



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

MAŁY
INŻYNIER[®].PL

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

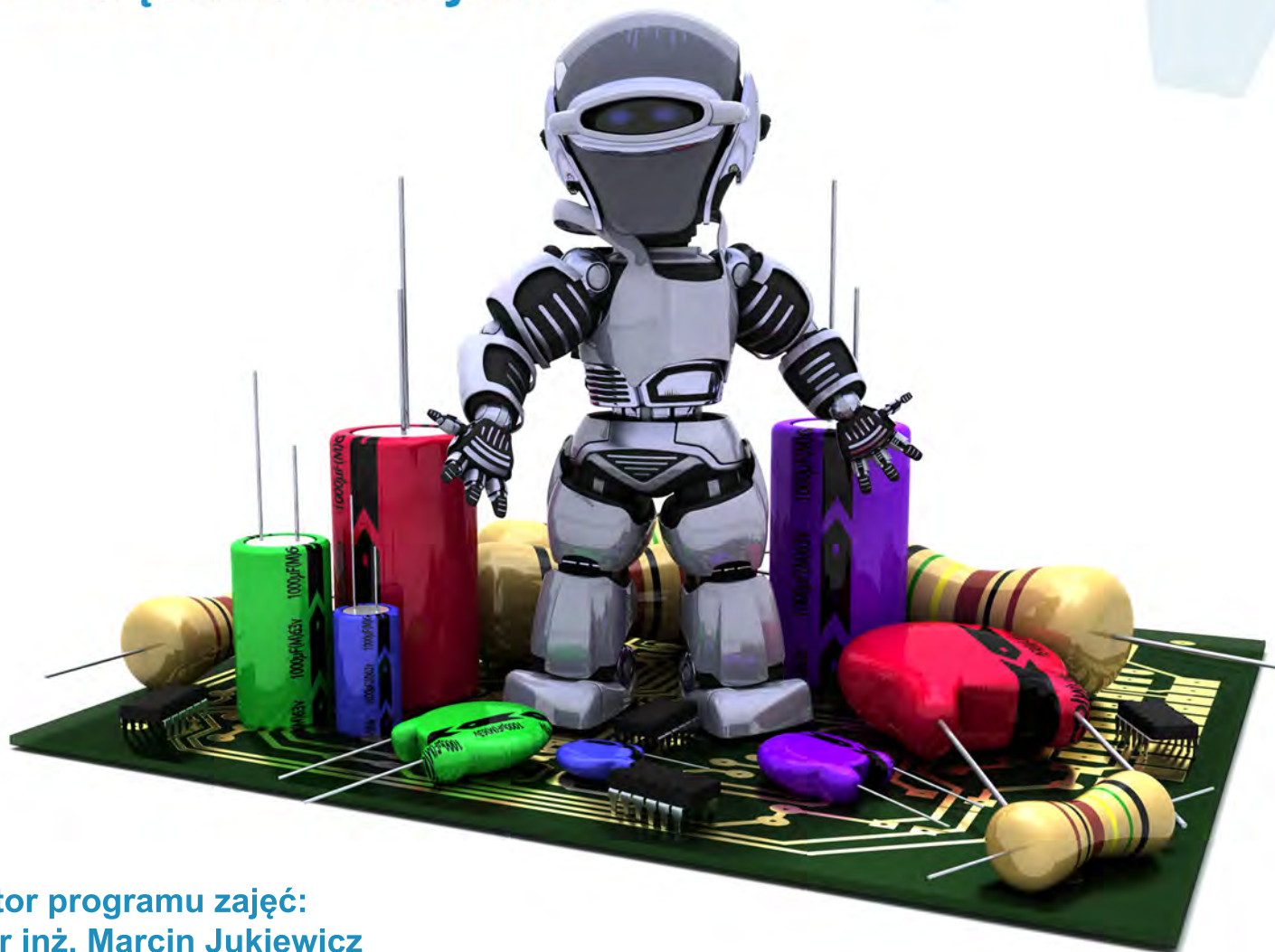


**HIGH
TECHNIKA**

**Program zajęć
z techniki**

Elektronika Analogowa

Podręcznik nauczyciela



**Autor programu zajęć:
mgr inż. Marcin Jukiewicz**



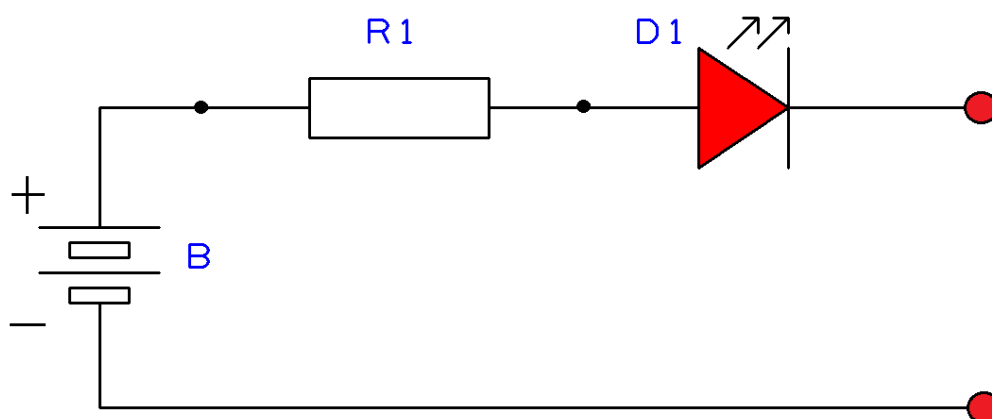
Spis treści

Zajęcia 1: „Prąd? Z czym to się je? Czyli elektryka prąd nie tyka”	2
Zajęcia 2: „Nerwosometr i hieroglify elektronika”	4
Zajęcia 3: „Ręce precz od moich skarbów! Prosty alarm”	9
Zajęcia 4: „Czy kondensator to też bateria?”	12
Zajęcia 5 i 6: „Potencjał potencjometru do migania. Układ migający”	17
Zajęcia 7 i 8: „Z czym scalony jest układ scalony?”	22
Zajęcia 9 i 10: „Wędrująca dioda”	26
Zajęcia 11: „Leworęczny silnik”	31
Zajęcia 12 i 13: „Nocny dręczyciel”	34
Zajęcia 14 i 15: „Robak Światłolub”	38
Bibliografia	43



Zajęcia 1: „Prąd? Z czym to się je? Czyli elektryka prąd nie tyka”

