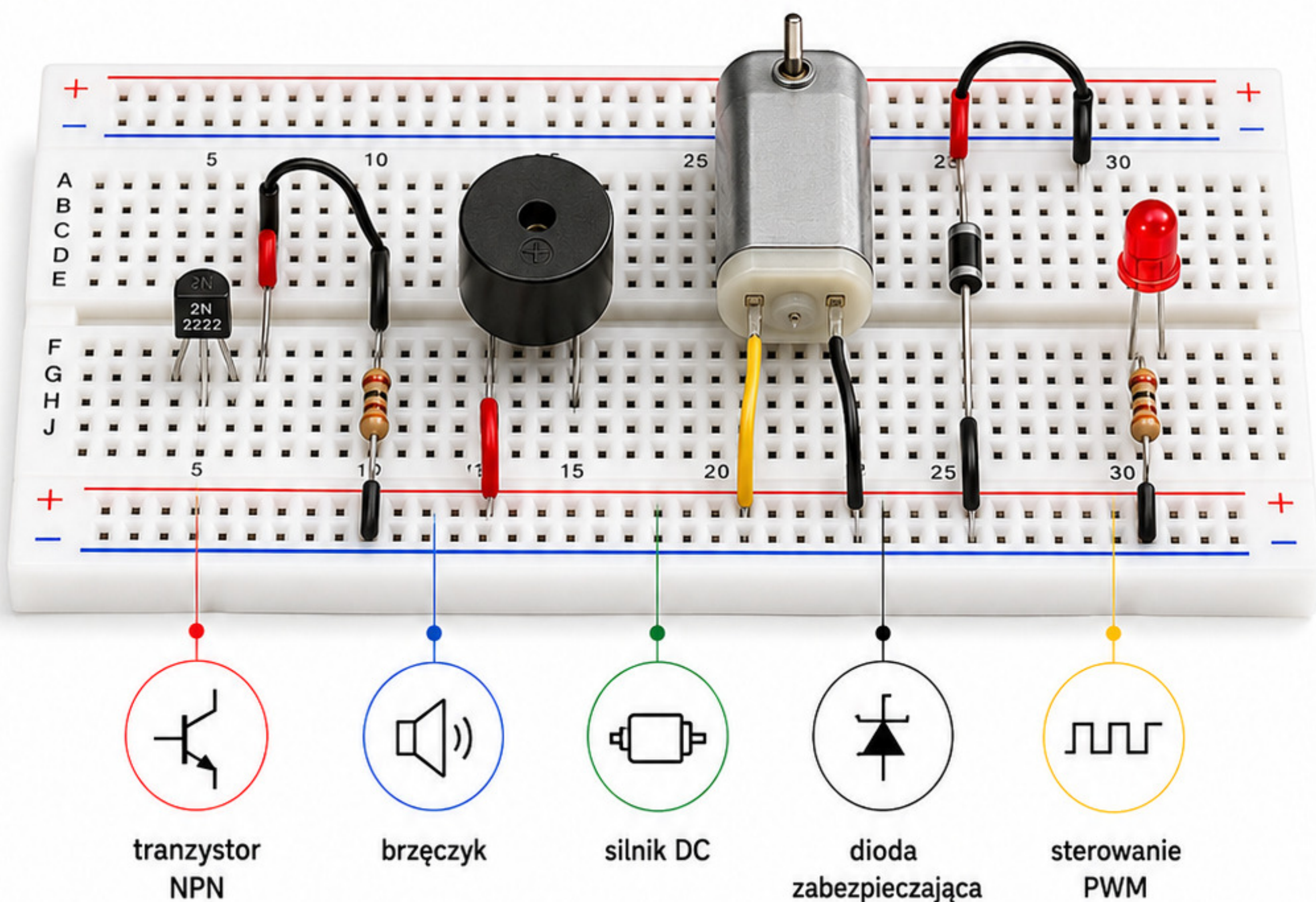


Eksperyment

Porównaj rezystory 470 kΩ, 1 MΩ i 2,2 MΩ i oceń czułość czujnika.

04 – Tranzystory, brzęczyki i silniki

W tym module poznasz praktyczne zastosowania tranzystora NPN jako przełącznika, nauczysz się sterować brzęczykiem oraz małym silnikiem DC i zobaczysz, jak działa regulacja PWM.



przełączanie



dźwięk



ruch



sterowanie

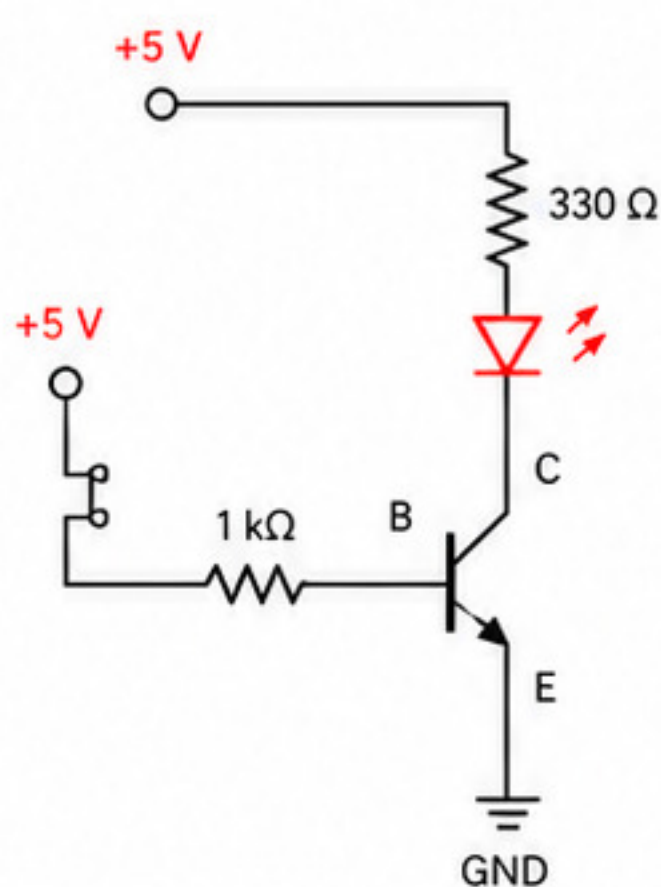
Układ 09 – Tranzystor NPN jako przełącznik

Zobacz, jak niewielki sygnał na bazie tranzystora może włączyć większe obciążenie — diodę LED.

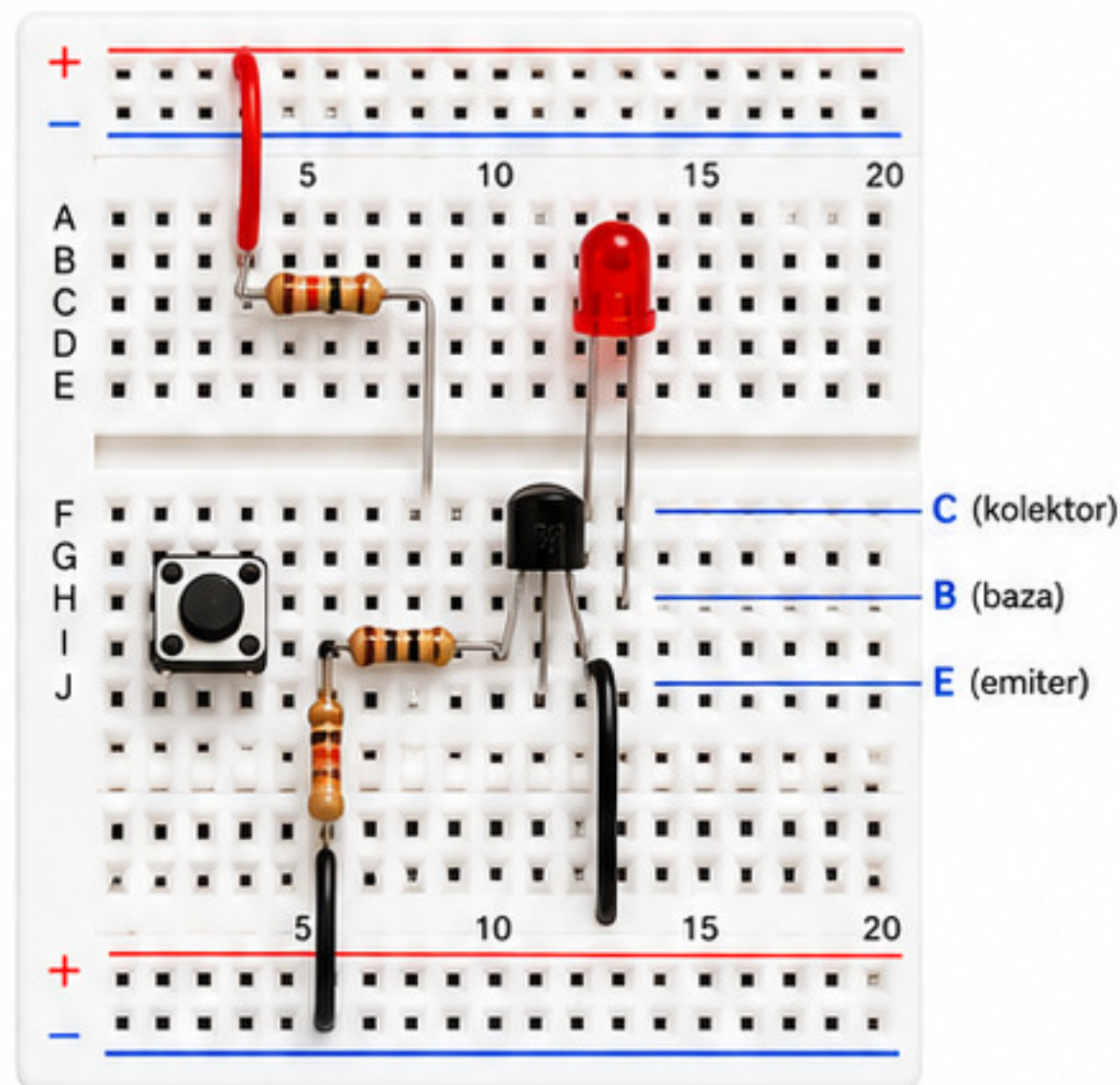
Potrzebne elementy

Schemat

Montaż na płytce stykowej

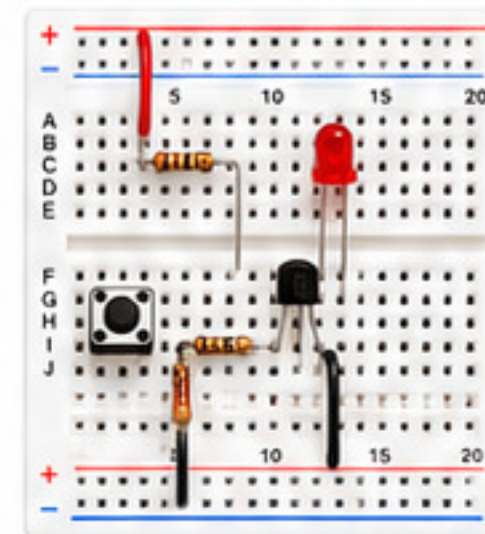
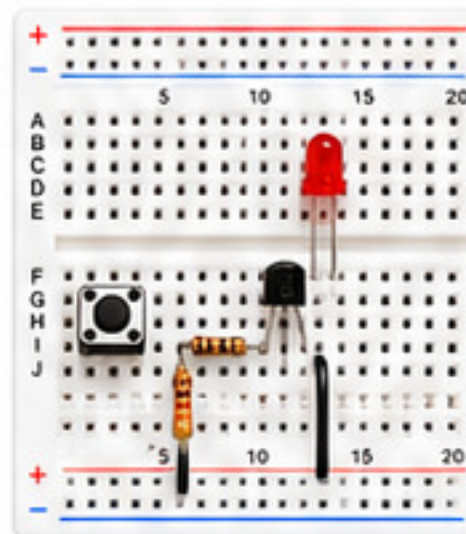
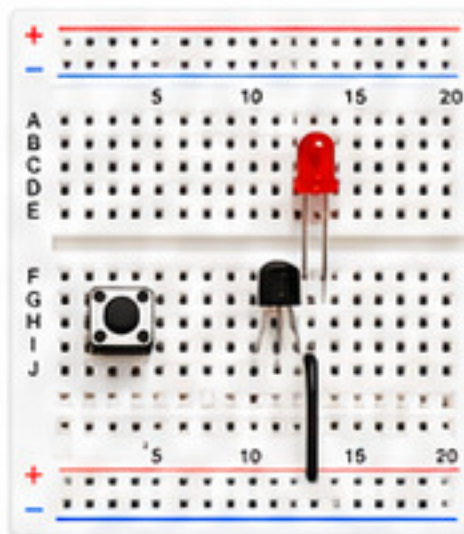
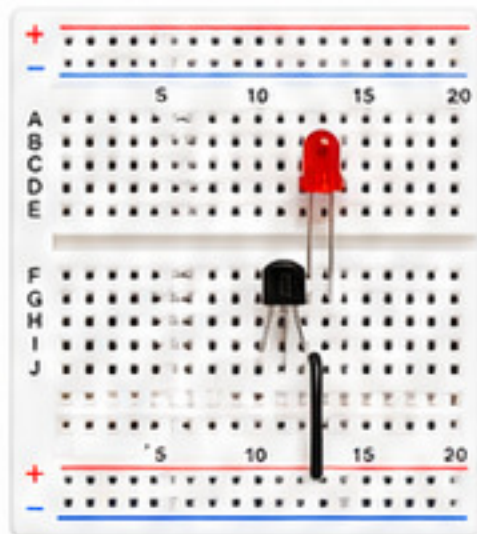
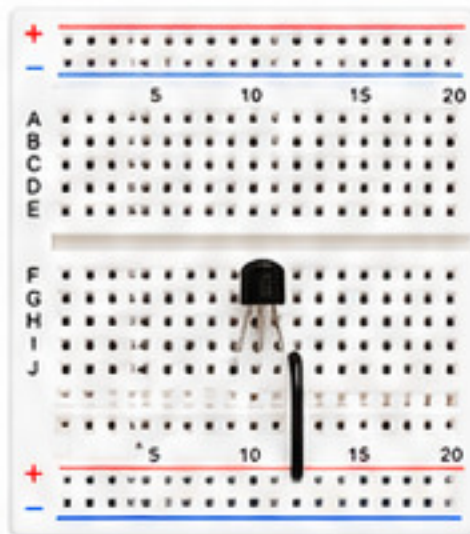


Wyprowadzenia tranzystora (2N2222)



Montaż krok po kroku

- 1 Włóż tranzystor NPN i połącz emiter z masą.
- 2 Dodaj LED z rezystorem 330 Ω przy kolektorze.
- 3 Wstaw przycisk chwilowy.
- 4 Połącz bazę przez rezystor 1 kΩ z przyciskiem.
- 5 Podłącz zasilanie +5 V i sprawdź działanie.



Jak to działa?

Naciśnięcie przycisku podaje +5 V na bazę tranzystora przez rezystor 1 kΩ. Mały prąd bazy włącza tranzystor, który przewodzi prąd między kolektorem i emiterem, zasilając diodę LED. Tranzystor działa jak elektroniczny przełącznik.



Sprawdź sam

Naciśnij przycisk — LED powinna się zapalić.



Oczekiwany rezultat

Tranzystor działa jak elektroniczny przełącznik.



Najczęstsze błędy

- Zamienione wyprowadzenia tranzystora (B, C, E).
- Brak rezystora w bazie.
- Odwrócona polaryzacja diody LED.
- Brak wspólnej masy (GND).



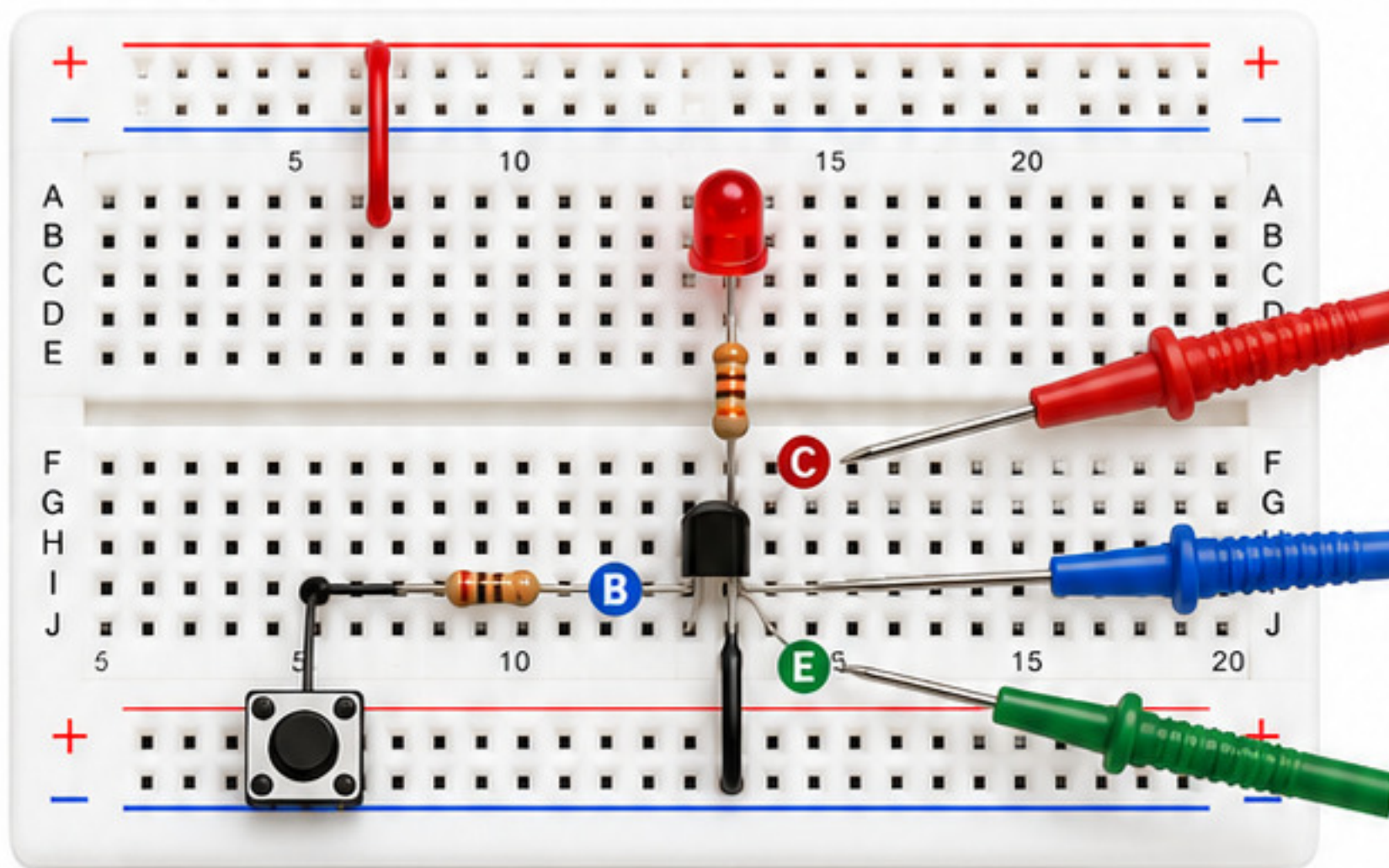
Eksperyment

Zamiast LED podłącz mały brzęczyk i porównaj działanie.

29 Układ 09 – Test bazy, kolektora i emitera

Sprawdź napięcia i stany pracy tranzystora NPN oraz zrozum rolę bazy, kolektora i emitera.

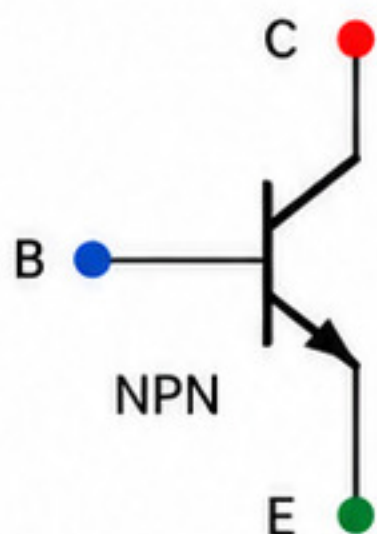
Układ pod testem



Jak testować układ

- 1 Sprawdź połączenia.
- 2 Włącz zasilanie 5 V DC.
- 3 Zmierz napięcie baza-emiter.
- 4 Naciśnij przycisk i obserwuj LED.

Punkty pomiarowe



- 1 $B-E \approx 0,6-0,7 \text{ V}$ przy włączeniu
- 2 Kolektor zmienia stan po wystrojeniu
- 3 Emiter połączony z GND

Oczekiwane wartości



Napięcie zasilania:

5 V DC



Baza-emiter:

ok. 0,6–0,7 V



LED:

świeci po wystrojeniu bazy



Jak to działa?

Baza steruje tranzystorem. Niewielki prąd płynący przez bazę (przez rezystor i przycisk) włącza tranzystor. Wtedy prąd może popłynąć z kolektora do emitera i zaświecić LED. Emiter jest połączony z GND i stanowi punkt odniesienia.



Sprawdź sam

Odłącz przewód bazy.
LED nie powinna się zapalić.



Wnioski

Mały prąd bazy steruje większym prądem kolektora.



Najczęstsze błędy

- Pomiary wykonane między niewłaściwymi pinami.
- Brak rezystora bazy.
- Brak wspólnej masy (GND).
- Nieprawidłowa orientacja tranzystora.



Eksperyment

Porównaj zachowanie układu z rezystorem bazy 1 k Ω i 4,7 k Ω .

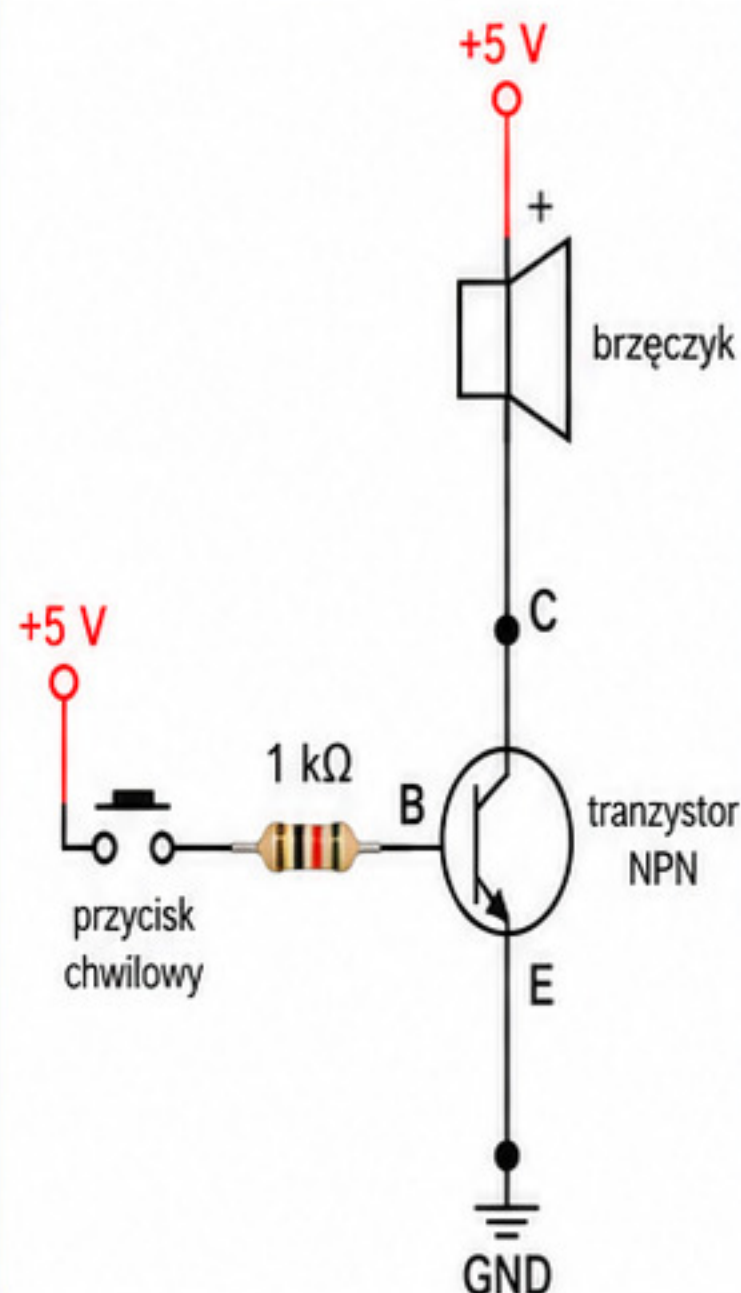
Układ 10 — Sterowanie brzęczykiem przez tranzystor

Niewielki sygnał na bazie tranzystora może włączyć brzęczyk zasilany z 5 V.

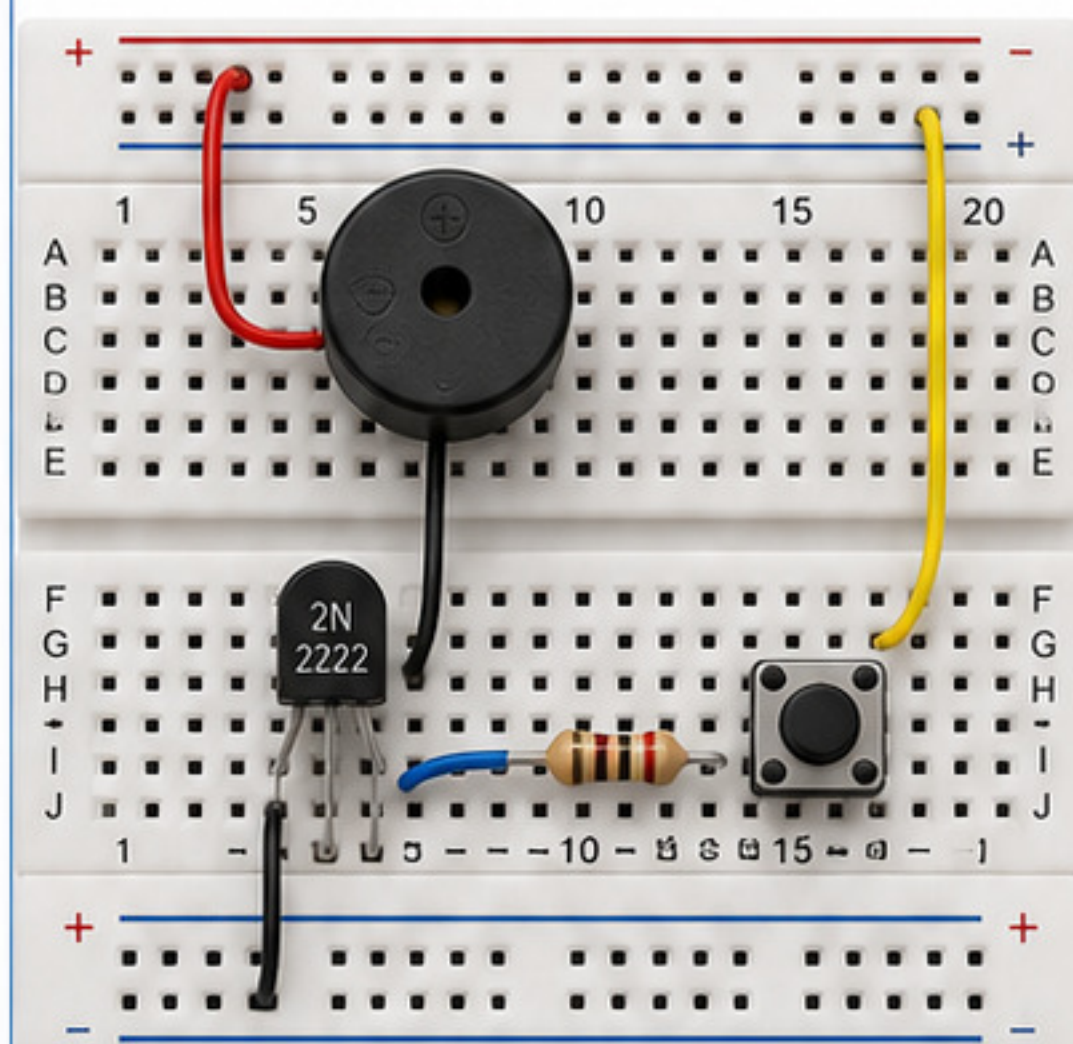
1. Potrzebne elementy



2. Schemat

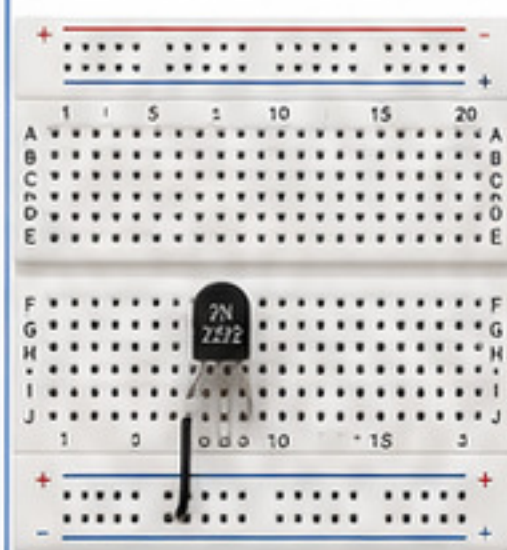


3. Montaż na płytce stykowej

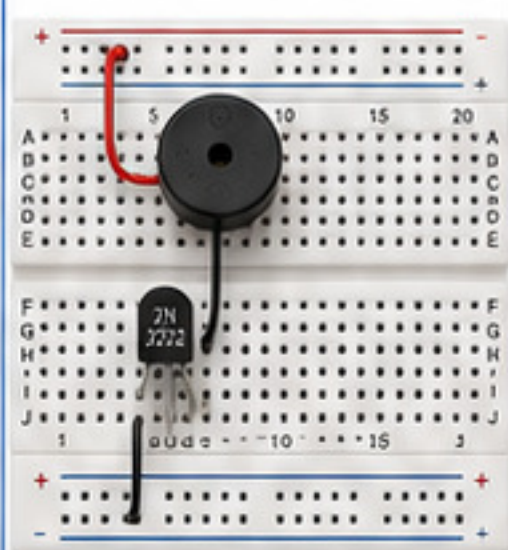


4. Montaż krok po kroku

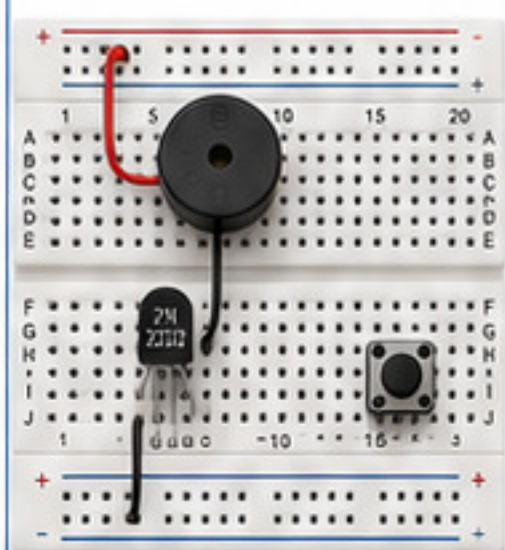
- 1** Włóż tranzystor NPN i połącz emiter z masą.



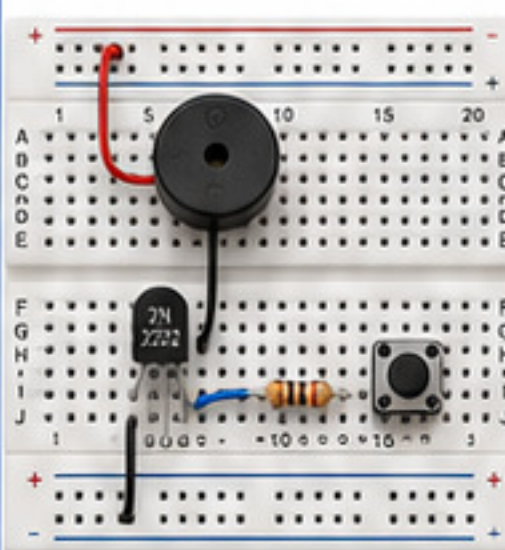
- 2** Podłącz brzęczyk do kolektora i do +5 V.



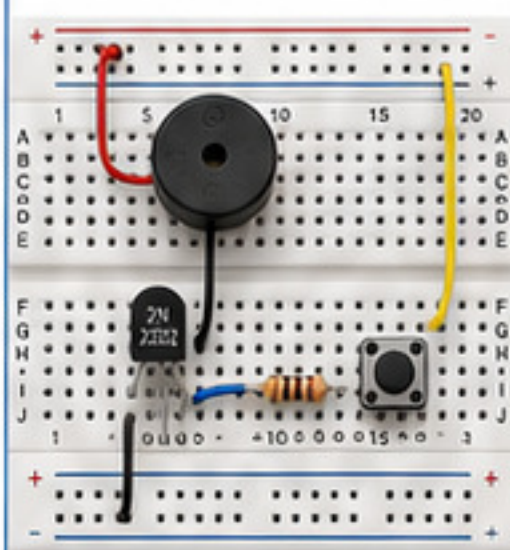
- 3** Wstaw przycisk chwilowy.



- 4** Połącz bazę przez rezystor 1 kΩ z przyciskiem.



- 5** Podłącz zasilanie 5 V i sprawdź działanie.



Jak to działa?

Naciśnięcie przycisku podaje +5 V na bazę tranzystora przez rezystor 1 kΩ. Przez bazę płynie niewielki prąd, który włącza tranzystor. Wtedy prąd płynie z +5 V przez brzęczyk i kolektor-emiter do masy, a brzęczyk wydaje dźwięk.

Sprawdź sam

Naciśnij przycisk — brzęczyk powinien wydać dźwięk.

Oczekiwany rezultat

Brzęczyk działa tylko po wystereowaniu bazy tranzystora.

Eksperyment

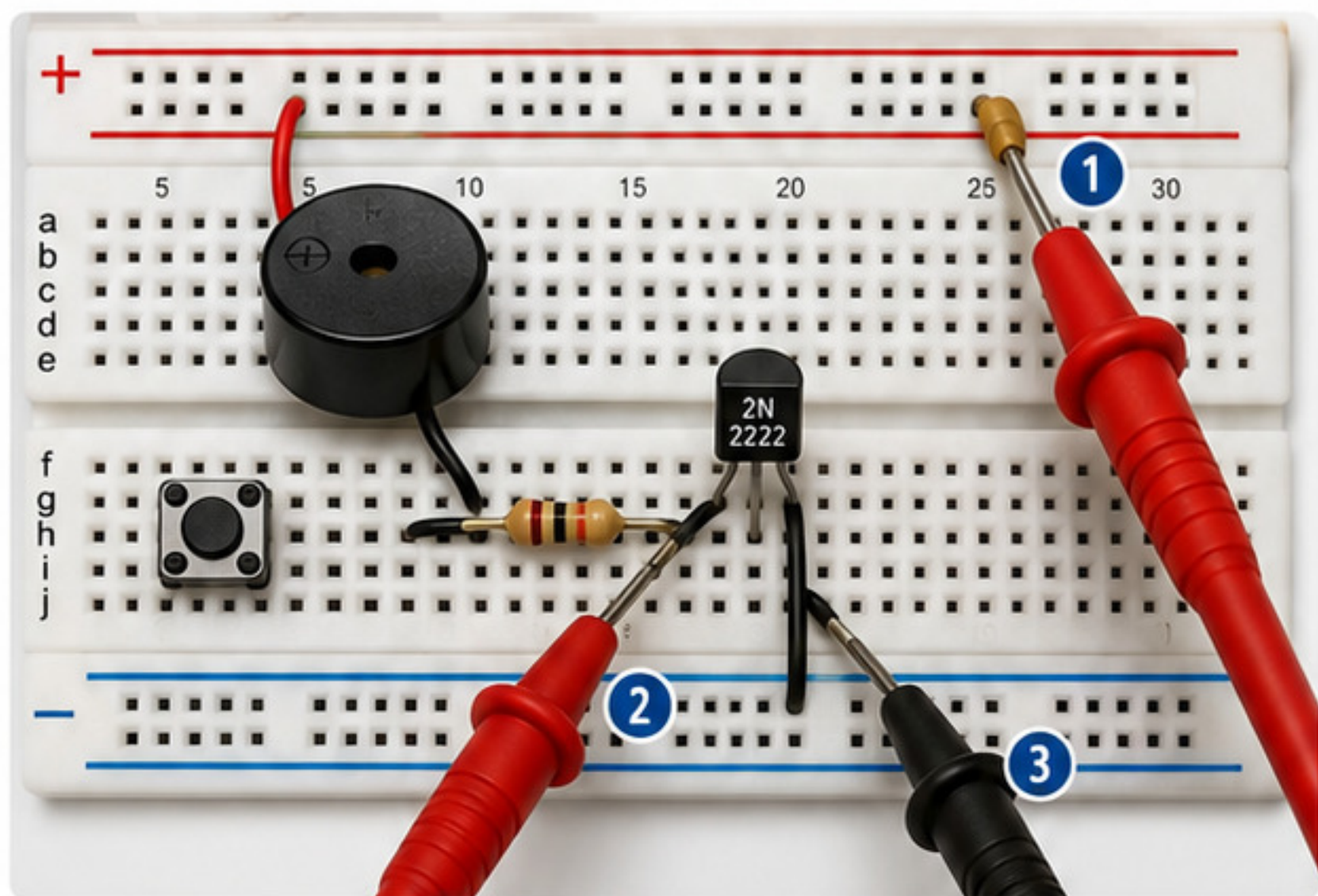
Zamiast przycisku podłącz czujnik lub przełącznik i porównaj działanie.

Najczęstsze błędy

- Nieprawidłowe podłączenie pinów tranzystora (B, C, E).
- Brak wspólnej masy między zasilaniem a układem.
- Brak rezystora w bazie tranzystora.
- Odwrócona polaryzacja brzęczyka (jeśli jest spolaryzowany).

31 Układ 10 – Test i diagnostyka sygnału dźwiękowego

Sprawdź napięcia i zachowanie tranzystora oraz upewnij się, że brzęczyk jest sterowany poprawnie.

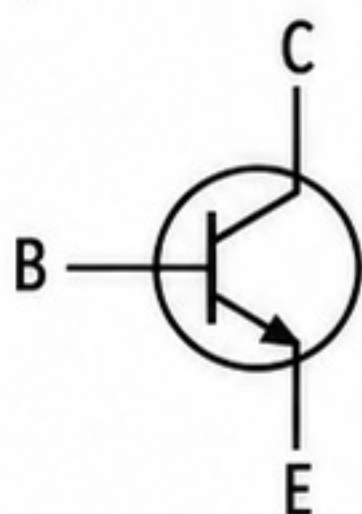


Jak testować układ

- 1 Sprawdź połączenia.
- 2 Włącz zasilanie 5 V DC.
- 3 Zmierz napięcie baza–emiter.
- 4 Naciśnij przycisk i obserwuj dźwięk brzęczyka.



Punkty pomiarowe



- 1 napięcie zasilania
- 2 baza–emiter
- 3 kolektor–emiter / stan wyjścia



Oczekiwane wartości

Napięcie zasilania:	5 V DC
Baza–emiter:	ok. 0,6–0,7 V przy włączeniu
Brzęczyk:	dźwięk po wystrojeniu bazy



Jak to działa?

Przycisk podaje mały prąd przez rezystor do bazy tranzystora. Gdy baza–emiter jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia (ok. 0,6–0,7 V), tranzystor przewodzi. Prąd płynie z +5 V przez brzęczyk do kolektora, przez tranzystor do emitera (GND), co powoduje brzęczenie. Tranzystor działa jak przełącznik sterowany małym prądem bazy.



Sprawdź sam

Odłącz przewód bazy — brzęczyk nie powinien działać.



Wnioski

Mały prąd bazy steruje większym obciążeniem.



Najczęstsze błędy

- pomiar w złych punktach
- brak rezystora w bazie
- odwrotna polaryzacja brzęczyka
- brak wspólnej masy (GND)



Eksperyment

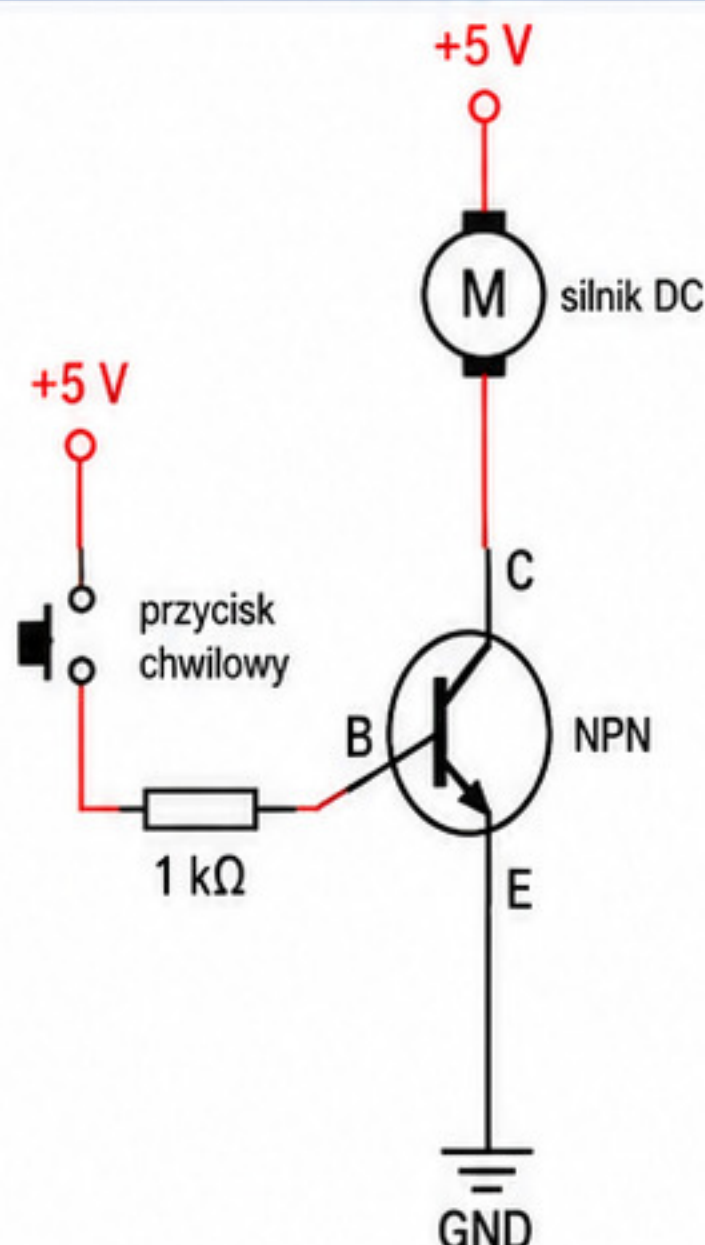
Porównaj działanie z innym rezystorem bazy, np. 4,7 kΩ.

Tranzystor może przełączać mały silnik DC i sterować jego ruchem po naciśnięciu przycisku.

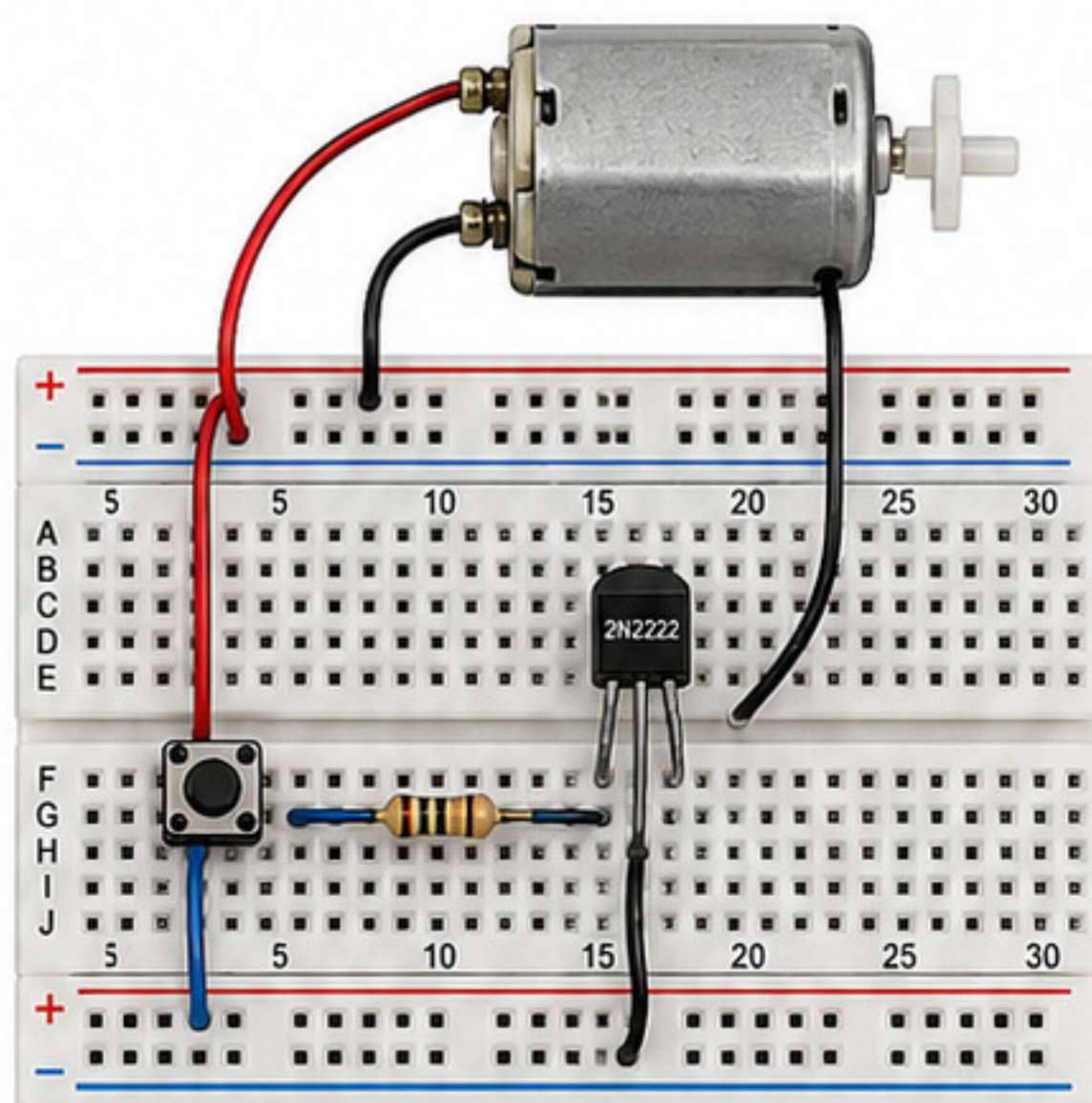
1. Potrzebne elementy

- 1× silnik DC
- 1× tranzystor NPN (np. 2N2222 lub BD139)
- 1× rezystor 1 kΩ
- 1× przycisk chwilowy
- 1× płyta stykowa
- przewody połączeniowe
- zasilanie 5 V DC

2. Schemat

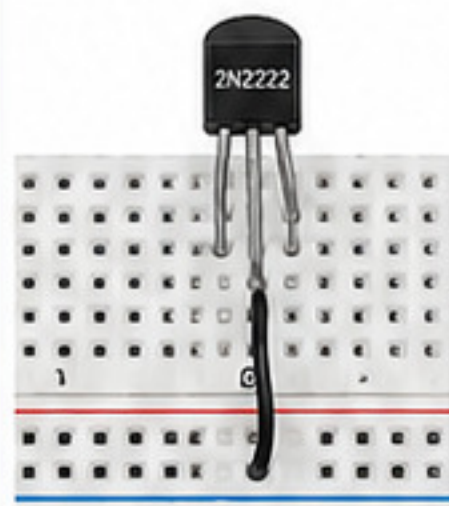


3. Montaż na płycie stykowej

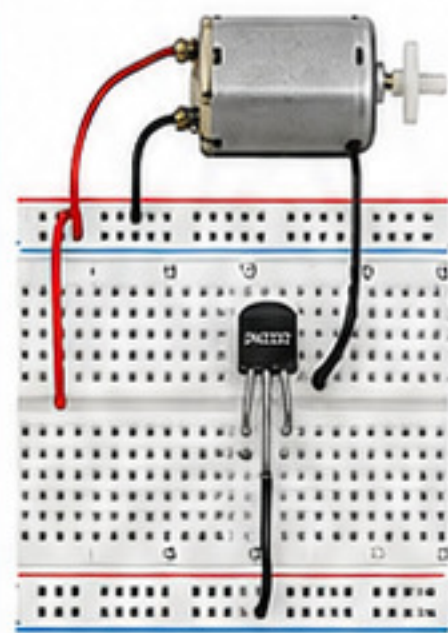


4. Montaż krok po kroku

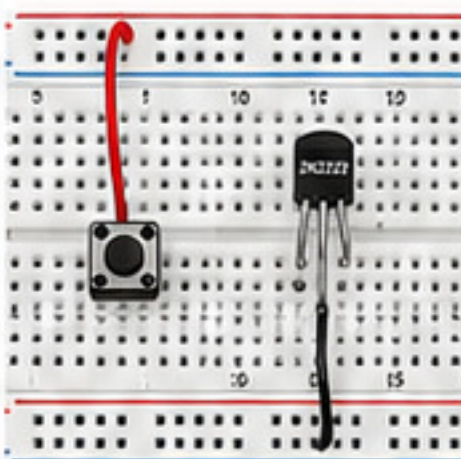
- 1** Włóż tranzystor i połącz emiter z masą.