Układ „Latarka”



Rys 1 Schemat elektryczny układu „Latarka”

Spis elementów

- (B) bateria 9 V
- (R1) rezystor 100 Ω
- (D1) dioda LED czerwona
- Zatrzask baterii

Budowa układu

Zatrzask baterii (nazywany potocznie „wąsami”) składa się z dwóch przewodów o kolorowej izolacji. Przyjmujemy, że przewód o kolorze czerwonym jest plusem, natomiast przewód czarny jest minusem.

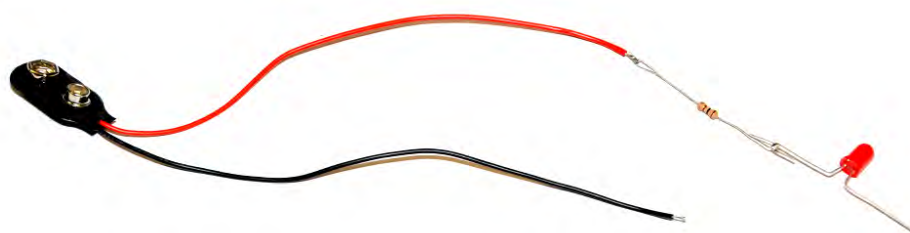
W układzie tym - do czerwonego przewodu przylutuj jedną z nóżek rezystora. Następnie do drugiej strony rezystora przylutuj dłuższą nóżkę diody.



Rys 2 Dioda i rezystor przygotowane do lutowania



Rys 3 Zlutowana dioda i rezystor



Rys 4 Gotowy układ

Zasada działania

Układ w swojej podstawowej formie jest obwodem otwartym. Prąd w nim nie płynie, ponieważ punkty oznaczone kolorem czerwonym na rys. 1 nie są ze sobą połączone. Jeśli punkty te zostaną połączone, układ zostanie zamknięty, prąd zacznie płynąć, a dioda D1 zacznie emitować światło.

Zbudowany układ może posłużyć do badania przewodnictwa elektrycznego różnych materiałów. Przewody oznaczone czerwonymi punktami układu przykładamy do różnych materiałów i sprawdzamy, czy dioda się zapali. Jeśli dioda się zaświeci oznacza to, że przedmiot jest przewodnikiem, jeśli nie - jest izolatorem. Sprawdzamy ołówkę, grafit z ołówka, tablicę, nogę od krzesła (pomalowaną i nie). Jeśli oba końce układu będą dotykać np. zeszytu, w układzie prąd nie popłynie, okładka zeszytu jest więc izolatorem. Innym możliwym przypadkiem jest umieszczenie pomiędzy końcówkami układu np. metalowego piórnika. Elementy metalowe są elementami przewodzącymi, tak więc obwód zostanie zamknięty, prąd w nim popłynie i dioda zacznie świecić.

UWAGA!!

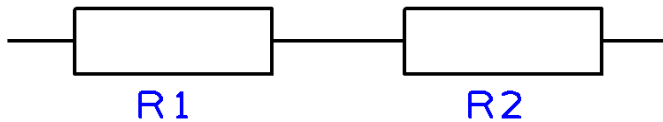
Układem nie badamy czy prąd płynie w gniazdku! To grozi śmiercią!

Jeśli nie działa

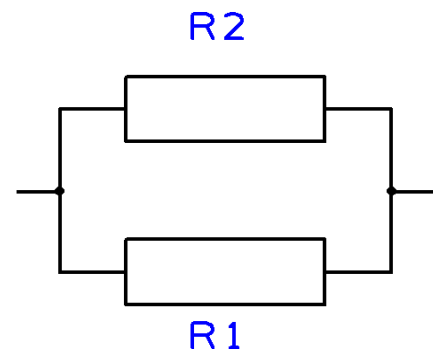
- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diody.
 - Czy dłuższa nóżka diody połączona jest z rezystorem?
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z rezystorem?



Zajęcia 2: „Nerwusometr i hieroglify elektronika”



Rys 5 Podłączenie szeregowe rezystorów



Rys 6 Podłączenie równoległe rezystorów

Jak obliczyć rezystancję zastępczą?

Dla ułatwienia obliczeń, niekiedy możemy przedstawić kilka połączonych ze sobą rezystorów za pomocą jednego elementu. Dla tych kilku elementów obliczamy wtedy rezystancję zastępczą, czyli łączną rezystancję wszystkich uwzględnionych elementów.

Założmy, że rezystory na rysunkach 5 i 6 mają wartość:

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = 200 \Omega$$

Wzór na rezystancję zastępczą dla połączenia szeregowego:

$$R_{zastępcza} = R_1 + R_2$$

Podstawiając dane do wzoru uzyskujemy:

$$R_{zastępcza} = 100 \Omega + 200 \Omega = 300 \Omega$$

Wzór na rezystancję zastępczą dla połączenia równoległego:

$$\frac{1}{R_{zastępcza}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2}{R_1 R_2} + \frac{R_1}{R_2 R_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

Po podstawieniu danych:

$$\frac{1}{R_{zastępcza}} = \frac{1}{100} \Omega + \frac{1}{200} \Omega = \frac{300}{20000} \Omega = \frac{3}{200} \Omega$$

W celu wyznaczenia wartości rezystancji zastępczej:

$$\frac{1}{R_{zastępcza}} = \frac{3}{200} \Omega \rightarrow R_{zastępcza} = \frac{200}{3} \Omega = 66,67 \Omega$$