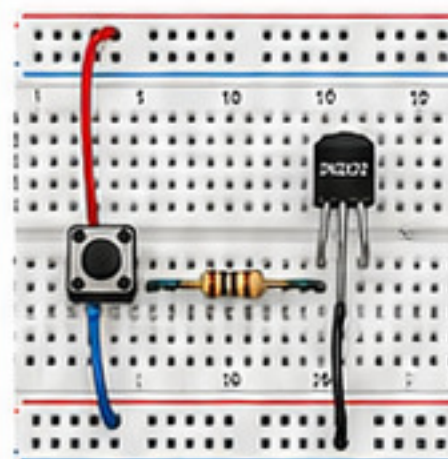
- 2** Podłącz silnik do kolektora i do +5 V.



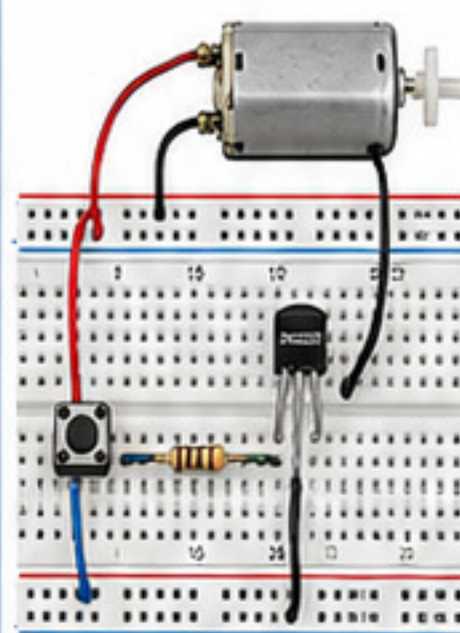
- 3** Wstaw przycisk chwilowy.



- 4** Połącz bazę przez rezystor 1 kΩ.



- 5** Podłącz zasilanie i sprawdź obrót silnika.



Jak to działa?

Tranzystor NPN działa jak elektroniczny wyłącznik. Gdy naciśniesz przycisk, prąd płynie przez rezystor do bazy, tranzystor przewodzi i pozwala prądowi płynąć z +5 V przez silnik do masy. Wtedy silnik się obraca.



Sprawdź sam

Naciśnij przycisk — silnik powinien się obracać.



Oczekiwany rezultat

Silnik rusza po wystereowaniu tranzystora.



Najczęstsze błędy

- Zamienione wyprowadzenia tranzystora (B, C, E).
- Zbyt słabe zasilanie (silnik nie ma mocy).
- Luźne połączenia silnika.
- Brak wspólnej masy (GND).



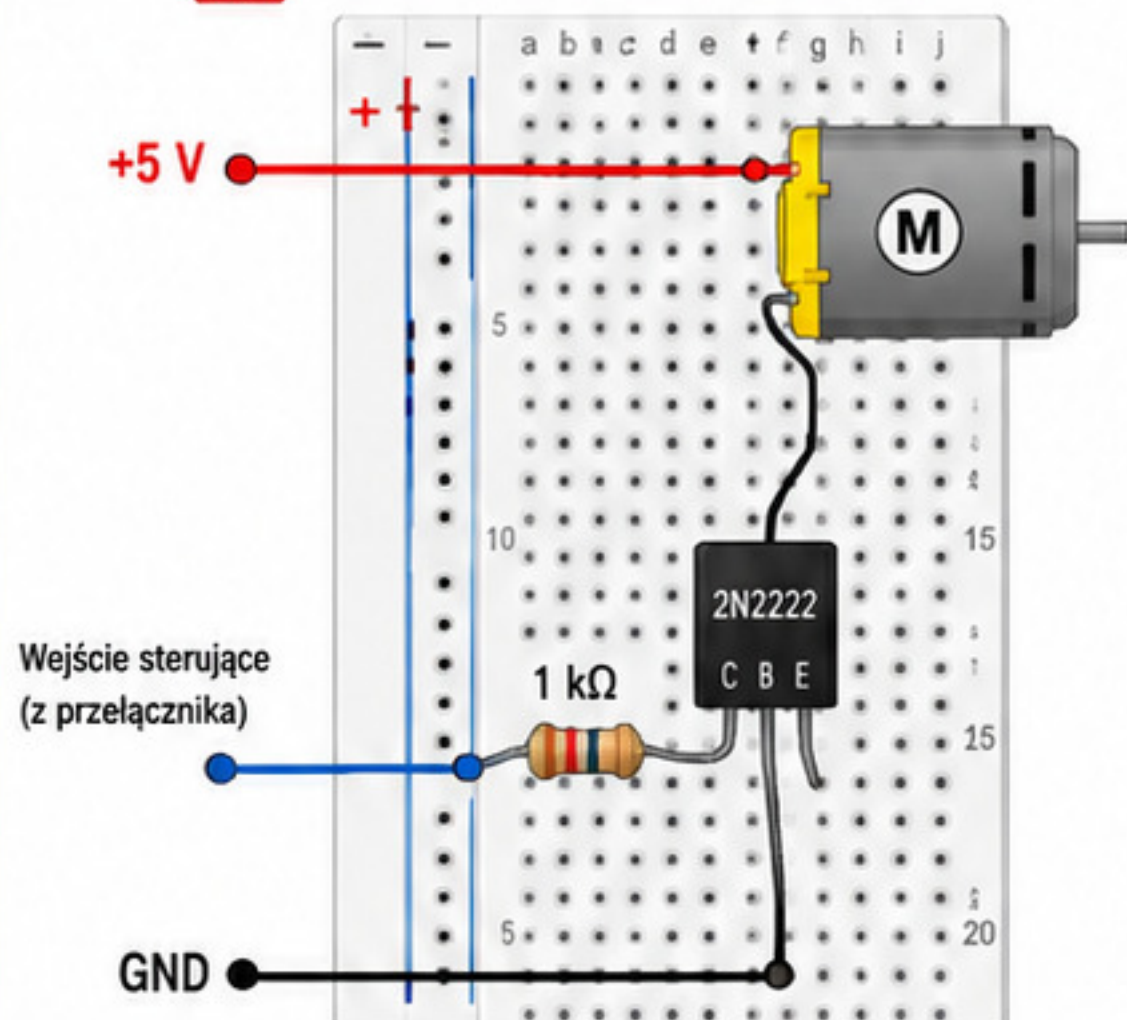
Eksperyment

Zmień napięcie zasilania w bezpiecznym zakresie i porównaj prędkość obrotową.

Przy silniku DC dioda zabezpieczająca chroni tranzystor przed przepięciem indukcyjnym.

a bez diody zabezpieczającej

RYZIKOWNE / NIEWSKAZANE

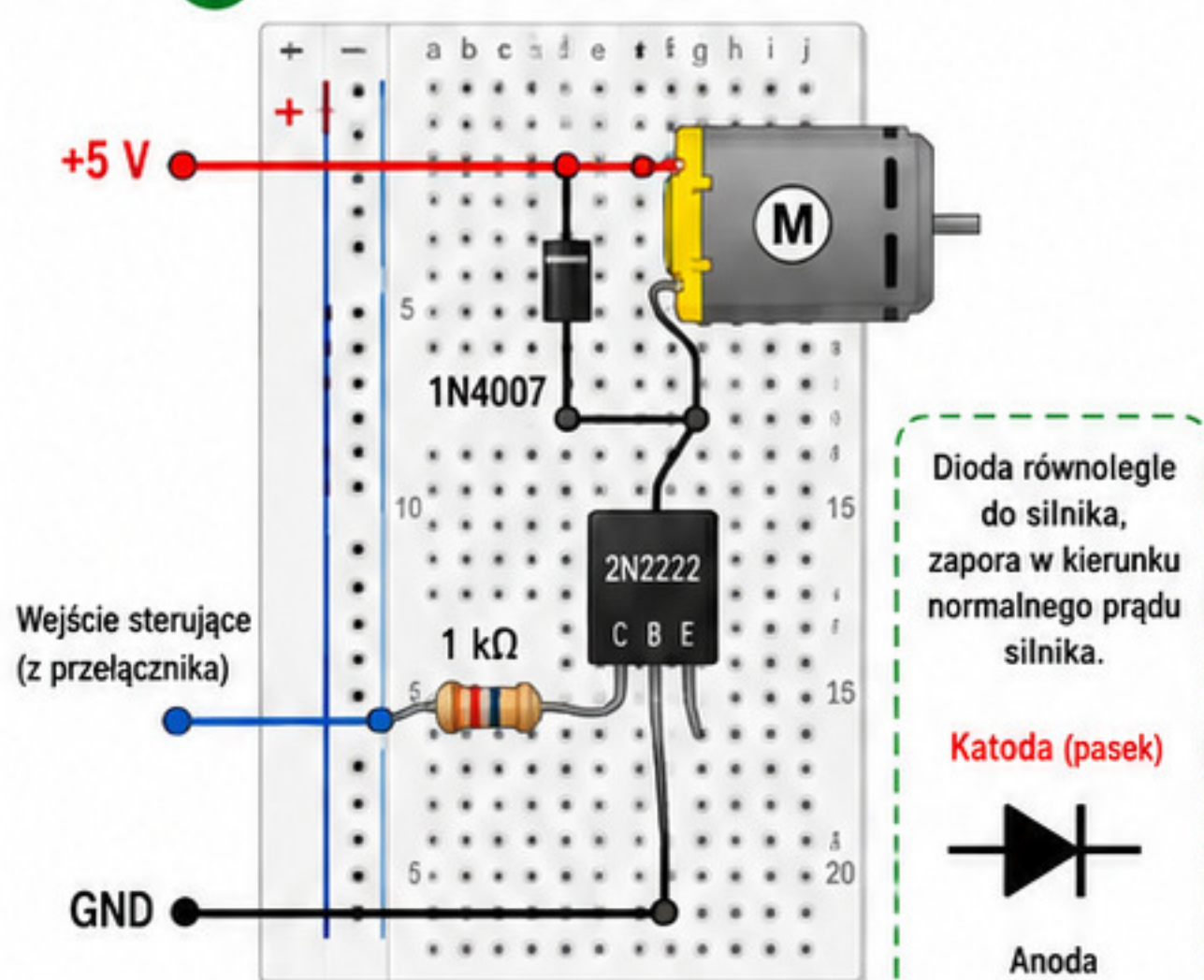


UWAGA!

Przy wyłączaniu silnika powstaje wysokie napięcie, które może uszkodzić tranzystor.

b z diodą zabezpieczającą

BEZPIECZNIE / ZALECANE



Dioda pochłania przepięcie indukcyjne i chroni tranzystor przed uszkodzeniem.

Stany układu – co obserwować

Stan układu	a) bez diody zabezpieczającej	b) z diodą zabezpieczającą
Silnik włączony (przełącznik ON)	Silnik pracuje	Silnik pracuje
Silnik wyłączony (przełącznik OFF)	Mogą pojawić się iskry na tranzystorze, zakłócenia, możliwe uszkodzenie	Brak iskier, układ stabilny
Dłuższa praca bez obciążenia	Tranzystor może się nagrzewać, ryzyko awarii	Tranzystor pracuje chłodniej, bezpieczniej
Praca pod małym obciążeniem	Szybsze nagrzewanie tranzystora, większe ryzyko	Tranzystor lepiej chroniony, stabilna praca



Jak testować

- 1 Podłącz zasilanie 5 V do szyn płytki stykowej (+ do czerwonej, – do niebieskiej/ czarnej).
- 2 Ustaw przełącznik w pozycję ON i sprawdź, czy silnik uruchamia się.
- 3 Wyłącz silnik i porównaj zachowanie układu bez diody oraz z diodą.
- 4 Delikatnie zwiększ obciążenie na wale silnika (np. palcem lub małym kołem), obserwując pracę i temperaturę tranzystora.



Jak to działa?

Podczas wyłączania silnika prąd nie może zniknąć natychmiast. Powstaje przepięcie indukcyjne (tzw. back EMF), które może osiągnąć bardzo wysokie napięcie i uszkodzić tranzystor.

Dioda podłączona równolegle do silnika (katodą do +5 V, anodą do strony tranzystora) przewodzi to napięcie w bezpiecznym kierunku i chroni tranzystor.



Sprawdź sam



Sprawdź, czy układ z diodą działa stabilniej.



Oczekiwany rezultat

Silnik pracuje, a tranzystor jest lepiej chroniony.



Najczęstsze błędy

- Dioda podłączona odwrotnie (niechroni układu).
- Brak wspólnej masy (GND) między elementami.
- Zbyt duże obciążenie mechaniczne silnika.
- Nieprawidłowe wpięcie wyprowadzeń tranzystora (B, C, E).



Eksperyment

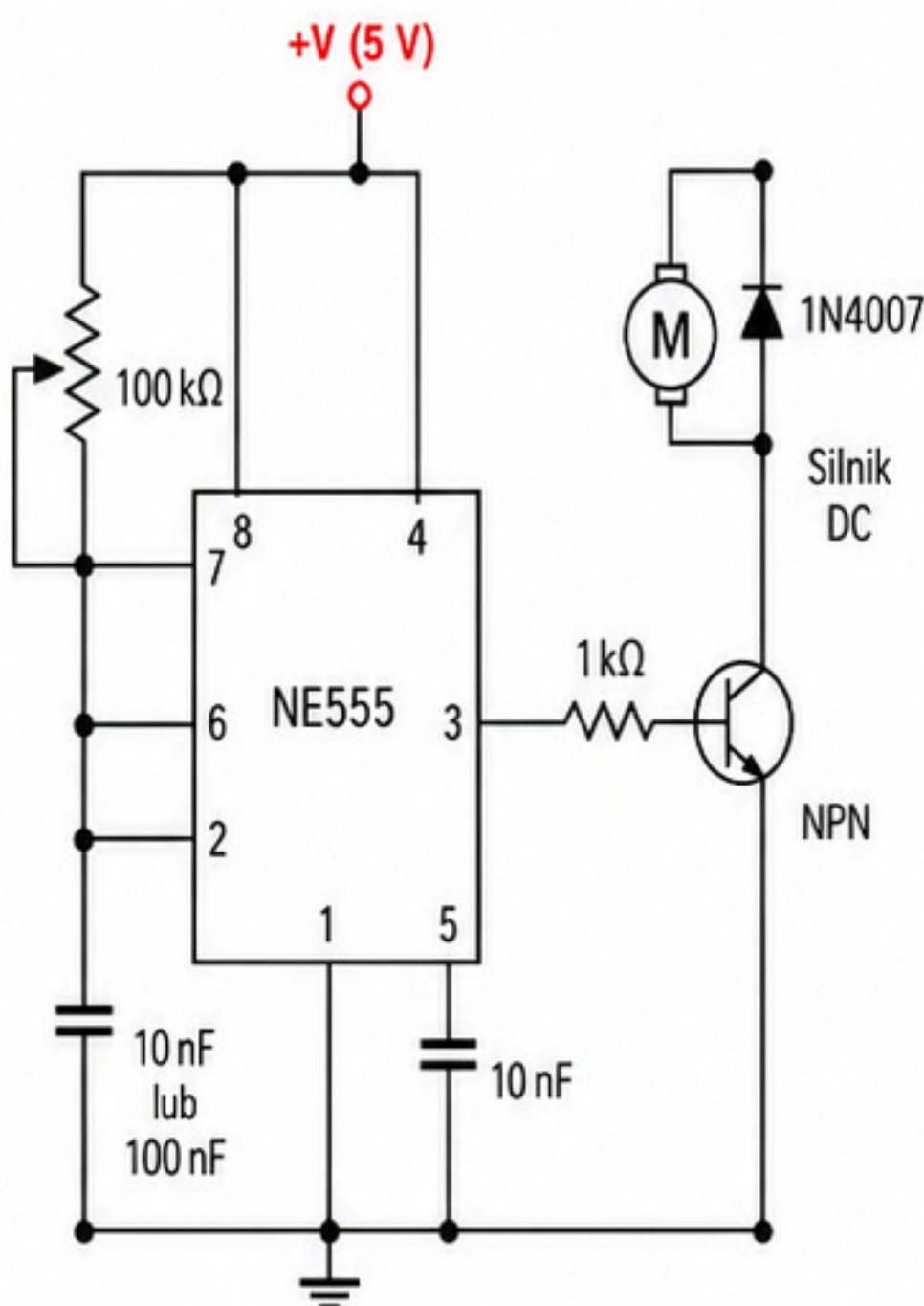
Porównaj działanie z różnymi małymi silnikami i obserwuj temperaturę tranzystora.

Zmiana wypełnienia impulsu pozwala regulować średnią moc dostarczaną do silnika DC.

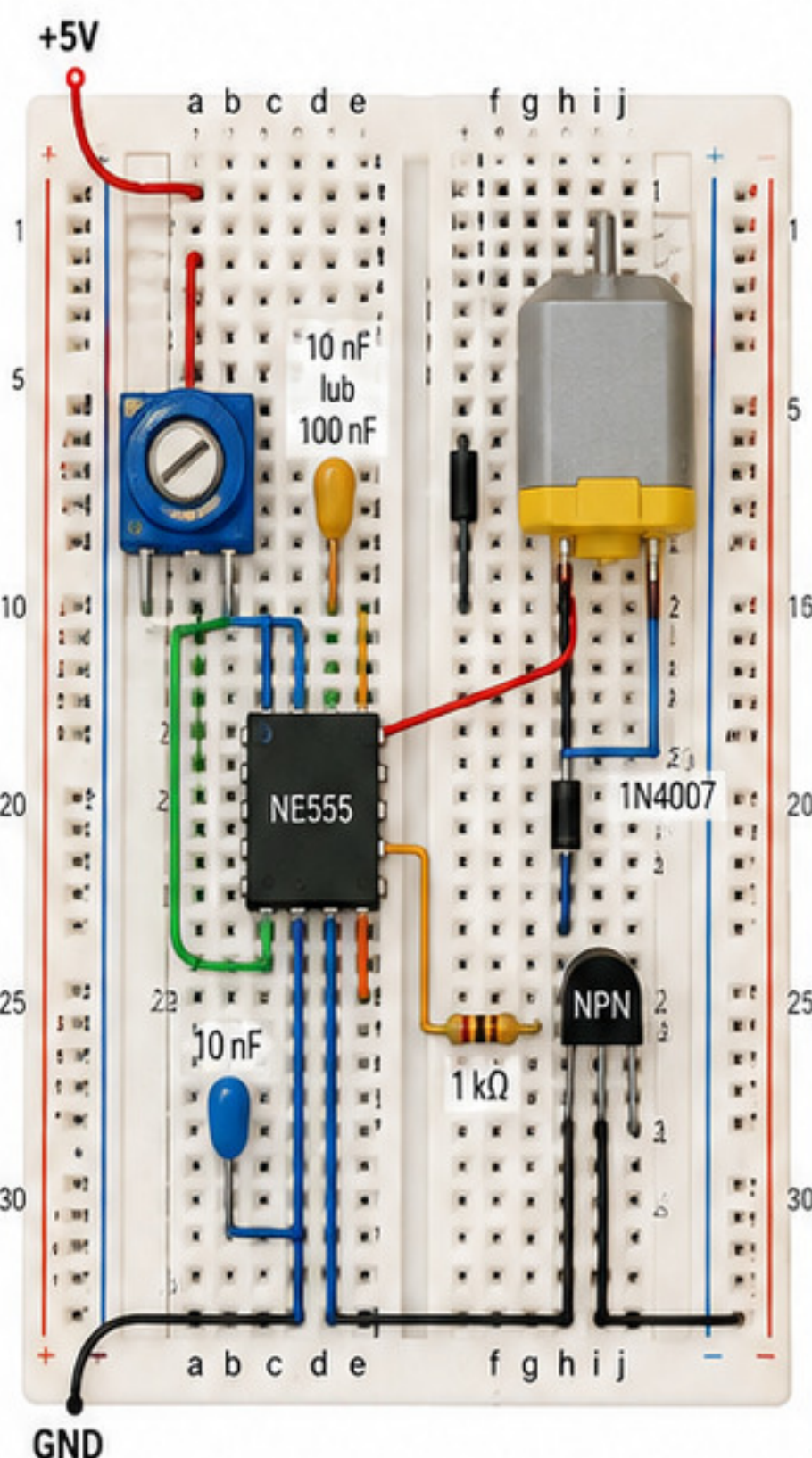
1 Potrzebne elementy

- 1× układ NE555
- 1× potencjometr 100 kΩ
- 1× kondensator 10 nF lub 100 nF
- 1× tranzystor NPN
- 1× silnik DC
- 1× dioda zabezpieczająca
- płytki stykowej
- przewody
- zasilanie 5 V DC

2 Schemat



3 Montaż na płytce stykowej



4 Montaż krok po kroku

1. Umieść układ NE555 na płytce.
2. Dodaj potencjometr i kondensator generatora.
3. Podłącz wyjście 555 do bazy tranzystora.
4. Dodaj silnik i diodę zabezpieczającą.
5. Uruchom układ i reguluj prędkość.



i Jak to działa?

Układ NE555 pracuje w trybie astabilnym i generuje impulsy prostokątne o stałej częstotliwości. Potencjometr zmienia czas ładowania i rozładowania kondensatora, co zmienia wypełnienie impulsu (stosunek czasu stanu wysokiego do okresu). Tranzystor kluczujący podaje te impulsy do silnika. Im większe wypełnienie, tym większa średnia moc i wyższa prędkość silnika.

✓ Oczekiwany rezultat

Silnik przyspiesza lub zwalnia bez zmiany napięcia zasilania.

🔍 Sprawdź sam

Obracaj potencjometrem i obserwuj zmianę prędkości silnika.

⚠ Najczęstsze błędy

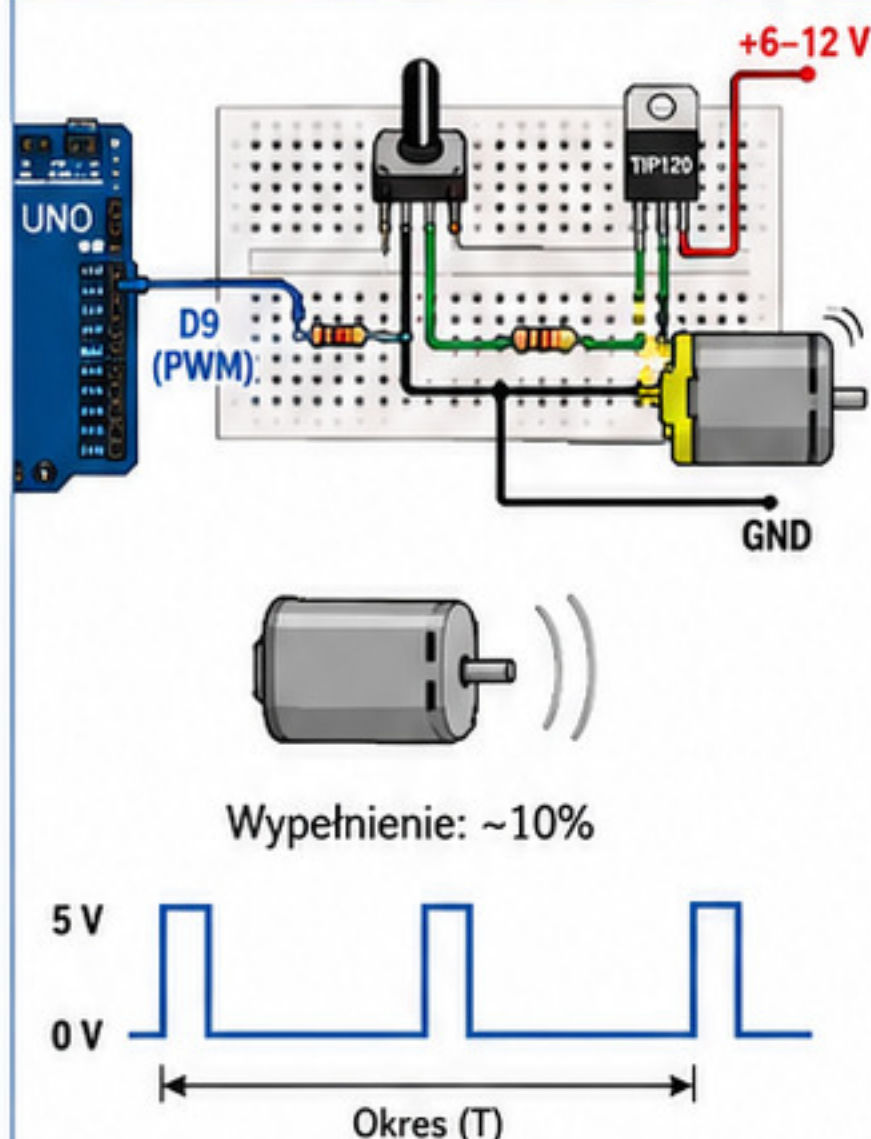
- Błędne podłączenie wyprowadzeń NE555.
- Brak diody zabezpieczającej.
- Nieprawidłowe podłączenie potencjometru.
- Brak wspólnej masy (GND).

🧪 Eksperyment

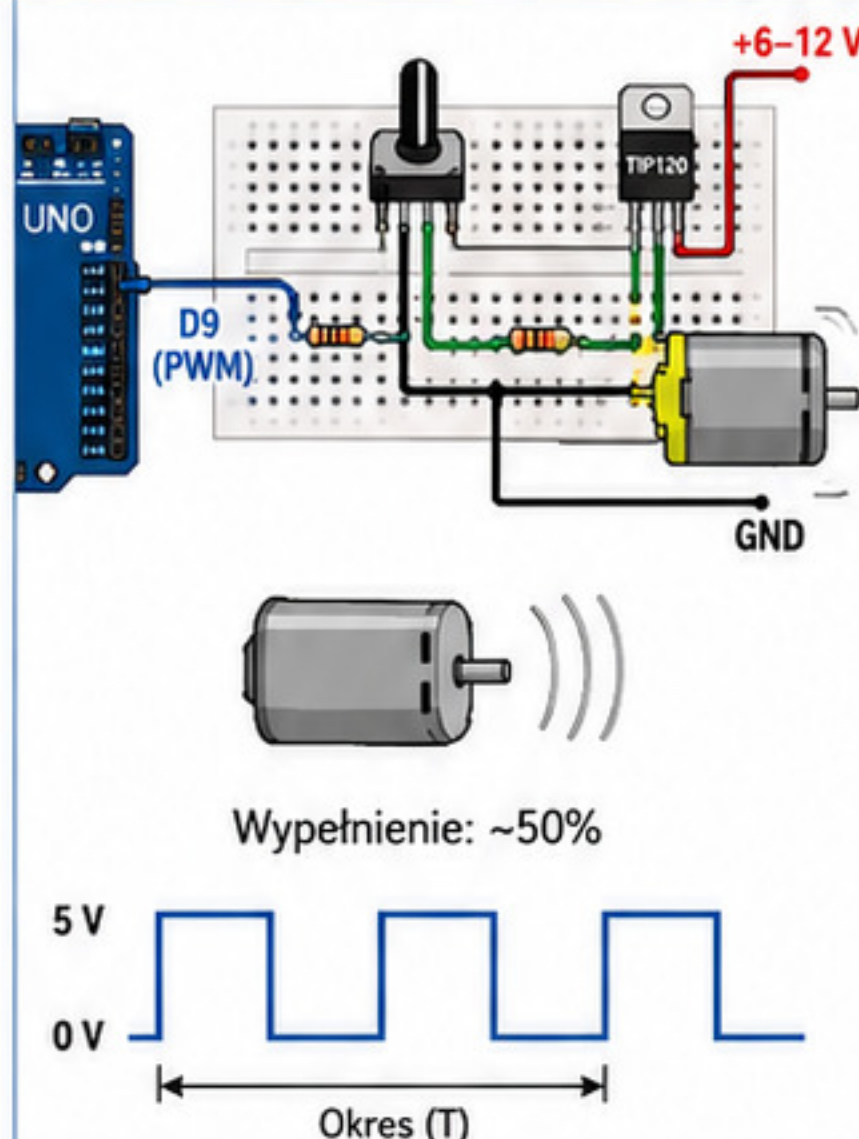
Porównaj pracę silnika przy małym i dużym wypełnieniu impulsu.

Porównaj, jak PWM wpływa na zachowanie silnika przy różnych ustawieniach potencjometru.

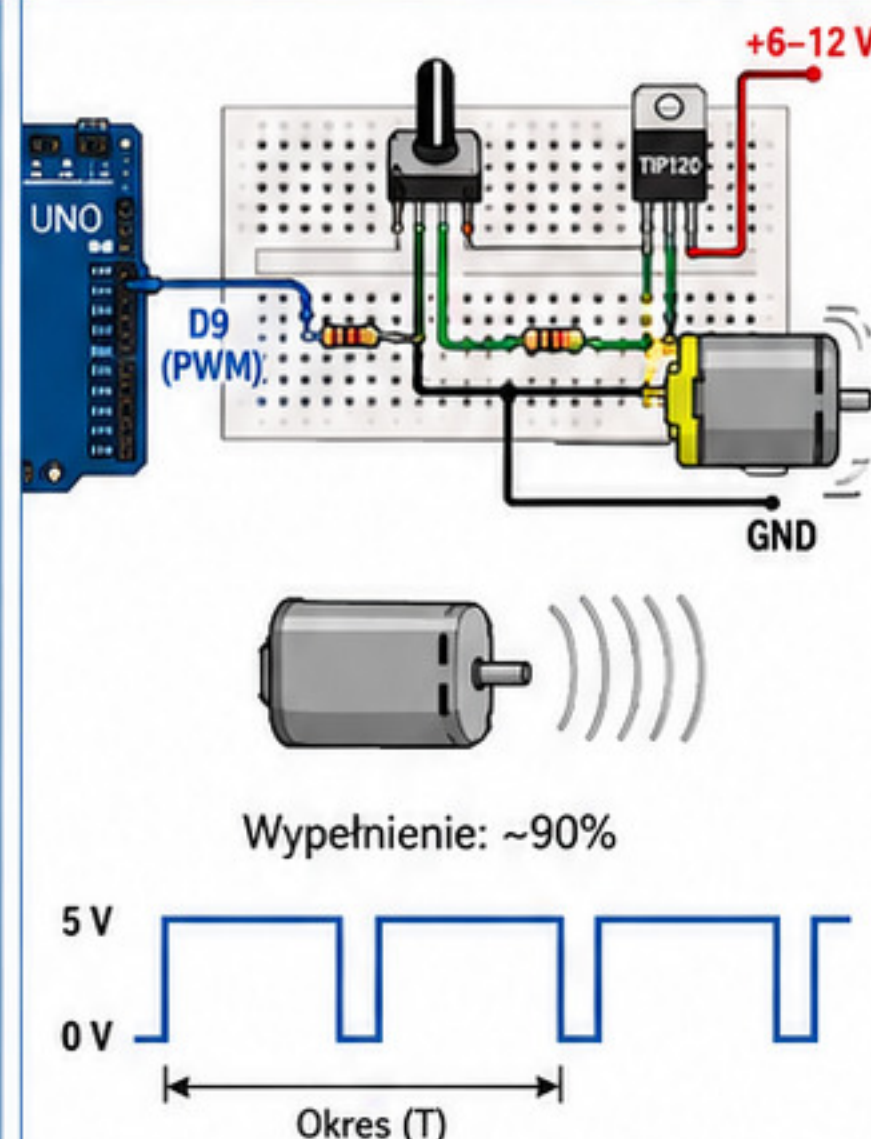
a) małe wypełnienie — wolna prędkość



b) średnie wypełnienie — średnia prędkość



c) duże wypełnienie — wysoka prędkość



Jak testować

- 1 Zbuduj układ zgodnie ze schematem powyżej. Podłącz Arduino do zasilania i wgraj szkic PWM sterujący silnikiem.
- 2 Ustaw potencjometr w skrajne lewe położenie (małe wypełnienie). Obserwuj silnik i zapisz wnioski.
- 3 Przesuwaj potencjometr do środka (średnie wypełnienie). Obserwuj i zapisz wnioski.
- 4 Przesuń potencjometr w skrajne prawe położenie (duże wypełnienie). Obserwuj i zapisz wnioski. Powtórz kilka razy.

Oczekiwane obserwacje

Położenie potencjometru	Wypełnienie (%)	Średnia moc (względnie)	Prędkość silnika	Dźwięk silnika
Skrajnie lewe	10%	★☆☆☆☆	Niska	Cichy, czasem nierówny
Środek	50%	★★★★☆	Średnia	Równy, umiarkowany
Skrajnie prawe	90%	★★★★★	Wysoka	Głośniejszy, wysoki ton



Wartości wypełnienia są przybliżone i zależą od użytej biblioteki PWM (np. 0-255 → 0-100%).

Jak to działa?

PWM (modulacja szerokości impulsu) przełącza napięcie między 0 V a 5 V. Silnik nie dostaje stałego napięcia, lecz serię impulsów. Średnia moc zależy od wypełnienia impulsu (duty cycle):

Średnia moc ∝ Wypełnienie

Większe wypełnienie → większa średnia moc
→ większa prędkość (zwykle).

Sprawdź sam

Ustaw kilka położeń potencjometru i porównaj dźwięk oraz prędkość silnika.



Wnioski

Większe wypełnienie oznacza większą średnią moc i zwykle większą prędkość.



Najczęstsze błędy

- Niestabilne zasilanie (zbyt słabe) — silnik może działać nierówno lub się zatrzymywać.
- Błędne podłączenie potencjometru — brak płynnej zmiany wypełnienia.
- Luźne przewody silnika — spadki napięcia, zakłócenia, niestabilna praca.
- Nieprawidłowa interpretacja wypełnienia — pamiętaj, że 50% to połowa czasu w stanie wysokim, a nie połowa napięcia stałego.

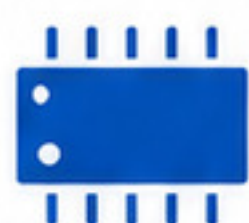
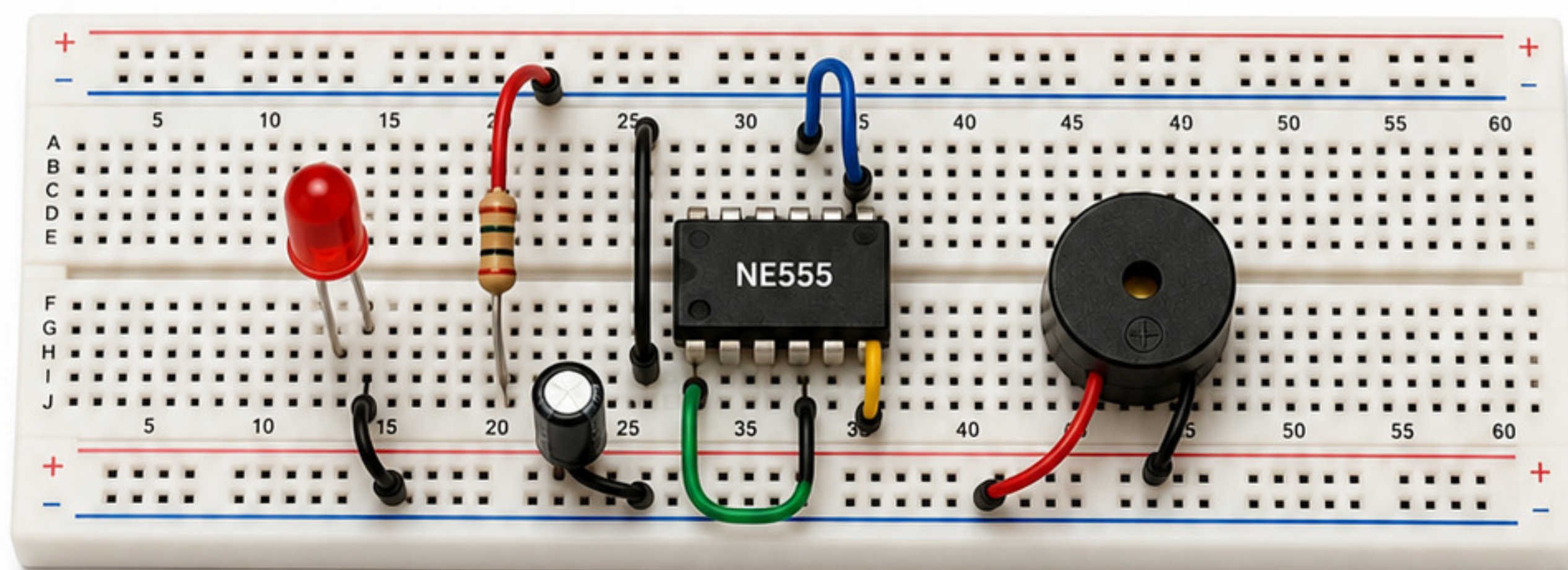
Eksperyment

Posłuchaj, jak zmienia się dźwięk silnika przy różnych częstotliwościach lub ustawieniach.



MODUŁ 05 — Timer NE555 i automatyka

W tym module poznasz praktyczne zastosowania układu NE555. Zbudujesz migającą diodę LED, prosty timer impulsowy oraz generator dźwięku, a następnie zobaczysz, jak układ może sterować sekwencją świateł.



NE555



miganie



impuls



dźwięk



automatyka



generator



czas



sygnał



sterowanie

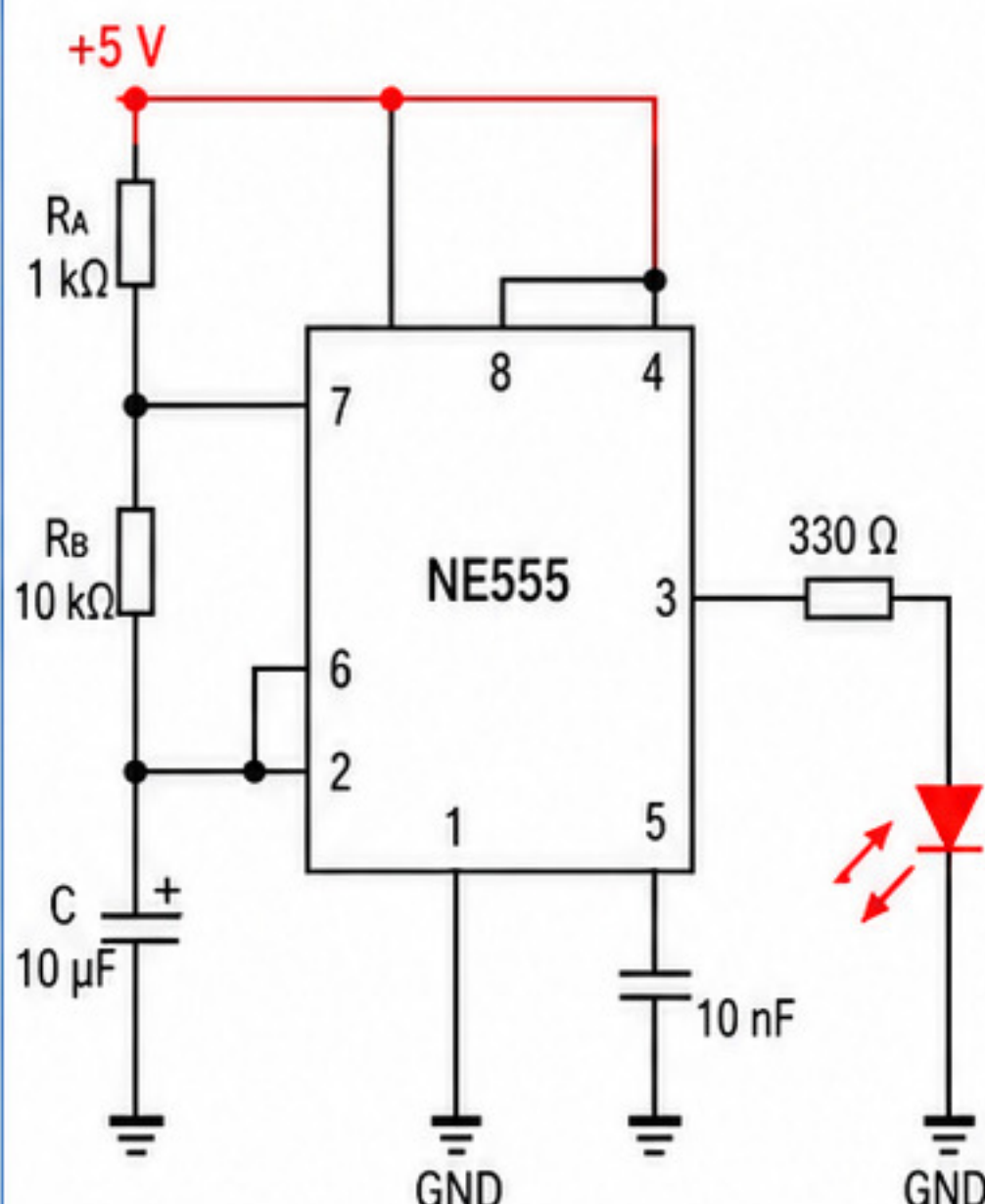
37 Układ 13 — Migająca dioda LED z NE555

Układ NE555 w trybie astabilnym może samodzielnie generować sygnał powodujący cykliczne miganie diody LED.

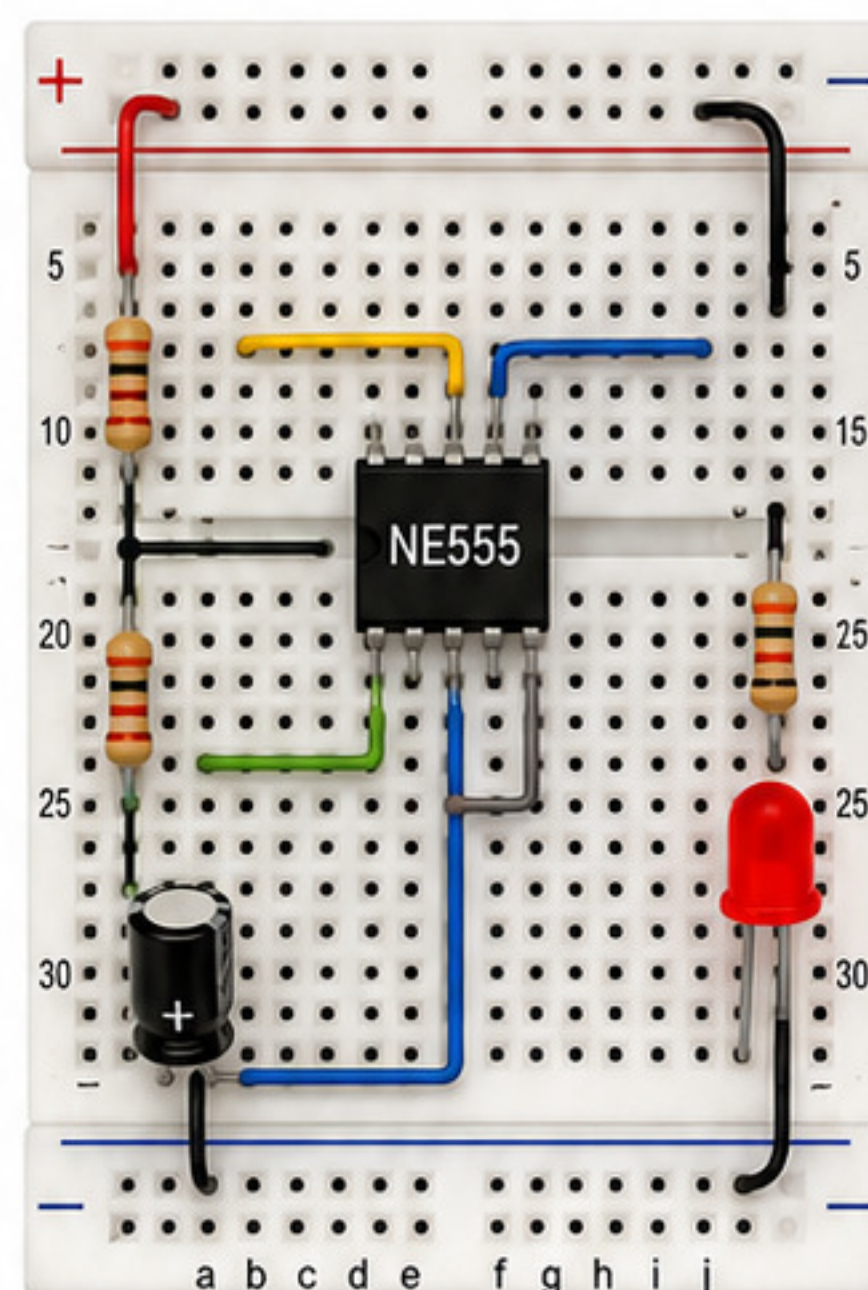
1. Potrzebne elementy

- 1× NE555
- 1× dioda LED
- 1× rezystor 330 Ω
- 2× rezystor generatora (np. 1 kΩ i 10 kΩ)
- 1× kondensator (np. 10 μF)
- 1× płytki stykowa
- przewody
- zasilanie 5 V DC

2. Schemat



3. Montaż na płytce stykowej



4. Montaż krok po kroku

- 1 Umieść układ NE555 na płytce.
- 2 Połącz piny zasilania i reset.
- 3 Dodaj rezystory i kondensator generatora.
- 4 Podłącz diodę LED przez rezystor do wyjścia.
- 5 Włącz zasilanie i obserwuj miganie.