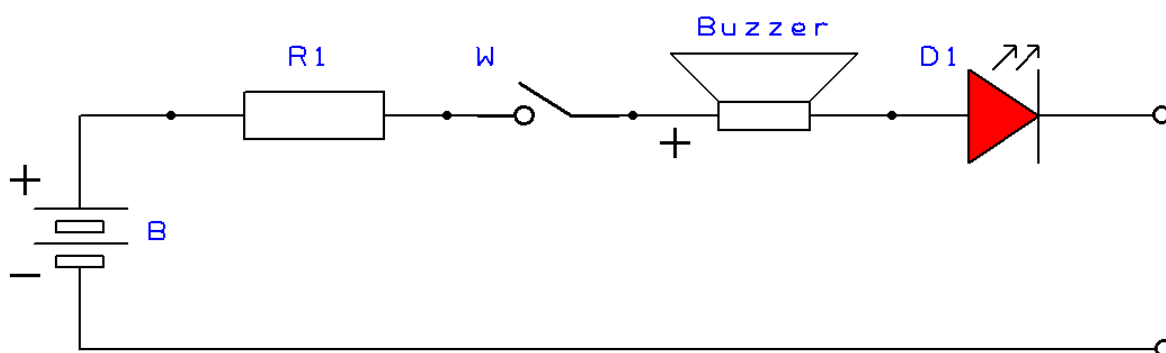


Analizując powyższe obliczenia można wywnioskować, że połączenie szeregowe można wykorzystać w celu zwiększenia wartości rezystancji, natomiast połączenie równoległe w celu jej zmniejszenia.

Wykonaj następujące ćwiczenia

- Połącz dwa dowolne rezystory szeregowo i oblicz ich rezystancję zastępczą. Następnie, korzystając z multimetru, zweryfikuj poprawność swoich obliczeń.
- Połącz ze sobą dwa dowolne rezystory równoległe i oblicz ich rezystancję zastępczą. Następnie, korzystając z multimetru, zweryfikuj poprawność swoich obliczeń.

Układ „Nerwusometr”



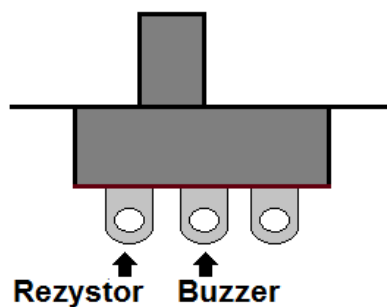
Rys 7 Schemat elektryczny układu „Nerwusometr”

Spis elementów

- Układ z poprzedniego ćwiczenia
- (W) włącznik
- Buzzer
- Mała deska (np. 10 x 10 cm)
- 2 gwoździe
- 2 kawałki drutu miedzianego 40 cm i 10 cm

Budowa układu

Podstawą budowy nerwusometru jest układ z poprzedniego ćwiczenia. Na rys. 7 przedstawiono, w jaki sposób układ powinien zostać rozbudowany. Elementami, które zostały dodane są buzzer (brzęczyk) oraz włącznik. Dla ułatwienia, rozlutuj układ z poprzedniego ćwiczenia pomiędzy diodą a rezystorem, by wstawić w to miejsce nowe elementy.



Rys 8 Sposób podłączenia rezystora i buzzera do styków włącznika

Do nóżki rezystora podłącz skrajny styk włącznika. Do środkowego styku włącznika przylutuj dłuższą nóżkę buzzera (dodatnią), a do nóżki krótszej (ujemnej) dłuższą nóżkę diody. Pomocny może się okazać rys 8.



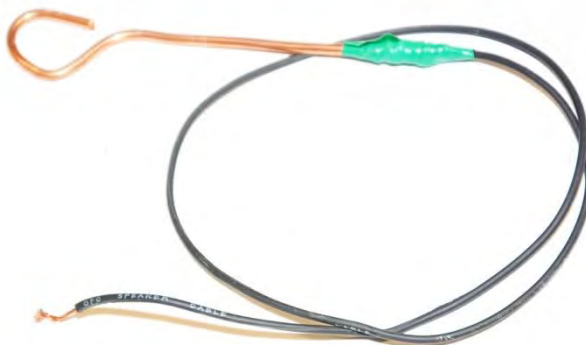
Rys 9 Podstawka - deska i wbite gwoździe



Rys 10 Podstawa z przymocowanym drutem

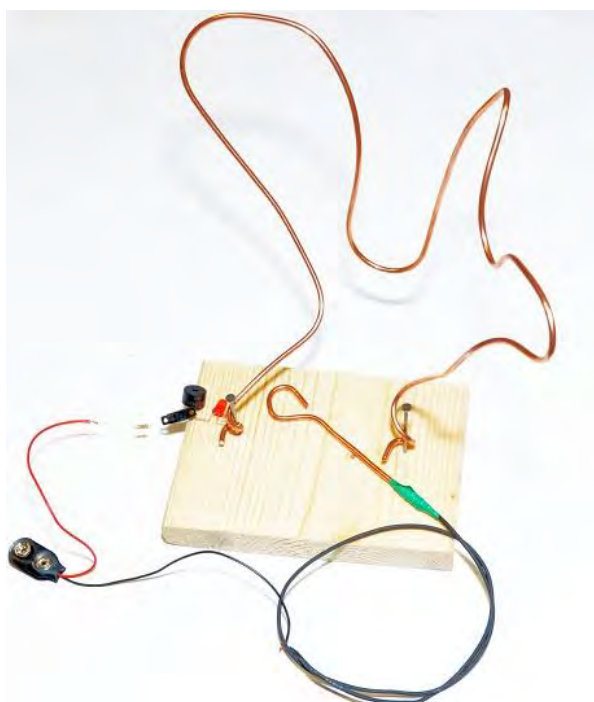


Do każdego z gwoździ przybitych do deseczki (rys. 9), przymocuj powyginany drut jak na zdjęciu (rys. 10). Jeden z przygotowanych wcześniej końców układu przyczep lub przylutuj do miedzianego drutu lub gwoźdźcia, a do drugiej końcówki „klucz”.



Rys 11 „Klucz”

Całość powinna prezentować się jak na rys. 12.



Rys 12 Gotowy Nerwusometr

Zasada działania

Podobnie jak w poprzednim układzie, prąd popłynie gdy obwód zostanie zamknięty. Oprócz zaświecenia diody (poprzedni układ) możemy usłyszeć pisk buzzera.

Nerwusometr to prosta gra zręcznościowa polegająca na przeprowadzeniu klucza od jednego do drugiego gwoźdźcia, aby w żadnym momencie nie dotknąć poskręcane miedzianego drutu.



Jeśli zostanie dotknięty, spowoduje to zwarcie (zamknięcie obwodu), a więc dioda się zaświeci, buzzer wyda dźwięk i gra powinna zacząć się od nowa.

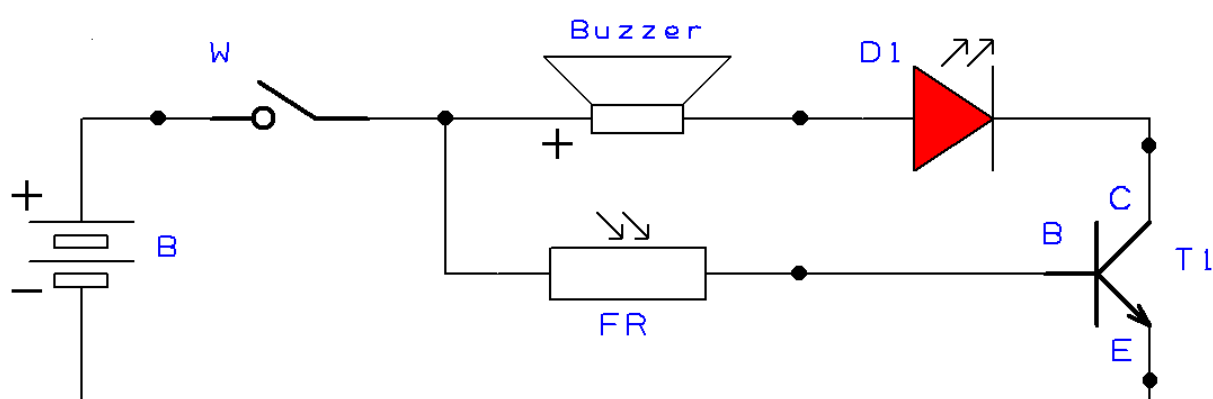
Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diody.
 - Czy dłuższa nóżka diody połączona jest z buzzerem?
- Sprawdzić poprawność podłączenia buzzera.
 - Czy dłuższa nóżka buzzera połączona jest do środkowego styku włącznika?
- Sprawdzić czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z rezystorem?
- Sprawdzić poprawność podłączenia styków włącznika.
 - Czy skrajny styk połączony jest z rezystorem?
 - Czy środkowy styk połączony jest z buzzerem?