Jak to działa?

NE555 w trybie astabilnym cyklicznie ładuje i rozładowuje kondensator przez rezystory R_A i R_B . Gdy napięcie na kondensatorze osiąga $2/3 V_{CC}$, wyjście przełącza się w stan niski. Gdy spada do $1/3 V_{CC}$, wyjście przełącza się w stan wysoki. Ten cykl powtarza się, generując prostokątny sygnał, który powoduje miganie diody LED.



Sprawdź sam

Po uruchomieniu dioda LED powinna migać cyklicznie.



Oczekiwany rezultat

Wyjście układu NE555 przełącza się automatycznie, a LED miga.



Najczęstsze błędy

- Błędne podłączenie pinów (zwłaszcza 2, 6, 7, 8).
- Odwrócona polaryzacja diody LED.
- Brak wspólnej masy (GND) z zasilaniem.
- Nieprawidłowe podłączenie kondensatora (zamiana polaryzacji elektrolitu lub wpicie w złe miejsce).



Eksperyment

Zmień wartość kondensatora i obserwuj zmianę szybkości migania.

Częstotliwość pracy generatora NE555 zależy od wartości rezystorów i kondensatora.

1. WOLNE MIGANIE	2. ŚREDNIE MIGANIE	3. SZYBKIE MIGANIE
Przebieg na wyjściu (OUT – pin 3) ok. 2 s/okres	Przebieg na wyjściu (OUT – pin 3) ok. 1 s/okres	Przebieg na wyjściu (OUT – pin 3) ok. 0,25 s/okres
Schemat/układ na płytce (fragment)	Schemat/układ na płytce (fragment)	Schemat/układ na płytce (fragment)
R1 (Ω)	10 kΩ	10 kΩ
R2 (Ω)	100 kΩ	100 kΩ
C (µF)	100 µF	47 µF
T (okres)	ok. 2 s	ok. 1 s
f (częstotliwość)	ok. 0,5 Hz	ok. 1 Hz
		ok. 4 Hz

! Większa pojemność C = **wolniejsze** miganie. Mniejsza pojemność C = **szybsze** miganie.



JAK TESTOWAĆ

- 1 Zbuduj układ według schematu z kolumny środkowej (wartości „średnie miganie”).
- 2 Podłącz zasilanie 5 V DC do szyn płytki stykowej.
- 3 Obserwuj diodę LED i zmierz czas jednego pełnego cyklu (od włączenia do ponownego włączenia).
- 4 Zmień wartość kondensatora C (lub rezystora) i ponownie zmierz okres. Porównaj wyniki.



OCZEKIWANE OBSERWACJE

- ✓ Dioda LED miga w rytmie zależnym od wartości elementów R i C.
- ✓ Zwiększenie pojemności kondensatora powoduje wolniejsze miganie.
- ✓ Zmniejszenie pojemności kondensatora powoduje szybsze miganie.
- ✓ Zmiana rezystorów również wpływa na częstotliwość i wypełnienie.



JAK TO DZIAŁA?

NE555 w trybie astabilnym cyklicznie ładuje i rozładowuje kondensator C między poziomami progowymi $1/3 V_{CC}$ i $2/3 V_{CC}$. Rezystory R1 i R2 określają prądy ładowania i rozładowania, a pojemność C decyduje, jak długo trwa każda z tych faz.

$$t_H = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$$

$$t_L = 0,693 \cdot R_2 \cdot C$$

$$T = t_H + t_L = 0,693 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Większe R lub C → większy T → mniejsza częstotliwość (wolniej).



SPRAWDŹ SAM

Porównaj działanie dla kilku wartości kondensatora lub rezystora.

C (µF)	T (okres)	f (Hz)
100		
47		
22		
10		
4,7		
1		

Uzupełnij tabelę własnymi pomiarami.



WNIOSKI

Dobór elementów R i C bezpośrednio wpływa na częstotliwość i rytm migania.



Większe wartości → wolniej
Mniejsze wartości → szybciej



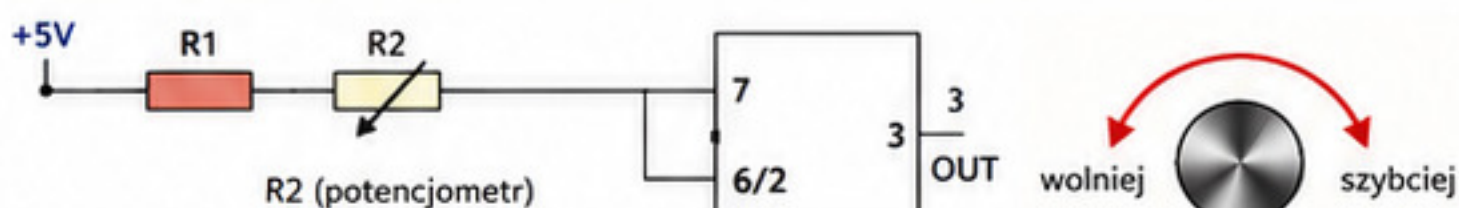
NAJCZĘSTSZE BŁĘDY

- Porównywanie zbyt wielu zmiennych jednocześnie (np. R, C i zasilanie).
- Zastosowanie kondensatora o niewłaściwej wartości lub odwróconej polaryzacji (jeśli elektrolityczny).
- Niestabilne zasilanie lub zbyt niska wydajność prądowa.
- Błędne odczytywanie wartości elementów (np. kodu paskowego).



EKSPERYMENT

Spróbuj użyć potencjometru zamiast jednego z rezystorów i sprawdź płynną regulację.

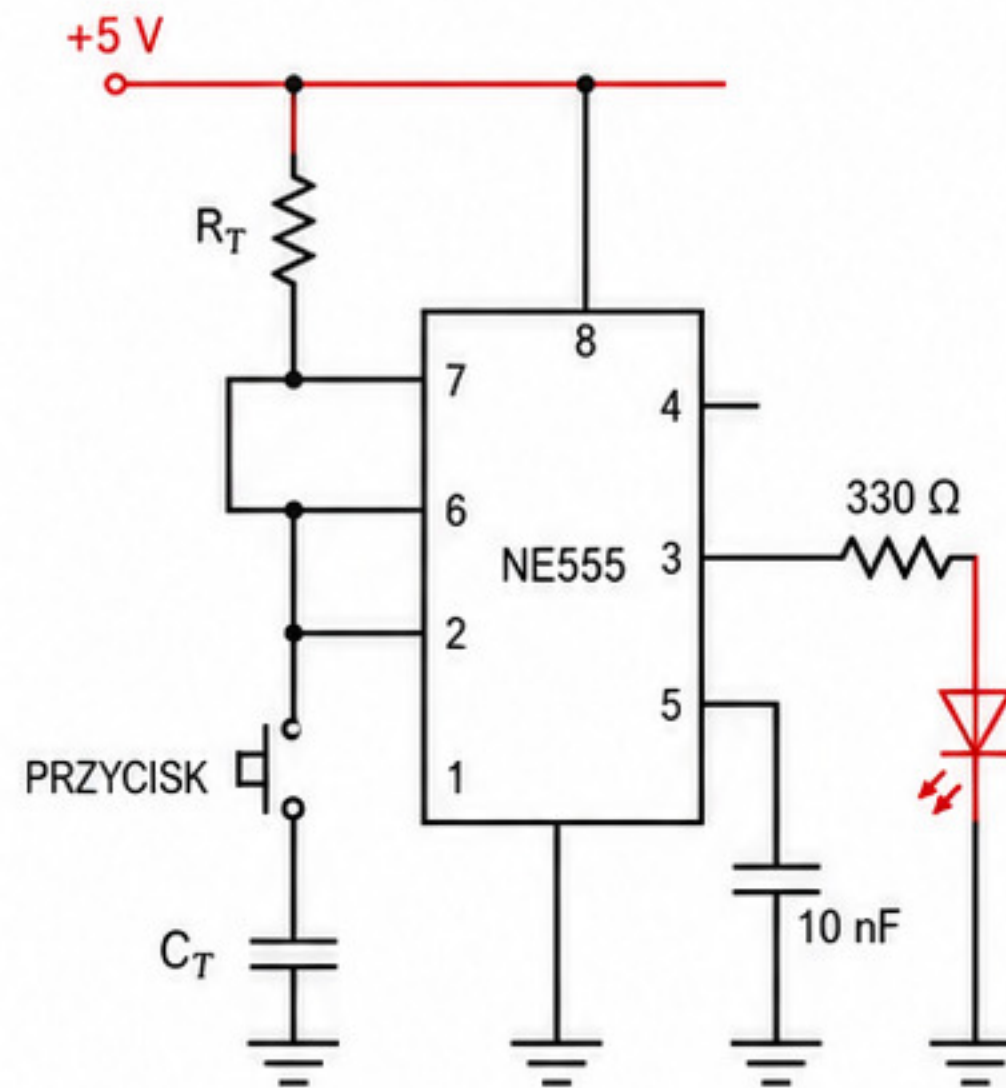


Po naciśnięciu przycisku układ generuje pojedynczy impuls o określonym czasie trwania.

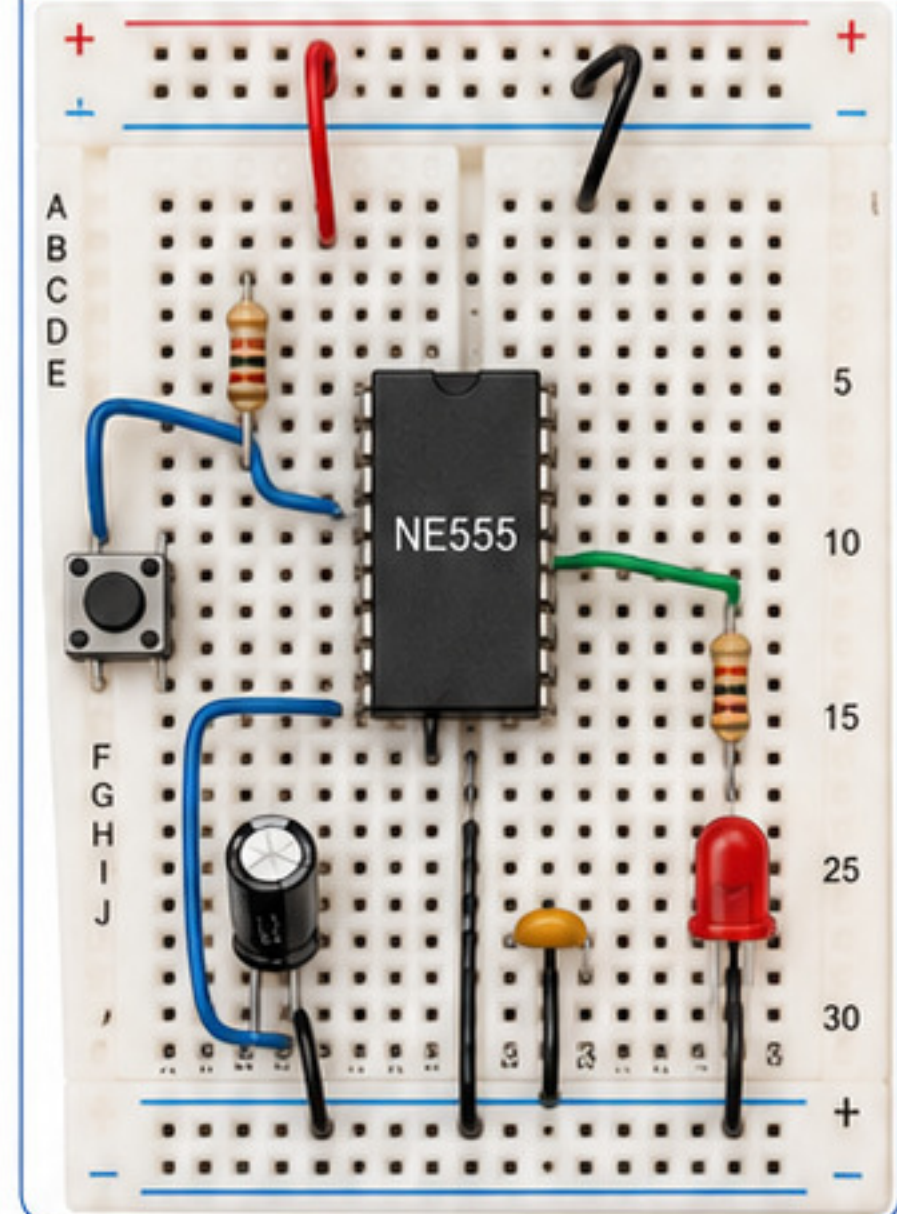
1 Potrzebne elementy

- 1× NE555
- 1× przycisk chwilowy
- 1× dioda LED
- 1× rezystor 330 Ω
- 1× rezystor czasu
- 1× kondensator czasu
- 1× płytka stykowa
- przewody
- zasilanie 5 V DC

2 Schemat



3 Montaż na płytce stykowej



4 Montaż krok po kroku

1. Umieść układ NE555 na płytce.
2. Dodaj przycisk wyzwalający.
3. Podłącz rezystor i kondensator czasu.
4. Połącz diodę LED z wyjściem.
5. Uruchom układ i sprawdź pojedynczy impuls.



Jak to działa?

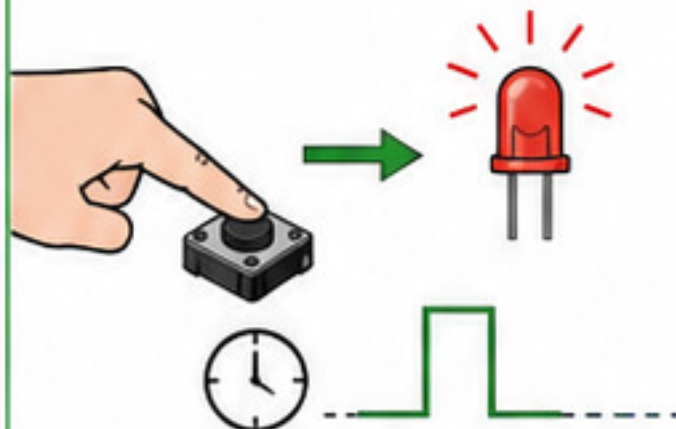
Układ NE555 pracuje w trybie monostabilnym. Po naciśnięciu przycisku (wyzwolenie na pinie 2) wyjście (pin 3) przechodzi w stan wysoki, a kondensator czasu C_T ładuje się przez rezystor R_T . Gdy napięcie na C_T osiągnie próg ($\sim 2/3 V_{CC}$), wyjście wraca do stanu niskiego. Czas trwania impulsu określa wzór:

$$t \approx 1,1 \cdot R_T \cdot C_T$$



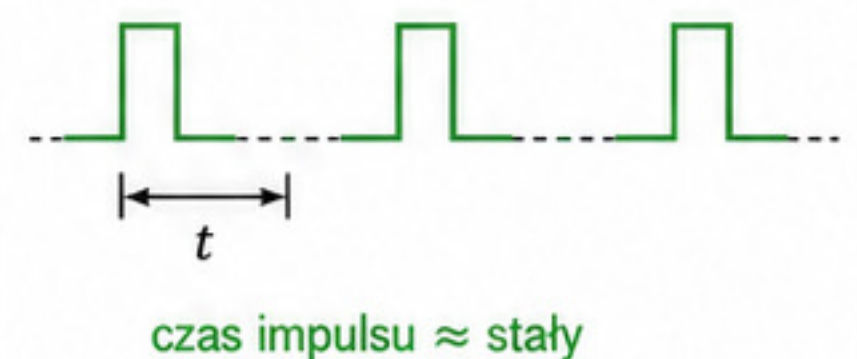
Sprawdź sam

Naciśnij przycisk — LED powinna zapalić się na krótki czas i zgasnąć.



Oczekiwany rezultat

Każde wyzwolenie daje jeden impuls o zbliżonym czasie trwania.



Najczęstsze błędy

- Błędne podłączenie przycisku (brak połączenia do GND).
- Nieodpowiednie wartości RC – impuls jest za krótki lub za długi.
- Odwrócona polaryzacja diody LED – nie świeci.
- Nieprawidłowe podłączenie pinów NE555 (zwłaszcza 4, 8 lub GND).



Eksperyment

Zmień pojemność kondensatora lub wartość rezystora czasu i porównaj długość impulsu.



40 Układ 14 — Regulacja czasu impulsu

Porównaj, jak rezystor czasu i kondensator czasu wpływają na długość pojedynczego impulsu.

a) krótki impuls		b) średni impuls		c) długi impuls	
Schemat/układ na płytce (fragment)		Schemat/układ na płytce (fragment)		Schemat/układ na płytce (fragment)	
R_T	10 kΩ	R_T	100 kΩ	R_T	220 kΩ
C_T	22 μF	C_T	10 μF	C_T	10 μF
t (przykładowe)	$t \approx 0,24$ s	t (przykładowe)	$t \approx 1,1$ s	t (przykładowe)	$t \approx 2,4$ s

Większy R_T lub C_T oznacza dłuższy impuls. Zmiana któregośkolwiek z tych elementów wydłuża czas trwania.

Jak testować

- 1 Zbuduj układ z wartościami średnimi ($R_T = 100$ kΩ, $C_T = 10$ μF).
- 2 Naciśnij przycisk chwilowy.
- 3 Zmierz czas świecenia diody LED (czas trwania impulsu).
- 4 Zmień wartość R_T lub C_T i powtórz pomiar. Porównaj wyniki.



Oczekiwane obserwacje

- ✓ Przy każdym naciśnięciu przycisku generowany jest jeden impuls.
- ✓ Czas trwania impulsu jest prawie stały dla tych samych wartości elementów.
- ✓ Zwiększenie R_T lub C_T powoduje wydłużenie czasu t impulsu.
- ✓ Zmierzony czas t zgadza się z wartością obliczoną ze wzoru w przybliżeniu.

Jak to działa?

Układ NE555 pracuje w trybie monostabilnym. Po naciśnięciu przycisku kondensator C_T ładuje się przez rezystor R_T . Gdy napięcie na C_T osiągnie próg (ok. $2/3 V_{CC}$), wyjście przechodzi w stan niski. Czas trwania impulsu określa wzór:

$$t \approx 1,1 \cdot R_T \cdot C_T$$

Sprawdź sam

Uzupełnij pomiary własne.

R_T	C_T	t (pomiar)
10 kΩ	22 μF	_____
100 kΩ	10 μF	_____
220 kΩ	10 μF	_____
100 kΩ	47 μF	_____

Wnioski

Wartości elementów R_T i C_T bezpośrednio kontrolują długość pojedynczego impulsu. Dzięki temu można łatwo dostosować czas trwania do własnych potrzeb.

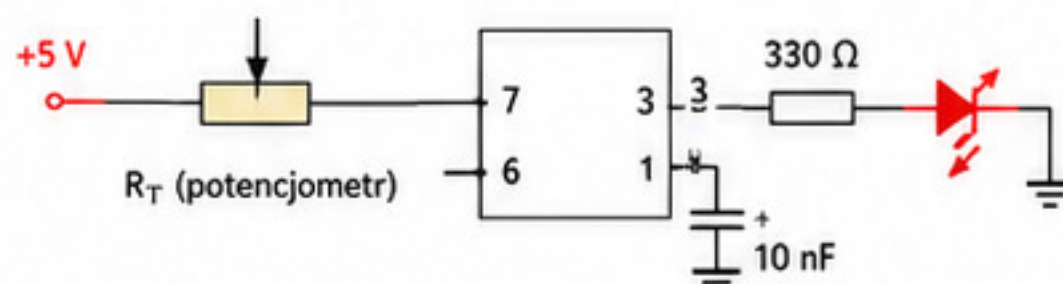
Najczęstsze błędy

- Zmiana zbyt wielu zmiennych jednocześnie (R_T i C_T).
- Odwrócona polaryzacja kondensatora elektrolitycznego.
- Używanie nieprawidłowych jednostek (np. kΩ zamiast Ω, μF zamiast nF).
- Zły moment pomiaru (wliczanie czasu naciskania przycisku).



Eksperyment

Zastąp rezystor R_T potencjometrem (np. 100 kΩ). Obracaj potencjometrem i obserwuj, jak płynnie zmienia się długość impulsu. To pozwala na precyzyjne ustawienie czasu bez wymiany elementów.



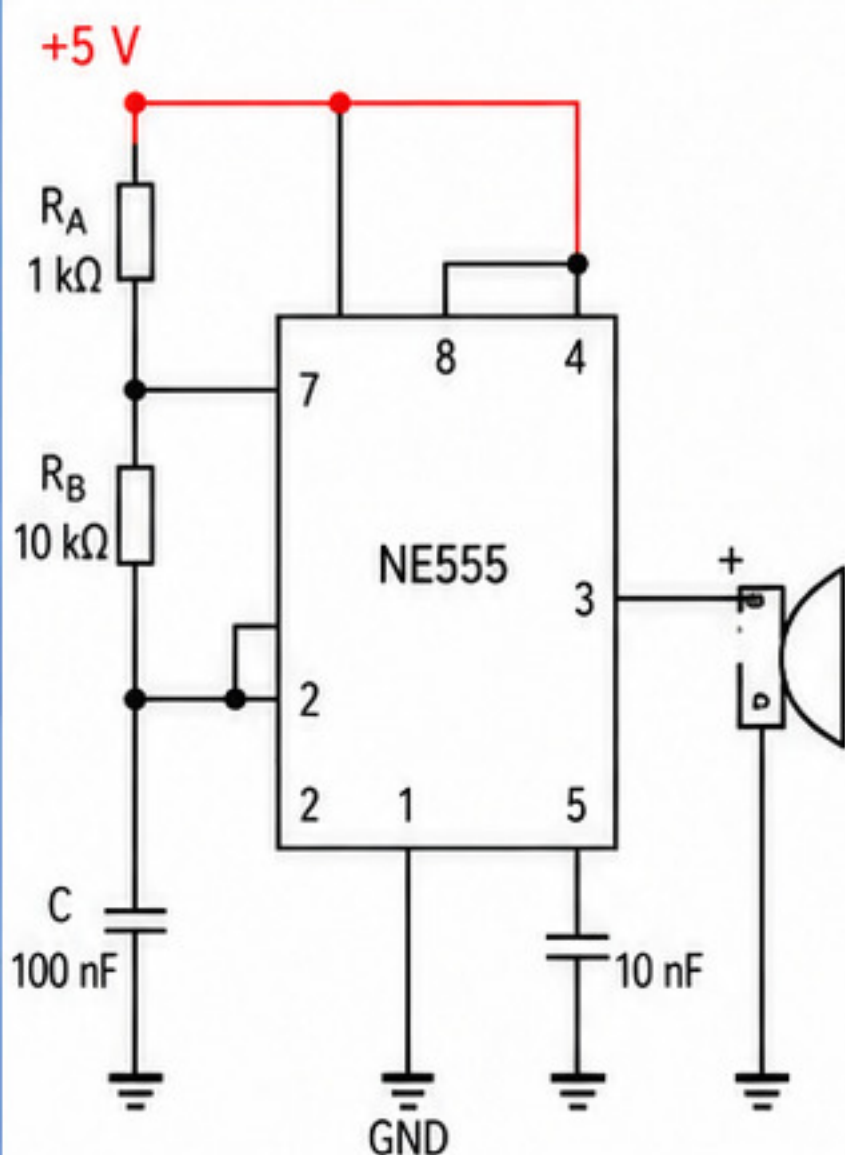
41 Układ 15 — Generator dźwięku z NE555 i brzęczykiem

Układ NE555 może generować sygnał, który zasila brzęczyk i tworzy słyszalny ton.