Zajęcia 3: „Ręce precz od moich skarbów! Prosty alarm”

Układ „Alarm”

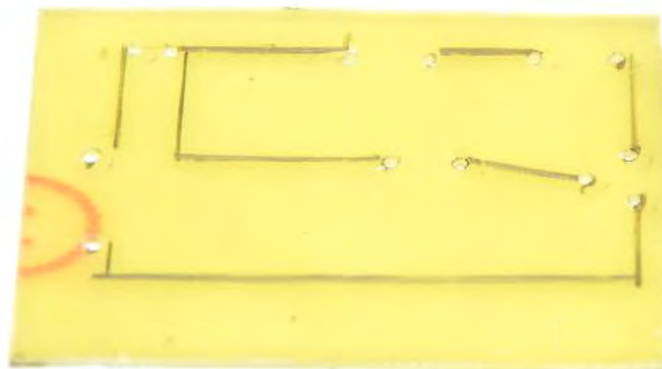


Rys 13 Schemat układu „Alarm”

Spis elementów

- (B) Bateria 9 V
- Zatrzask baterii
- (W) Włącznik
- Buzzer
- (D1) Dioda LED czerwona
- (FR) Fotorезystor
- (T1) Tranzystor BC548
- Laminat o wymiarach co najmniej 5x7 cm

Budowa układu



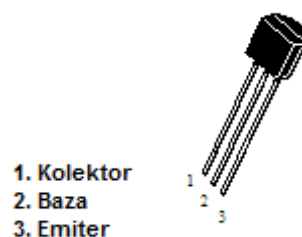
Rys 14 Przygotowana płytka „Alarm”



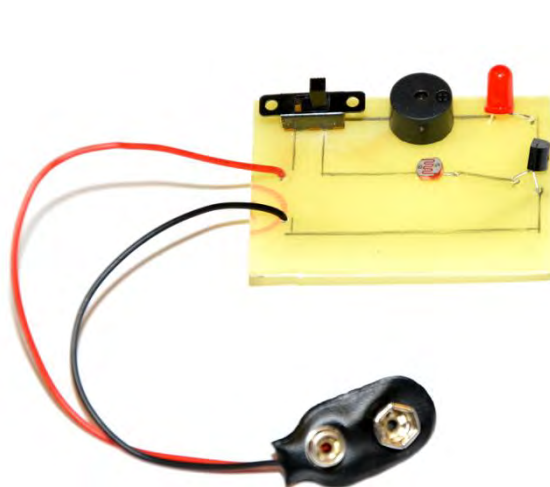
1. Czerwony przewód baterii przylutuj do skrajnego styku włącznika.
2. Do dłuższej nóżki buzzera przyłącz fotorezystor.
3. Połączony buzzer z fotorezystorem dołącz do środkowego styku włącznika.
4. Do wolnej nóżki fotorezystora przyłącz bazę tranzystora.
5. Do emitera tranzystora podłącz czarny przewód baterii.
6. Kolektor tranzystora zlutuj z krótszą nóżką diody.
7. Krótszą nóżkę buzzera połącz z dłuższą nóżką diody.