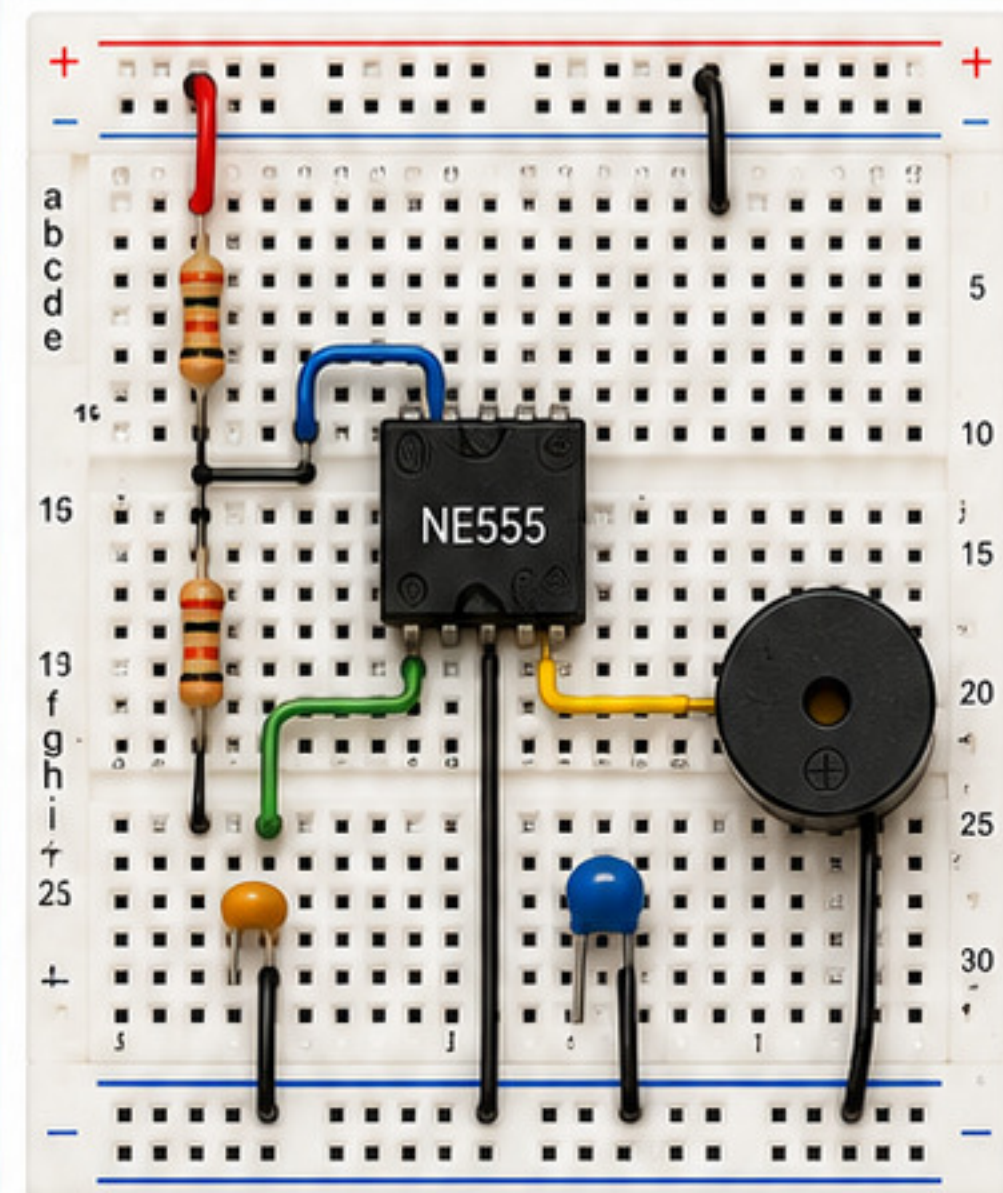
1. Potrzebne elementy

- 1× NE555
- 1× brzęczyk piezo
- 1× rezystor 1 kΩ
- 1× rezystor 10 kΩ
- 1× kondensator 100 nF
- 1× kondensator 10 nF
- 1× płyta stykowa
- przewody
- zasilanie 5 V DC

2. Schemat

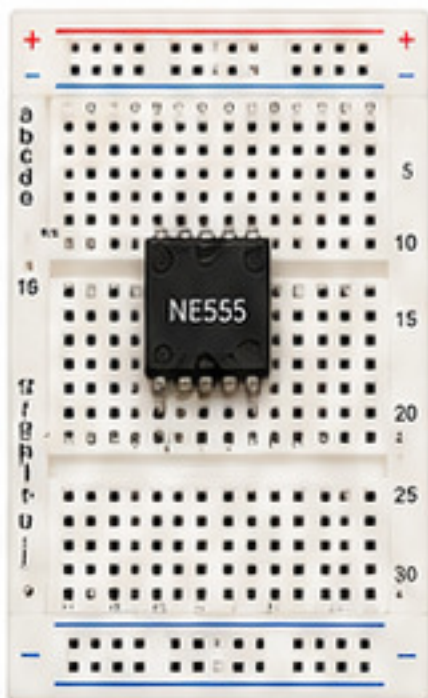


3. Montaż na płytce stykowej

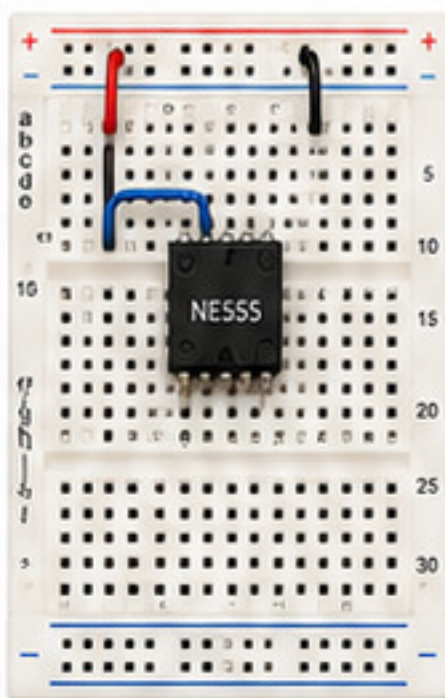


4. Montaż krok po kroku

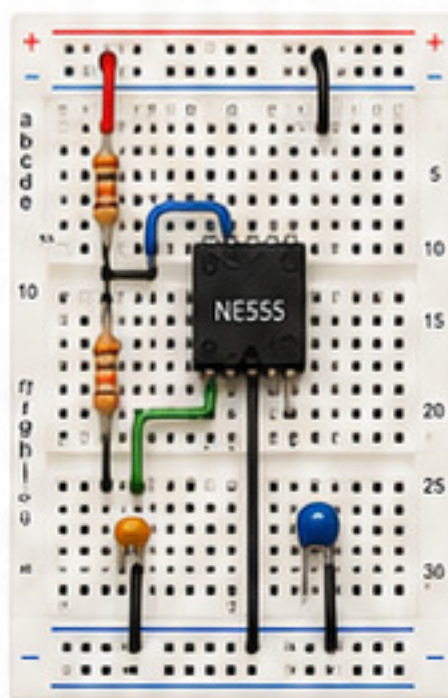
- 1 Umieść NE555 na płytce.



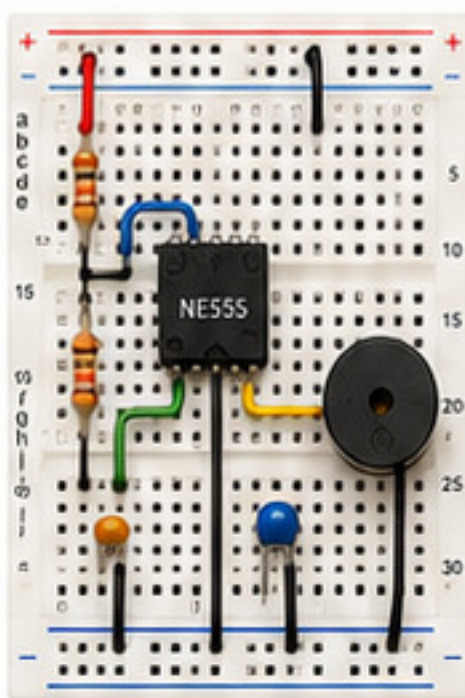
- 2 Połącz piny zasilania i reset.



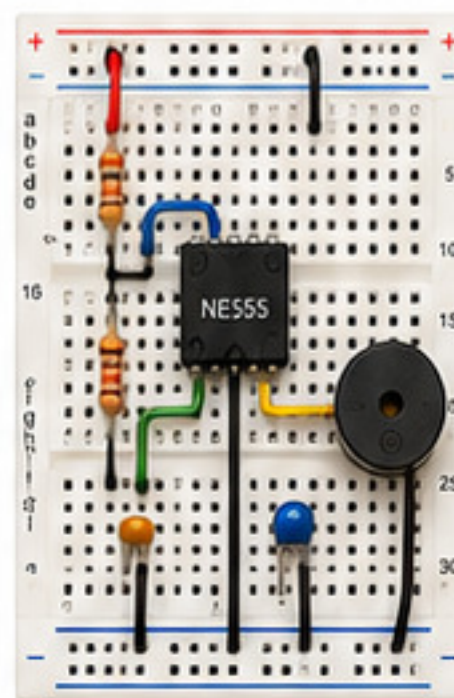
- 3 Dodaj rezystory generatora oraz kondensator.



- 4 Podłącz brzęczyk do wyjścia.



- 5 Włącz zasilanie i sprawdź dźwięk.



Jak to działa?

NE555 pracuje w trybie astabilnym jako generator prostokątny. Kondensator C ładuje się przez $R_A + R_B$, a następnie rozładowuje przez R_B . Na wyjściu (pin 3) powstaje sygnał o częstotliwości f , który zasila brzęczyk. Brzęczyk zamienia ten sygnał na dźwięk o określonej częstotliwości.



Sprawdź sam

Włącz zasilanie 5 V DC do układu. Usłyszysz dźwięk wydawany przez brzęczyk.



Oczekiwany rezultat

Brzęczyk wydaje ciągły ton o stałej częstotliwości.



Najczęstsze błędy

- Błędne podłączenie pinów NE555 (szczególnie 2, 6, 7, 8).
- Brak wspólnej masy między NE555, brzęczykiem i zasilaniem.
- Brak kondensatora C lub użycie niewłaściwej wartości.
- Brzęczyk nie wydaje dźwięku z powodu złego podłączenia przewodów.



Eksperyment

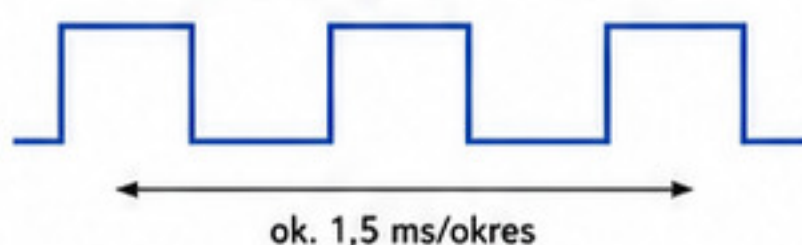
Zmień wartość kondensatora C (np. 47 nF, 220 nF, 470 nF) i posłuchaj, jak zmienia się ton brzęczyka.

42 Układ 15 – Zmiana tonu i test częstotliwości

Ton brzęczyka zależy od częstotliwości generatora NE555.

1. niski ton

Przebieg na wyjściu (OUT – pin 3)



ok. 1,5 ms/okres

2. średni ton

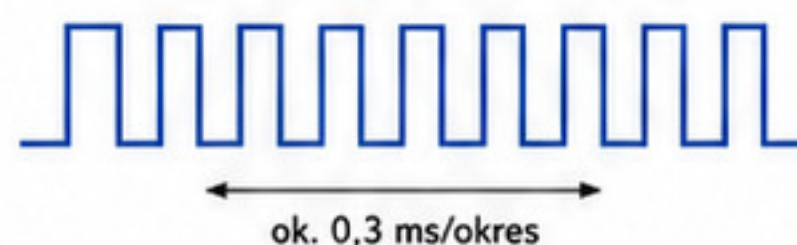
Przebieg na wyjściu (OUT – pin 3)



ok. 0,7 ms/okres

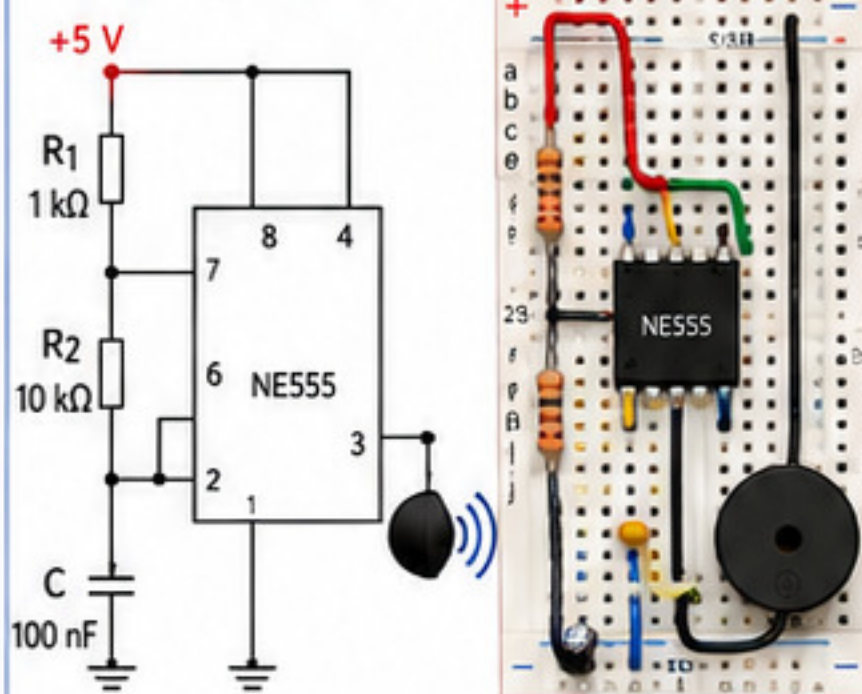
3. wysoki ton

Przebieg na wyjściu (OUT – pin 3)



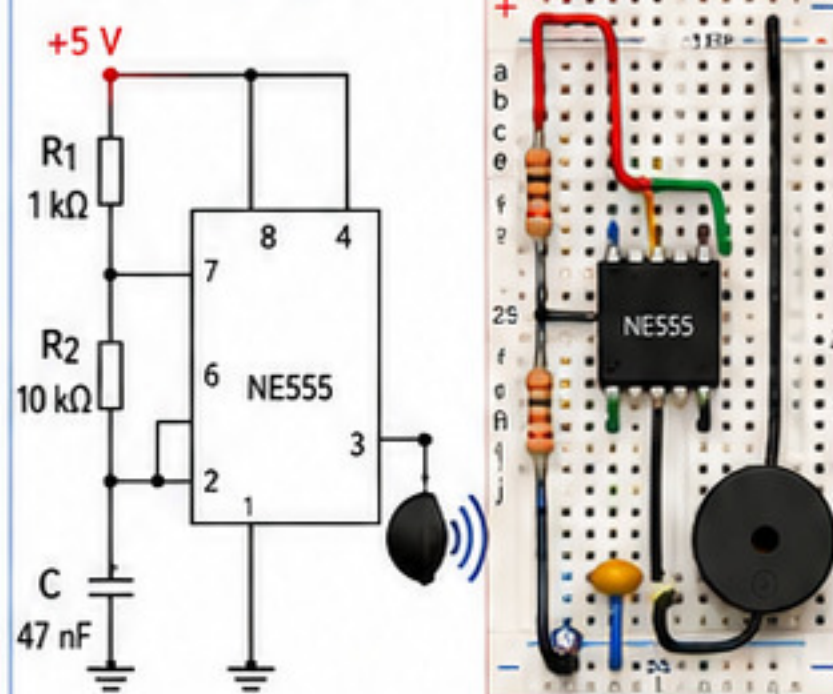
ok. 0,3 ms/okres

Schemat/układ na płytce (fragment)



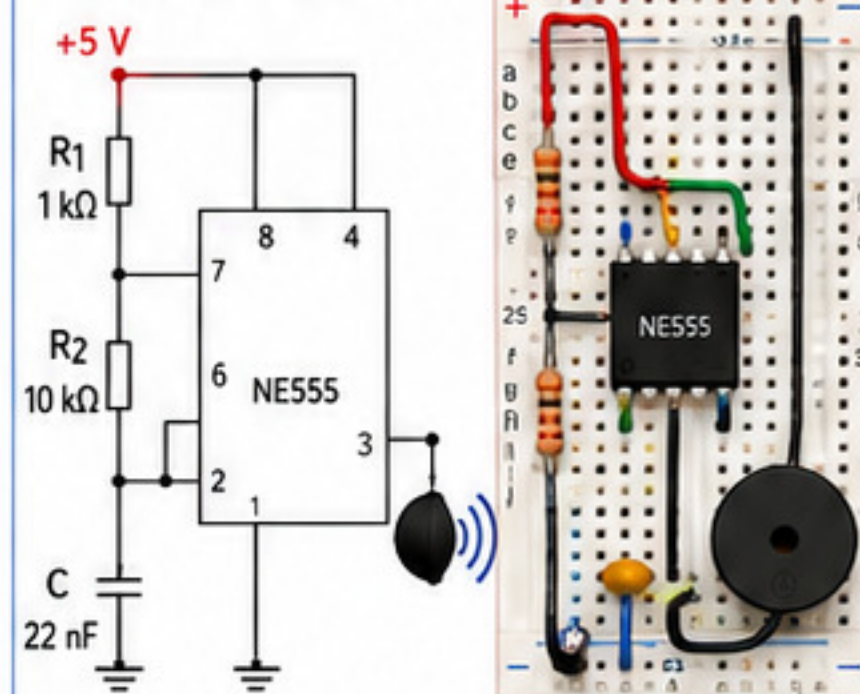
R1 (Ω)	1 kΩ
R2 (Ω)	10 kΩ
C (nF)	100 nF
f (częstotliwość)	≈ 650 Hz

Schemat/układ na płytce (fragment)



R1 (Ω)	1 kΩ
R2 (Ω)	10 kΩ
C (nF)	47 nF
f (częstotliwość)	≈ 1,4 kHz

Schemat/układ na płytce (fragment)



R1 (Ω)	1 kΩ
R2 (Ω)	10 kΩ
C (nF)	22 nF
f (częstotliwość)	≈ 3 kHz



Mniejsza pojemność C = **wyższa** częstotliwość i **wyższy** ton.



Jak testować

- 1 Zbuduj układ generatora astabilnego NE555 na płytce stykowej.
- 2 Włącz zasilanie 5 V DC.
- 3 Przetestuj trzy podane wartości kondensatora C .
- 4 Posłuchaj brzęczyka i opisz różnice w tonie.



Oczekiwane obserwacje

- ✓ Wyższa częstotliwość daje wyższy, bardziej „piskliwy” ton.
- ✓ Niższa częstotliwość daje niższy, „głębszy” ton.
- ✓ Brzęczyk może brzmieć inaczej w zależności od typu.
- ✓ Zmiana częstotliwości wpływa na ton szybciej niż na głośność.



Jak to działa?

Częstotliwość generatora astabilnego NE555 zależy od stałej czasowej sieci RC (R_1 , R_2 i C). Zmniejszenie pojemności C skraca czas ładowania i rozładowania kondensatora, co zwiększa częstotliwość i podnosi ton brzęczyka.

$$f \approx \frac{1}{T}$$

T zależy od R i C



Sprawdź sam

Wpisz własne wyniki:

C (nF)	f (ok.)	opis tonu

Porównaj i zapisz wnioski.



Wnioski

Ucho ludzkie potrafi usłyszeć wyraźny wpływ zmian częstotliwości na ton brzęczyka.



Najczęstsze błędy

- Zastosowanie niewłaściwej wartości kondensatora.
- Pomylenie jednostek: nF i μ F.
- Niestabilne zasilanie.
- Porównywanie głośności zamiast tonu (wysokości dźwięku).



Eksperyment

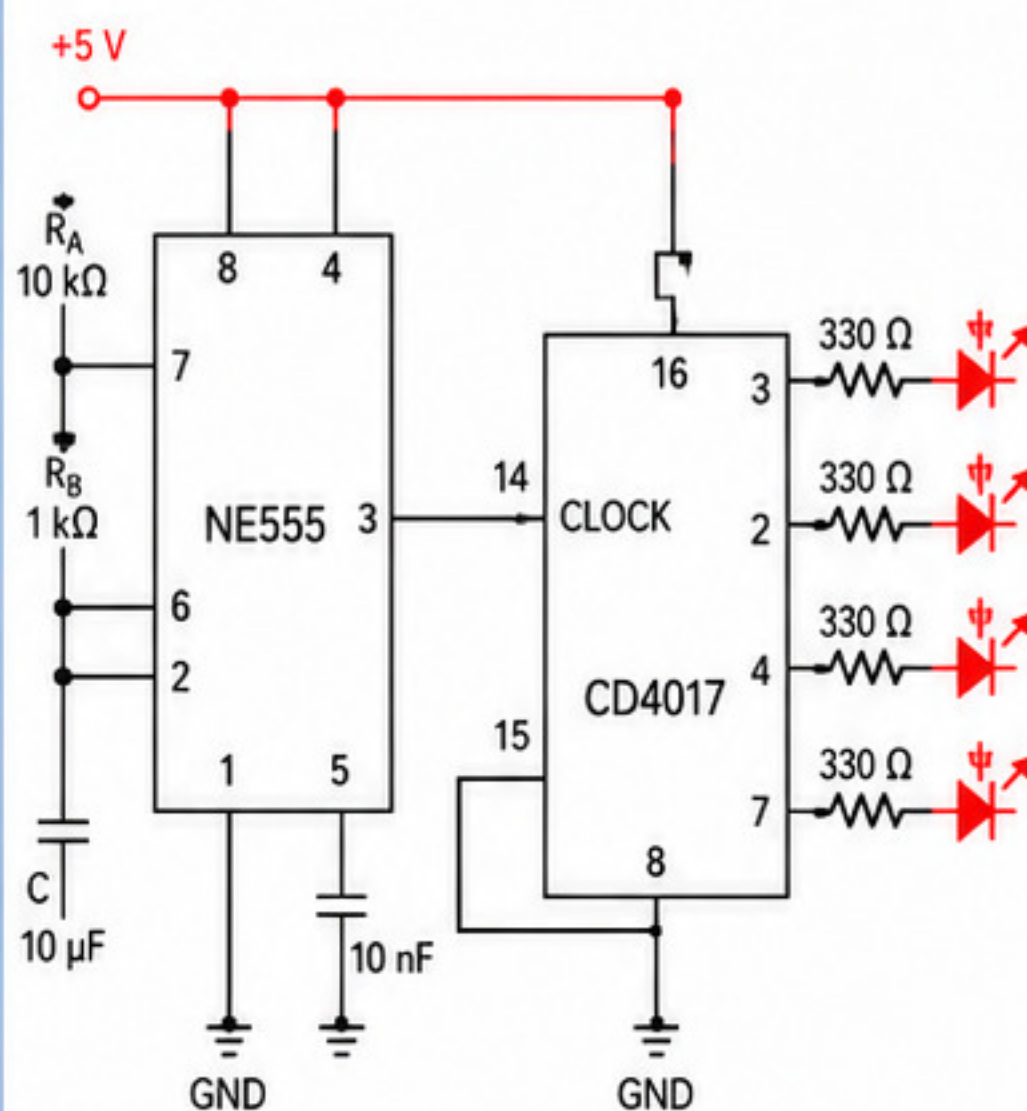
Zamiast zmieniać kondensator, zmień jedną z rezystancji (np. R_1 lub R_2) i porównaj efekt. Która zmiana – C czy R – daje większą różnicę w tonie?

Generator NE555 podaje impulsy zegarowe, a licznik CD4017 włącza diody LED po kolei.

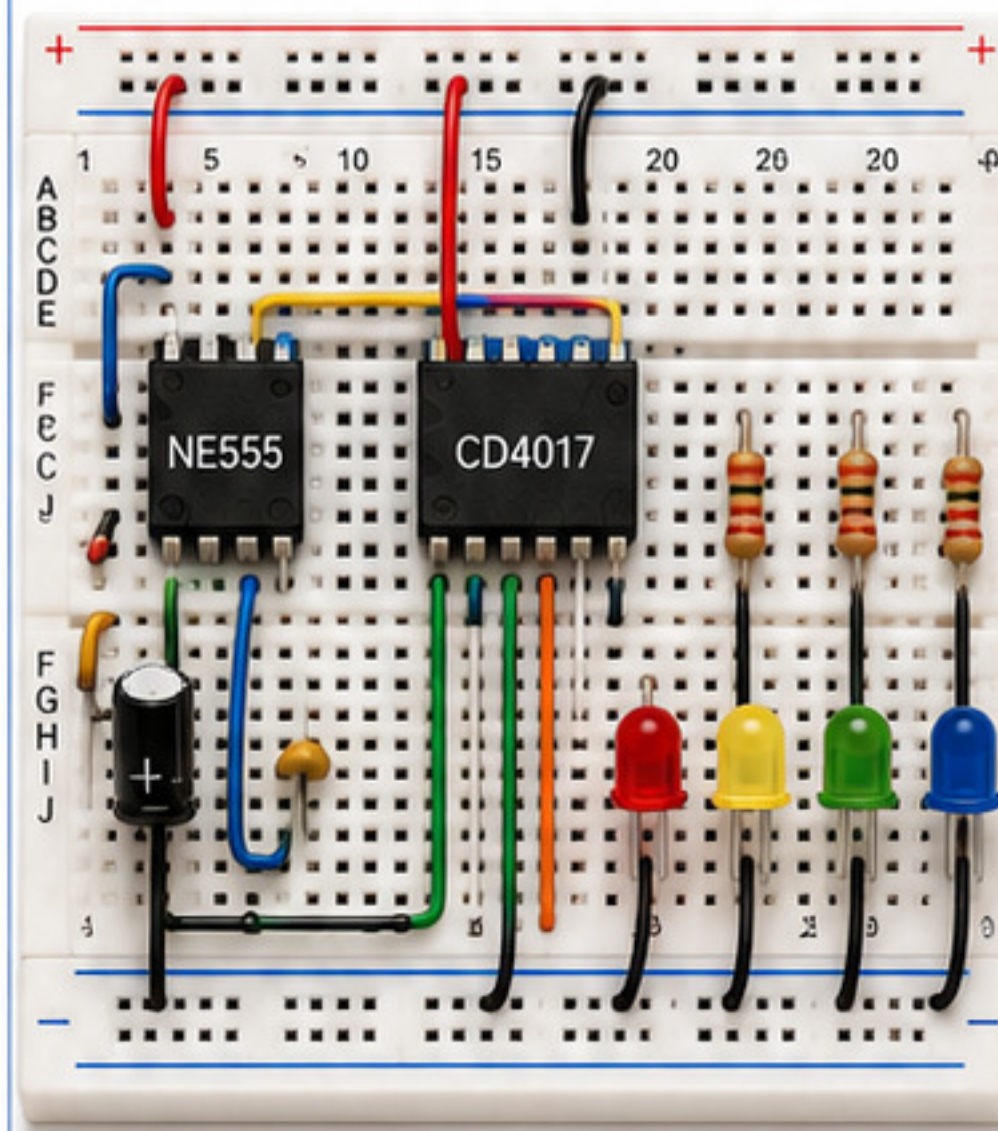
1. Potrzebne elementy

- 1× NE555
- 1× CD4017
- 4× dioda LED
- 4× rezystor 330 Ω
- 1× rezystor 1 k Ω
- 1× rezystor 10 k Ω
- 1× kondensator 10 μ F
- 1× kondensator 10 nF
- 1× płytka stykowa
- przewody
- zasilanie 5 V DC

2. Schemat

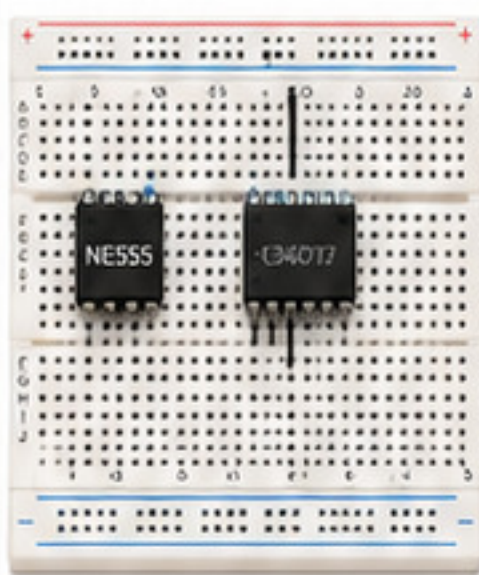


3. Montaż na płytce stykowej

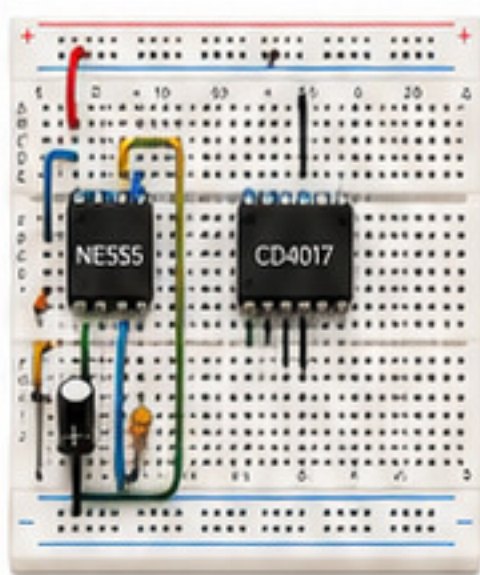


4. Montaż krok po kroku

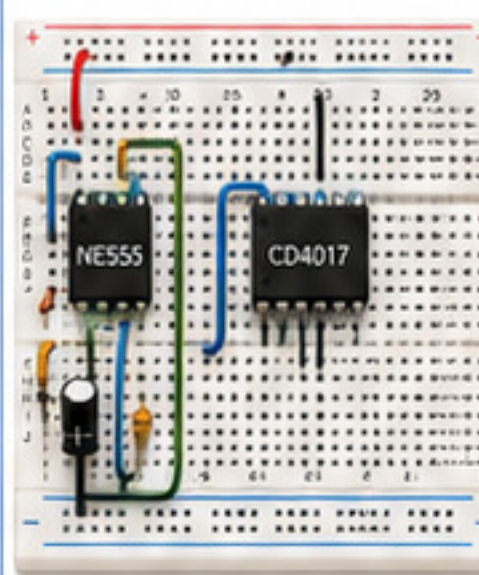
- 1** Umieść NE555 i CD4017.



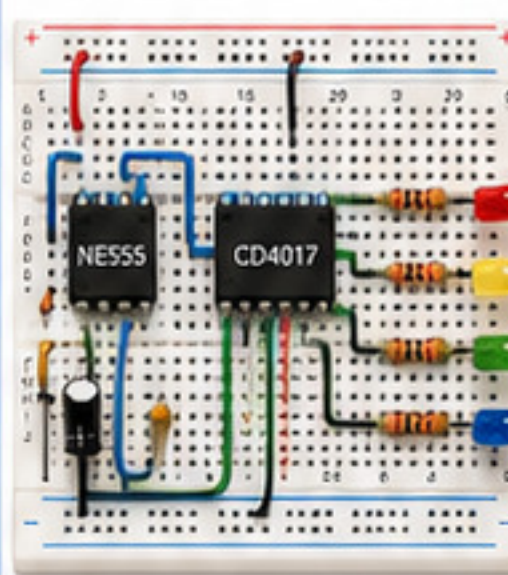
- 2** Zbuduj generator NE555.



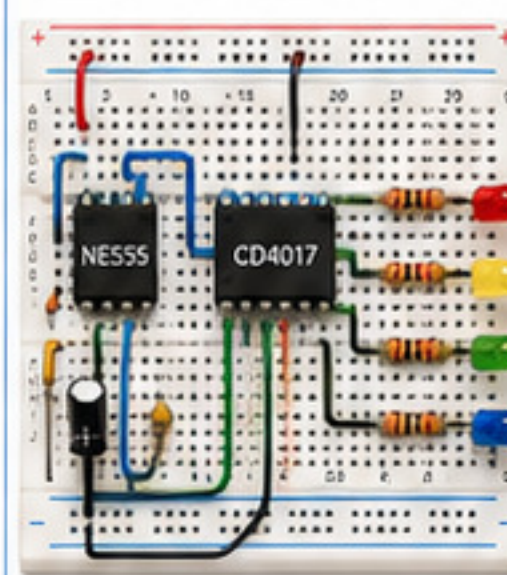
- 3** Połącz wyjście 555 z wejściem CLOCK licznika.



- 4** Podłącz LED-y do wyjść Q0–Q3 przez rezystory.



- 5** Podłącz RESET i uruchom sekwencję.



i Jak to działa?

NE555 pracuje w trybie astabilnym i generuje impulsy zegarowe. Każde zbocze narastające na wejściu CLOCK (pin 14) powoduje, że licznik CD4017 przechodzi do następnego wyjścia. Wyjścia Q0, Q1, Q2 i Q3 uaktywniają się kolejno w stanie wysokim, zapalając odpowiednie diody LED. Po Q3 pin RESET (15) resetuje licznik, dzięki czemu sekwencja zaczyna się od nowa.

✓ Sprawdź sam

Uruchom układ i obserwuj diody LED. Powinny zapalać się jedna po drugiej w kółko.



✓ Oczekiwany rezultat

Tylko jedna dioda LED świeci się w danym momencie i kolejne świecą się w ustalonej kolejności.



⚠ Najczęstsze błędy

- Brak połączenia wyjścia NE555 z wejściem CLOCK (pin 14).
- Błędne podłączenie RESET — sekwencja nie powtarza się.
- Brak rezystorów ograniczających prąd diod LED.
- Odwrócona polaryzacja diod LED — nie świecą.

🧪 Eksperyment

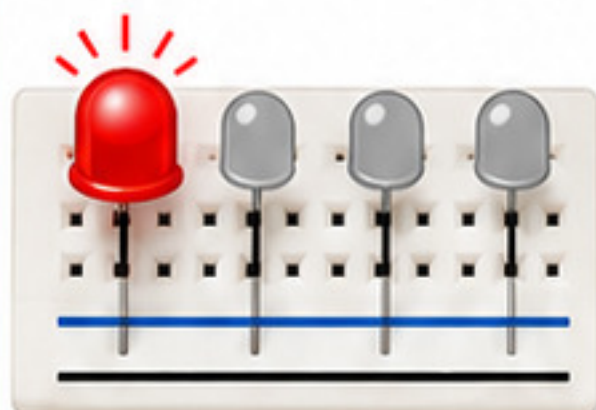
Zmień szybkość sekwencji, modyfikując kondensator C (10 μ F) lub wartości rezystorów R_A i R_B .
Większa pojemność → wolniejsze sekwencje.
Mniejsza pojemność → szybsze sekwencje.

Sprawdź kolejność świecenia i zobacz, jak zmiany połączeń wpływają na sekwencję.

Krok 1

Q0

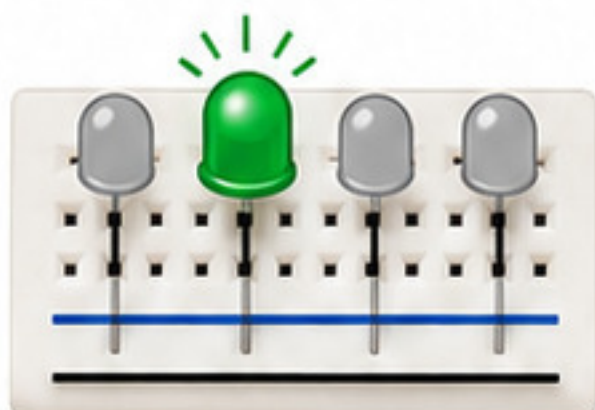
Q0 Q1 Q2 Q3



Krok 2

Q1

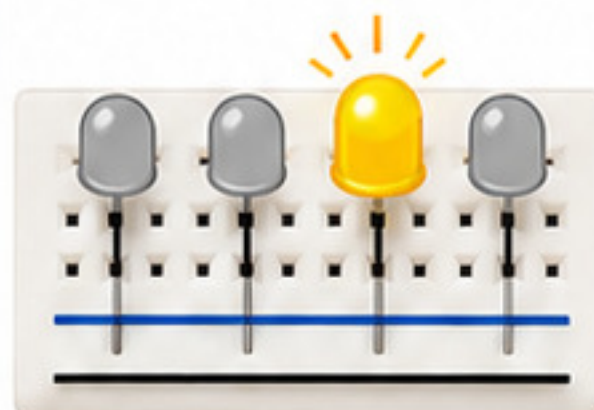
Q0 Q1 Q2 Q3



Krok 3

Q2

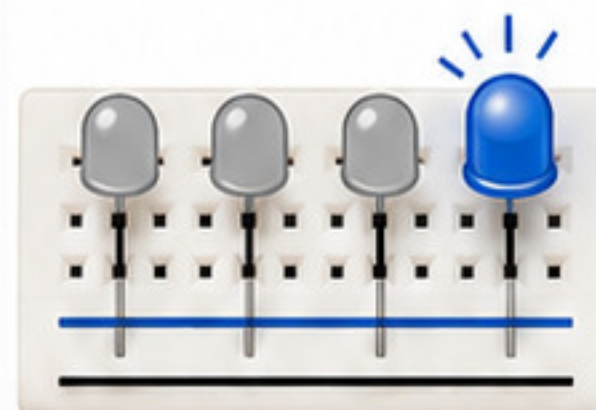
Q0 Q1 Q2 Q3



Krok 4

Q3

Q0 Q1 Q2 Q3



Każdy impuls zegara przesuwą sekwencję o 1 krok



Jak testować

- 1 Włącz zasilanie.
- 2 Obserwuj kolejność świecenia diod LED.
- 3 Policz szybkość sekwencji.
- 4 Zmień element czasu i porównaj działanie.



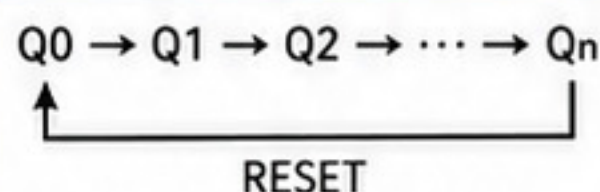
Oczekiwane obserwacje

- ✓ Każdy impuls zegara zmienia aktywne wyjście.
- ✓ Sekwencja zaczyna się od początku po osiągnięciu wybranego ostatniego wyjścia.
- ✓ Wolniejszy sygnał zegara oznacza wolniejsze przemieszczanie się światła.
- ✓ Zmiana punktu resetu (RESET) zmienia liczbę kroków w sekwencji.



Jak to działa?

Liczniki CD4017 przesuwają aktywne wyjście o jedno na każde narastające zbocze sygnału zegarowego (CLK). Wyjścia Q0–Q9 zapalają się kolejno. Po osiągnięciu wyjścia połączonego z RESET licznik wraca do Q0 i sekwencja zaczyna się od nowa.



Sprawdź sam



Zmień szybkość zegara.



Zmień kolory diod LED.



Zmień punkt resetu.



Możliwe modyfikacje

- 4 kroki (Q0 → Q3)
- 5 kroków (Q0 → Q4)
- Wolniejsza sekwencja (większy czas).
- Szybsza sekwencja (mniejszy czas).



Najczęstsze błędy

- Brak połączenia RESET – sekwencja nie wraca do początku.
- Diody LED podłączone do niewłaściwych wyjść.
- Brak wspólnej masy (GND).
- Nieprawidłowe podłączenie sygnału zegarowego.



Eksperyment

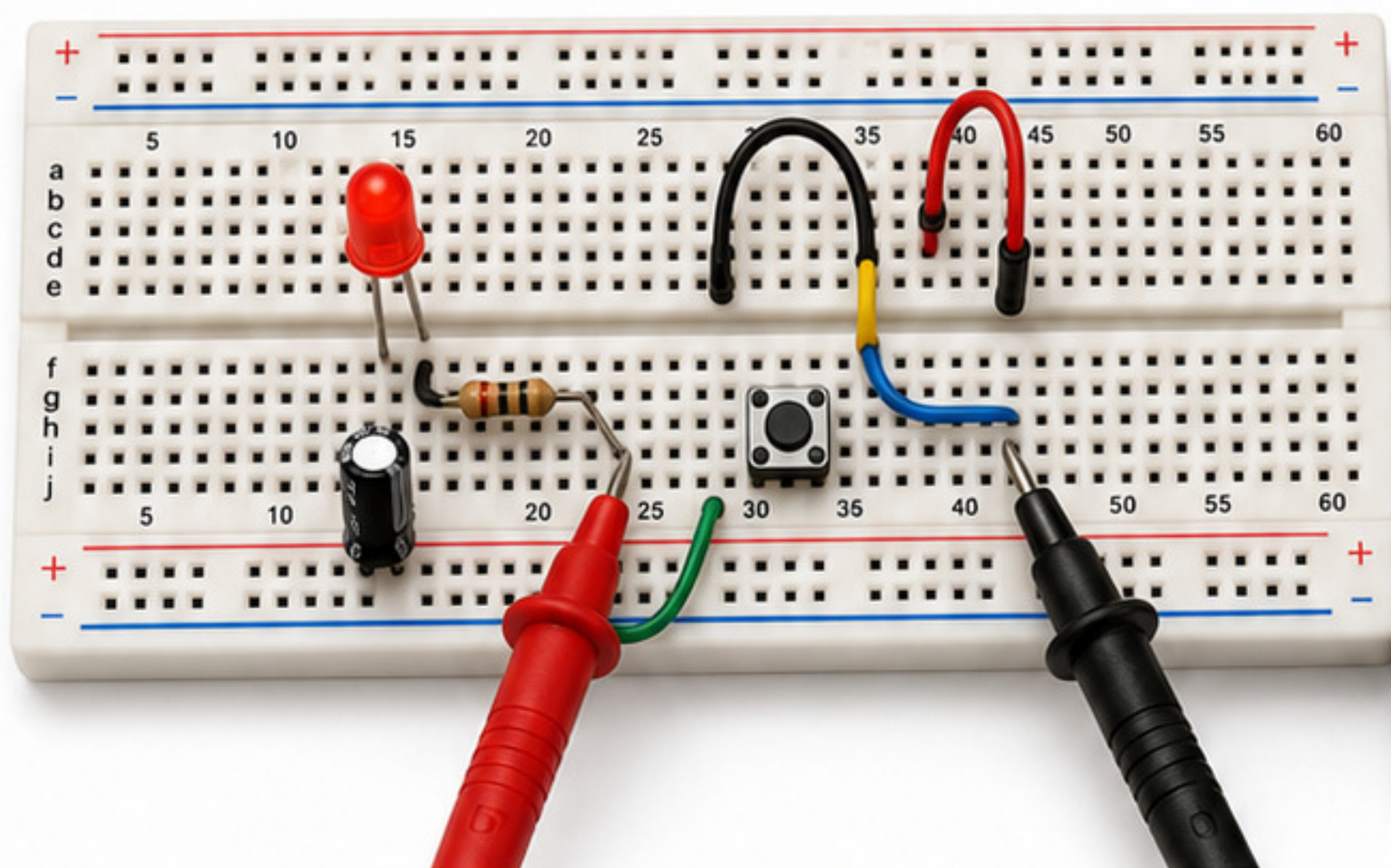
Przenieś przewód RESET na inne wyjście (np. z Q3 na Q5 lub Q6) i zobacz, jak zmienia się liczba kroków w sekwencji. Zaobserwuj, jak wpływa to na długość cyklu i rytm świecenia.