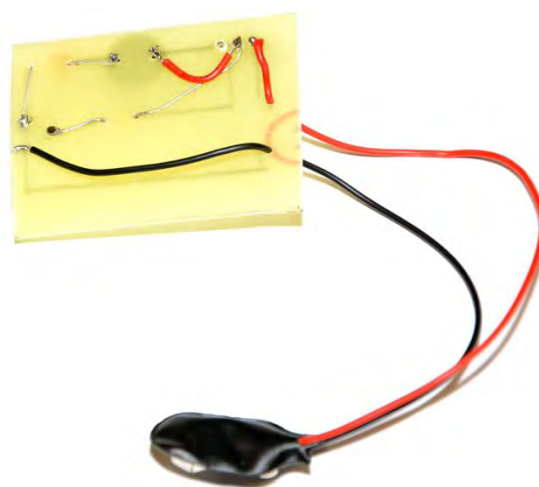
Rys 15 Sposób połączenia włącznika



Rys 16 Kolejność nóżek tranzystora BC548



Rys 17 Gotowy układ „Alarm”, widok od strony elementów

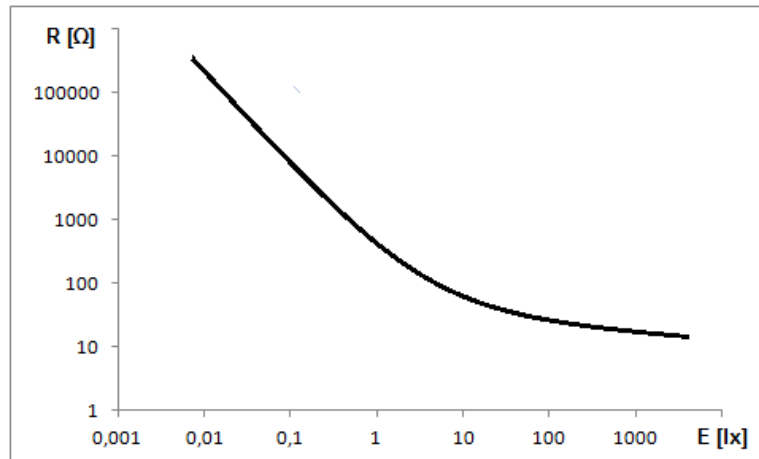


Rys 18 Gotowy układ „Alarm”, widok od strony połączeń



Zasada działania

Nowymi elementami w tym schemacie są fotorezystor (R) i tranzystor (T). Fotorezystor jest specjalnym typem rezystora, którego wartość rezystancji zależy od oświetlenia (rys. 19).



Rys 19 Zależność rezystancji od natężenia oświetlenia

W sytuacji gdy układ jest nieoświetlony (czyli np. schowany w szufladzie) rezystancja fotorezystora jest bardzo duża, więc prąd dopływający do bazy tranzystora jest zbyt mały by go załączyć. Gdy tranzystor nie jest załączony, przez diodę i buzzer także nie przepływa prąd. Gdy układ zostanie oświetlony, wtedy wartość rezystancji fotorezystora spadnie, co pozwoli na przepływ prądu wystarczającego do załączenia tranzystora, co w konsekwencji spowoduje przepływ prądu przez diodę i buzzer (zostanie wyemitowany sygnał dźwiękowy i wizualny).

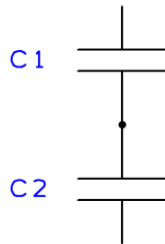
Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia tranzystora w następującej kolejności:
 - Czy baza połączona jest z fotorezystorem?
 - Czy kolektor połączony jest z krótszą nóżką diody?
 - Czy emiter połączony jest z czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diody.
 - Czy dłuższa nóżka diody połączona jest z buzzerem?
 - Czy krótsza nóżka diody połączona jest z kolektorem tranzystora?
- Sprawdzić poprawność podłączenia buzzera.
 - Czy krótsza nóżka buzzera połączona jest z dłuższą nóżką diody?
 - Czy dłuższa nóżka buzzera połączona jest ze środkowym stykiem włącznika i fotorezystorem?
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód połączony jest ze skrajnym stykiem włącznika?
 - Czy czarny przewód połączony jest z emiterem tranzystora?
- Sprawdzić poprawność podłączenia styków włącznika.
 - Czy środkowy styk połączony jest z fotorezystorem i dłuższą nóżką buzzera?
 - Czy skrajny styk połączony jest z czerwonym przewodem baterii?

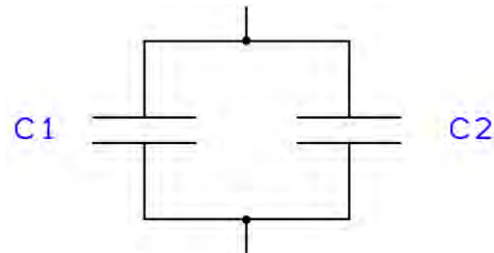


Zajęcia 4: „Czy kondensator to też bateria?”