MODUŁ

06

— Testuj, naprawiaj i eksperymentuj

W tym module nauczysz się poprawnie mierzyć napięcie, diagnozować typowe błędy na płytce stykowej oraz mądrze rozwijać zbudowane układy przez proste eksperymenty i modyfikacje.



multimetr



pomiar



diagnostyka



test



modyfikacje



eksperyment



napięcie



sprawdzanie



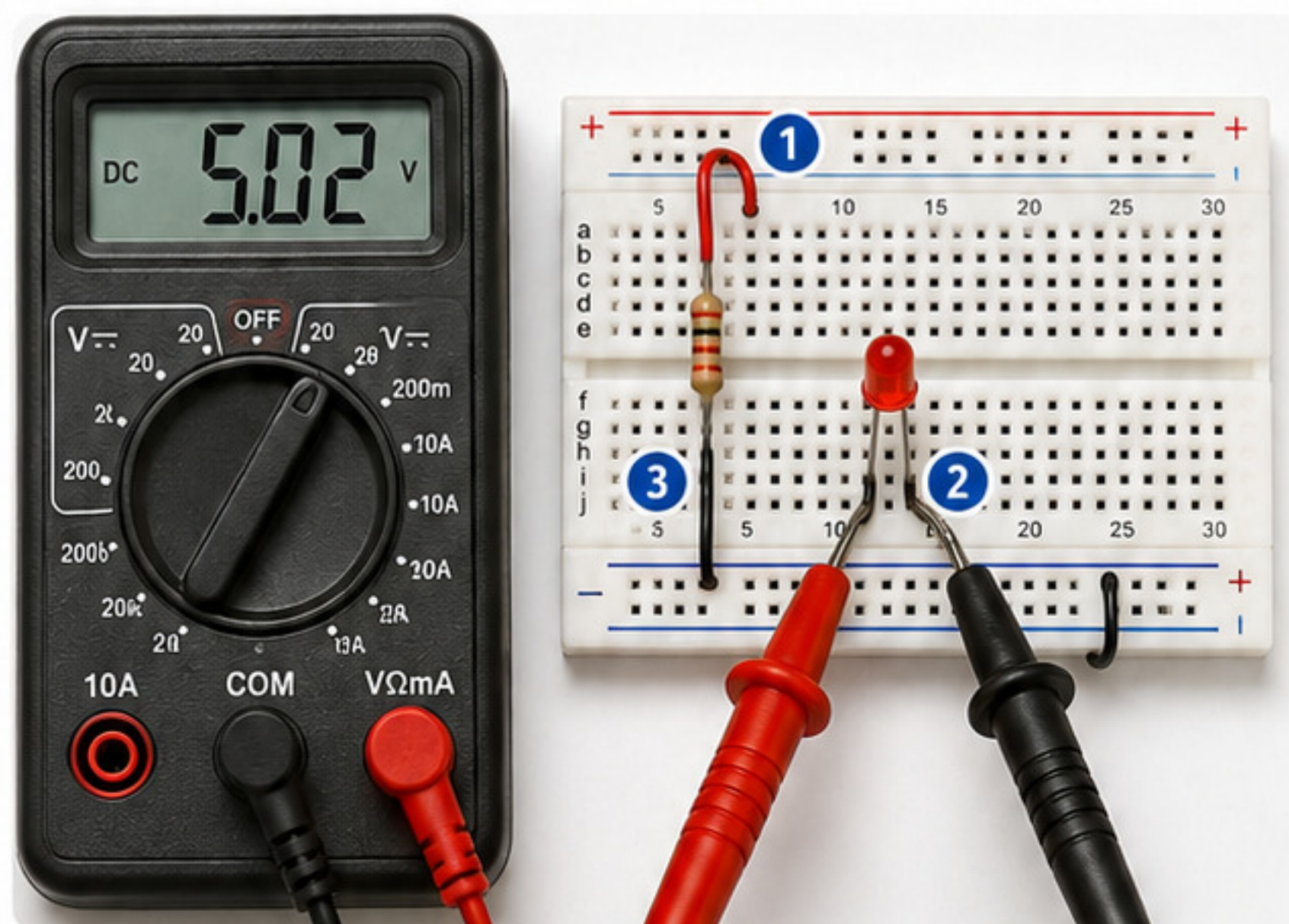
błędy



wnioski

Jak poprawnie mierzyć napięcie multimetrem

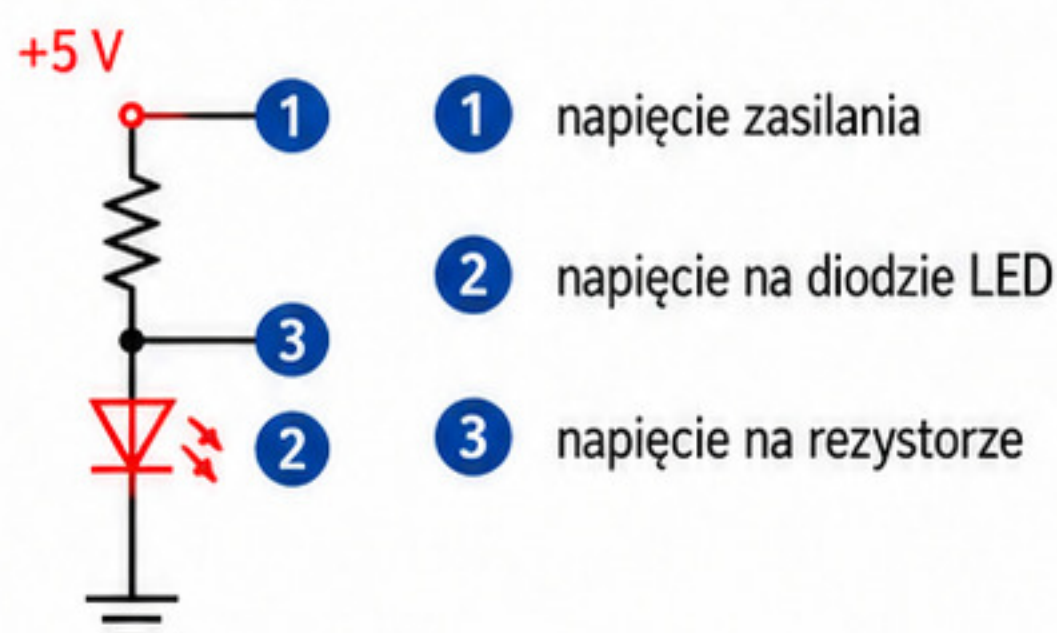
Napięcie mierzymy równolegle i zawsze sprawdzamy właściwy zakres pomiarowy.



Jak mierzyć

- 1 Ustaw pomiar V DC (np. 20 V DC).
- 2 Podłącz czarną sondę do gniazda COM.
- 3 Podłącz czerwoną sondę do gniazda VΩ.
- 4 Przyłóż sondy równolegle do badanego punktu.

Punkty pomiarowe



Oczekiwane odczyty

zasilanie	≈ 5 V DC
na LED	zależnie od koloru ok. 1,8–3,2 V
rezystor	reszta odkłada się na rezystorze

Jak to działa?

Napięcie to różnica potencjałów między dwoma punktami. Dlatego sondy multimetru podłączamy równolegle do badanego elementu lub węzła, a nie w szereg. W przeciwnym razie zmienimy działanie układu i odczyt będzie błędny.

Sprawdź sam

Zmierz napięcia w tym samym układzie w różnych punktach pomiarowych. Porównaj wartości i sprawdź, czy zgadzają się z oczekiwaniami.

Wnioski

W prostym obwodzie szeregowym suma spadków napięć na wszystkich elementach jest równa napięciu zasilania (w przybliżeniu).

Najczęstsze błędy

- podłączenie sond do niewłaściwego gniazda w multimetrze
- pomiar w zakresie AC zamiast DC
- mierzenie w szereg (sondy wpięte w obwód) przez pomyłkę
- zamiana sond bez zrozumienia znaczenia polaryzacji

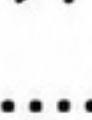
Eksperyment

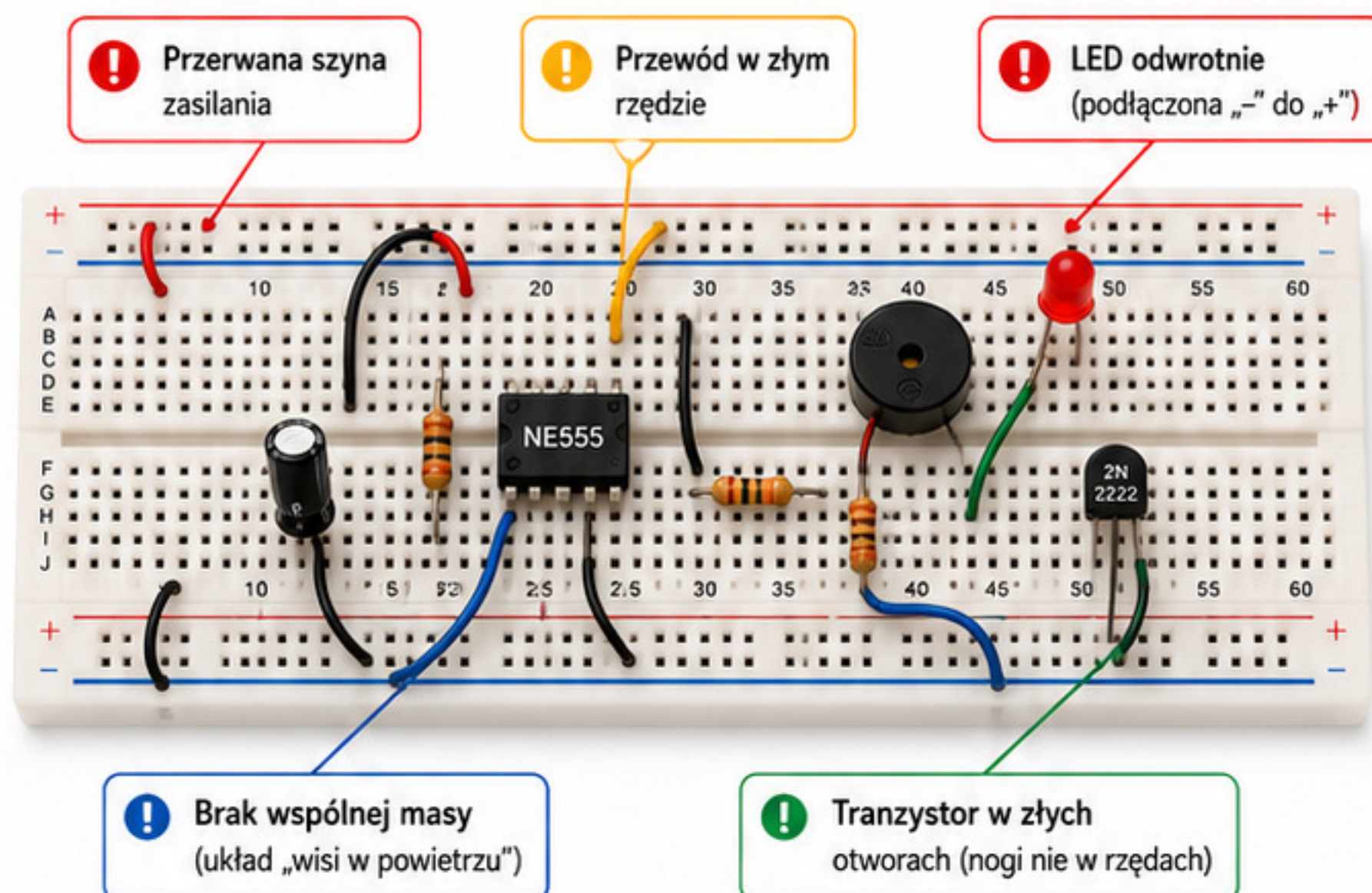
Zmierz napięcia w układzie przed i po naciśnięciu przycisku (np. sterującego LED) lub w różnych warunkach oświetlenia w układzie z czujnikiem światła.

47 Diagnostyka najczęstszych problemów na płytce stykowej

Szybka checklista, gdy układ nie działa od razu.

Od czego zacząć?

-  sprawdź zasilanie
-  sprawdź wspólną masę
-  porównaj układ ze schematem
-  sprawdź polaryzację
-  sprawdź czy elementy są w dobrych rzędach



Objaw — możliwa przyczyna — co sprawdzić

 LED nie świeci	brak zasilania, odwrócona polaryzacja, przerwa w obwodzie	napięcie zasilania, + i – LED, rezystor, połączenia w tym samym rzędzie
 brzęczyk milczy	brak zasilania, odwrotne podłączenie, brak wspólnej masy	polaryzację brzęczyka, połączenie masy, napięcie na jego zaciskach
 silnik nie rusza	zbyt małe napięcie/prąd, odwrotna polaryzacja, nieprawidłowe sterowanie	napięcie, polaryzację, tranzystor/driver, wspólną masę
 NE555 nie miga	błędne wartości R i C, brak wyzwolenia/reset, brak zasilania	napięcie 5 V, połączenia pinów 2, 3, 4, 6, 7, wartości elementów
 układ działa niestabilnie	luźne połączenia, brak odsprzęgania, zakłócenia z zasilania	luźne przewody, kondensator 100 nF przy NE555, wspólna masa
 pomiar multimetrem jest nielogiczny	brak wspólnej masy, pomiar w złym miejscu, niewłaściwy tryb miernika	podłącz masę miernika do GND układu, punkt pomiaru, zakres (V/Ω/A)

Jak to działa?

Większość problemów wynika z błędów w połączeniach, odwróconej polaryzacji lub braku wspólnego punktu odniesienia (masy).

Metodyczna kontrola pozwala szybko znaleźć przyczynę.

Sprawdź sam

- 1 Sprawdź obecność zasilania (5 V).
- 2 Upewnij się, że masa jest wspólna.
- 3 Sprawdź polaryzację elementów.
- 4 Przejdź połączenia krok po kroku.
- 5 Porównaj ze schematem.

Szybkie wskazówki

- Zmieniaj po jednym elemencie lub połączeniu.
- Testuj po każdej zmianie.
- Używaj kolorów do porządkowania przewodów.
- Zapisuj pomiary — ułatwia to porównanie.

Najczęstsze błędy

- Zakładanie zamiast pomiaru.
- Zmiana wielu rzeczy naraz.
- Ignorowanie wewnętrznych połączeń płytki stykowej.
- Zapominanie o przerwie w szynie zasilania.

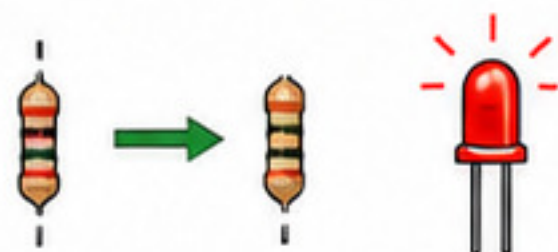
Eksperyment

Celowo wprowadź jeden prosty błąd w znanym układzie, np. odwróć LED lub przerwij przewód. Następnie użyj tej checklisty, aby znaleźć i naprawić problem. To świetny trening diagnostyki!

16 pomysłów na modyfikację zbudowanych układów

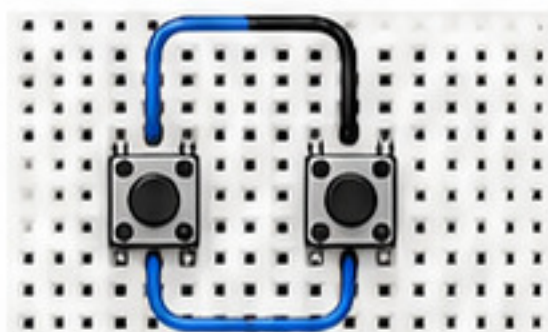
Proste eksperymenty, które zmieniają zachowanie gotowych projektów.

01 Zmień rezystor LED



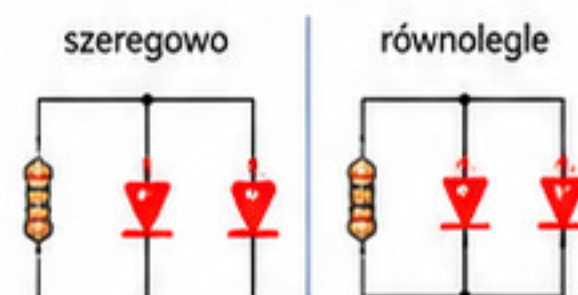
Zmiana wartości rezystora wpływa na jasność LED.

02 Dodaj drugi przycisk



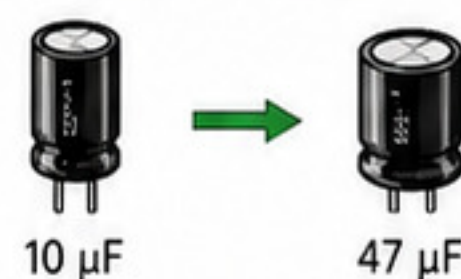
Drugi przycisk pozwala na dodatkowe sterowanie układem.

03 Porównaj LED szeregowo i równolegle



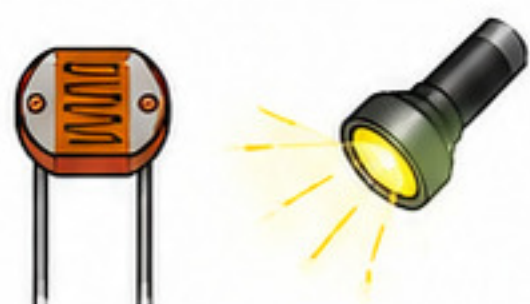
Różne połączenia dają różną jasność i pobór prądu.

04 Zmień pojemność kondensatora



Zmiana pojemności wpływa na czas ładowania i rozładowania.

05 Zastąp LDR



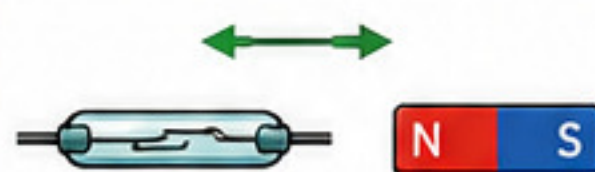
Mniej światła to większa rezystancja i inna reakcja układu.

06 Ogrzej termistor NTC



Podgrzewanie zmniejsza opór i zmienia działanie układu.

07 Przesuń kontaktron



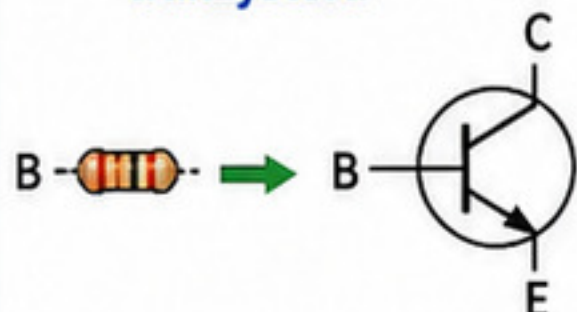
Odległość magnesu zmienia stan i moment reakcji kontaktronu.

08 Zwiększ czułość czujnika dotyku



Zmniejsz rezystor lub zwiększ powierzchnię elektrody.

09 Zmień rezystor bazy tranzystora



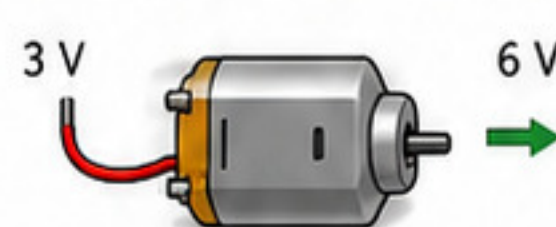
Zmiana wartości wpływa na wzmocnienie i prąd kolektora.

10 Użyj innego brzęczyka



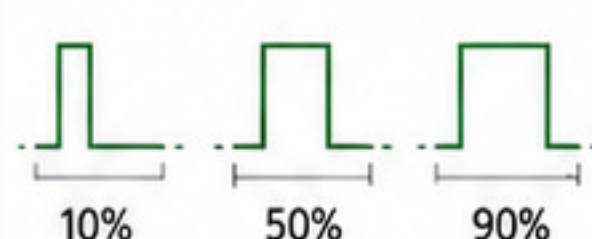
Różne brzęczyki mają inną głośność i ton dźwięku.

11 Sprawdź silnik przy innym napięciu



Wyższe napięcie zwiększa prędkość obrotową silnika.

12 Zmień wypełnienie PWM



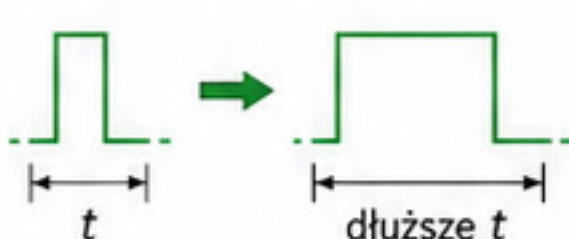
Wypełnienie PWM zmienia jasność LED lub prędkość silnika.

13 Zmień częstotliwość NE555



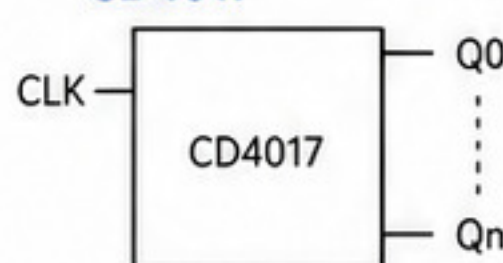
Regulacja częstotliwości wpływa na tempo impulsów i dźwięku.

14 Wydłuż impuls monostabilny



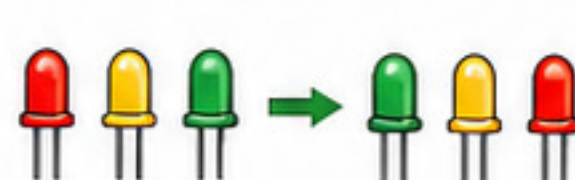
Zwiększ stałą czasową, aby wydłużyć czas impulsu.

15 Zmień liczbę kroków CD4017



Zmiana połączeń wyjść wpływa na długość sekwencji.

16 Zamień kolory LED w sekwencji



Inna kolejność LED tworzy nowy efekt świetlny.



Jak korzystać z pomysłów

- Wybierz jedną modyfikację i wprowadź ją w swoim układzie.
- Obserwuj uważnie zmiany i notuj wyniki.
- Porównuj wyniki i wyciągaj wnioski z eksperymentów.



Cel

Te modyfikacje pomagają zrozumieć, jak poszczególne elementy i ich wartości wpływają na działanie układu.



Zasada bezpieczeństwa

Zmieniaj tylko jedną zmienną naraz i pracuj w niskich napięciach – to bezpieczne i pozwala wyciągać poprawne wnioski.

Zanim przejdziesz dalej, sprawdź co już umiesz i co warto ćwiczyć następnie.



Przed uruchomieniem

- ☐ Sprawdź polaryzację elementów.
- ☐ Sprawdź zasilanie 5 V DC.
- ☐ Upewnij się, że masa (GND) jest poprawnie podłączona.
- ☐ Upewnij się, że układ jest zgodny ze schematem.
- ☐ Sprawdź poprawność wartości elementów.
- ☐ Upewnij się, że przewody są pewnie osadzone i nic nie jest luźne.



Podczas testów

- ☐ Obserwuj rezultat działania układu.
- ☐ Mierz napięcia w kluczowych punktach.
- ☐ Notuj zmiany i wyniki pomiarów.
- ☐ Zmieniaj jedną rzecz naraz.
- ☐ Porównuj wyniki z oczekiwanymi wartościami.



Co już potrafisz

- ✓ Zbudować prosty układ na płytce stykowej.
- ✓ Rozpoznawać elementy elektroniczne.
- ✓ Czytać i rozumieć schematy.
- ✓ Testować LED i czujniki.
- ✓ Używać tranzystora.
- ✓ Rozumieć podstawy układu NE555.
- ✓ Wykonywać podstawową diagnostykę układu.

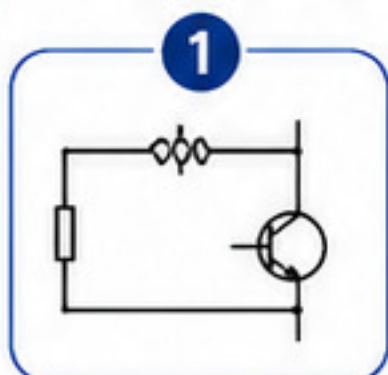


Następny krok

- ➔ Zaprojektuj własny układ na płytce stykowej.
- ➔ Prowadź dokumentację pomiarów.
- ➔ Wprowadzaj własne modyfikacje i obserwuj efekty.
- ➔ Porównuj działanie kilku rozwiązań.

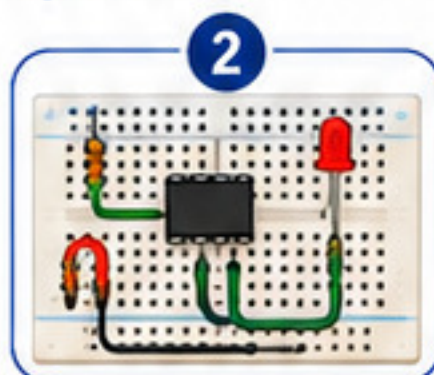


Od montażu do eksperymentu



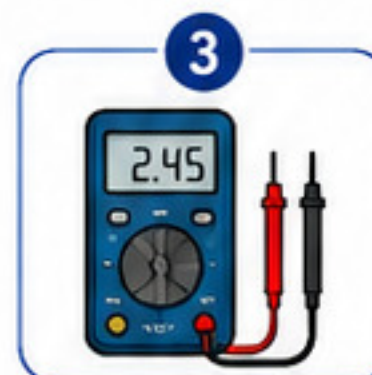
schemat

Zrozum układ i jego działanie.



montaż

Zbuduj układ zgodnie ze schematem.



test

Uruchom układ i wykonaj pomiary.



wnioski

Zapisz wyniki i wyciągnij wnioski z doświadczenia.



Pamiętaj

- Pracuj zawsze przy niskim napięciu (5 V DC).
- Nie podłączaj zasilania, jeśli układ jest niekompletny.
- Sprawdzaj polaryzację elementów przed włączeniem.
- Nie zwieraj wyjść układów scalonych do zasilania.
- Mierz ostrożnie – nie dotykaj gołych końcówek pod napięciem.



Zadanie na koniec

Wybierz jeden z układów, które zbudowałeś w tym zeszycie.

Twoje zadanie:

Opisz, co się dzieje w układzie po zmianie jednego wybranego elementu (np. rezystora, kondensatora lub wartości czasu).

Zapisz swoje obserwacje i wnioski.