Połączenie szeregowe i równoległe kondensatorów



Rys 20 Połączenie szeregowe kondensatorów



Rys 21 Połączenie równoległe kondensatorów

Jak obliczyć pojemność zastępczą?

Zwróć uwagę na to, że oblicza się ją odwrotnie, niż było to w przypadku rezystorów. Aby zwiększyć pojemność należy połączyć je równoległe! Załóżmy, że kondensatory na rysunkach 20 i 21 mają pojemność:

$$C_1 = 100 \mu F$$

$$C_2 = 200 \mu F$$

Wzór na pojemność zastępczą dla połączenia szeregowego:

$$\frac{1}{C_{zastępcza}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_2}{C_1 C_2} + \frac{C_1}{C_2 C_1} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

Po podstawieniu danych:

$$\frac{1}{C_{zastępcza}} = \frac{1}{100} \mu F + \frac{1}{200} \mu F = \frac{300}{20000} \mu F = \frac{3}{200} \mu F$$

W celu wyznaczenia wartości pojemności zastępczej:

$$\frac{1}{C_{zastępcza}} = \frac{3}{200} \mu F \rightarrow C_{zastępcza} = \frac{200}{3} \mu F = 66,67 \mu F$$

Wzór na pojemność zastępczą dla połączenia równoległego:

$$C_{zastępcza} = C_1 + C_2$$

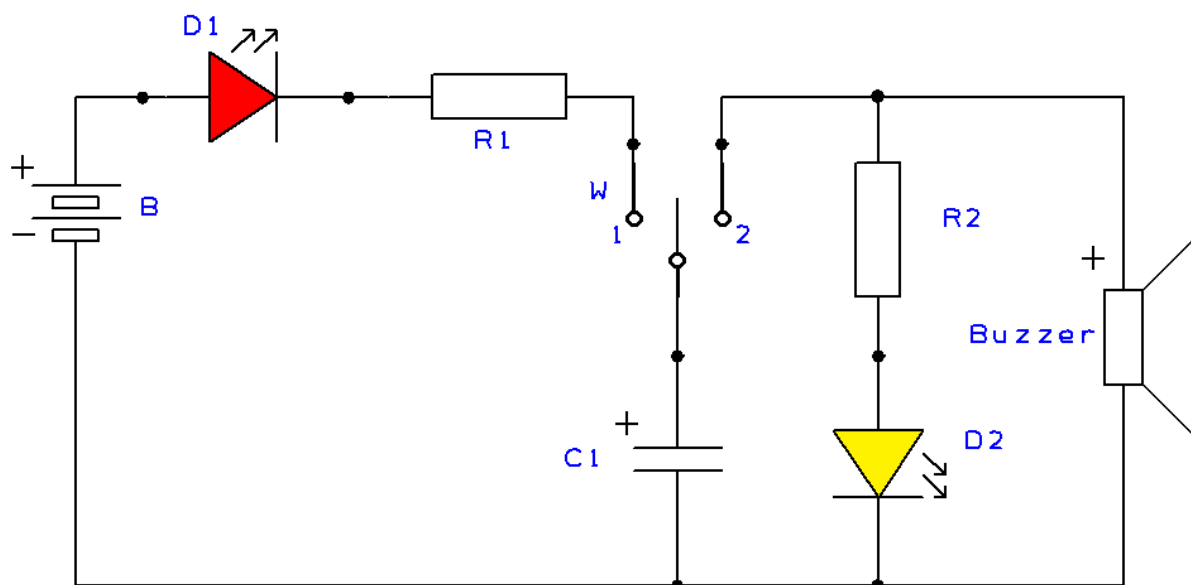
Podstawiając dane do wzoru uzyskujemy:

$$C_{zastępcza} = 100 \mu F + 200 \mu F = 300 \mu F$$

Analizując powyższe obliczenia można wywnioskować, że połączenie szeregowe można wykorzystać w celu zmniejszenia wartości pojemności, natomiast połączenie szeregowe w celu jej zwiększenia.



Układ „Kondensator”



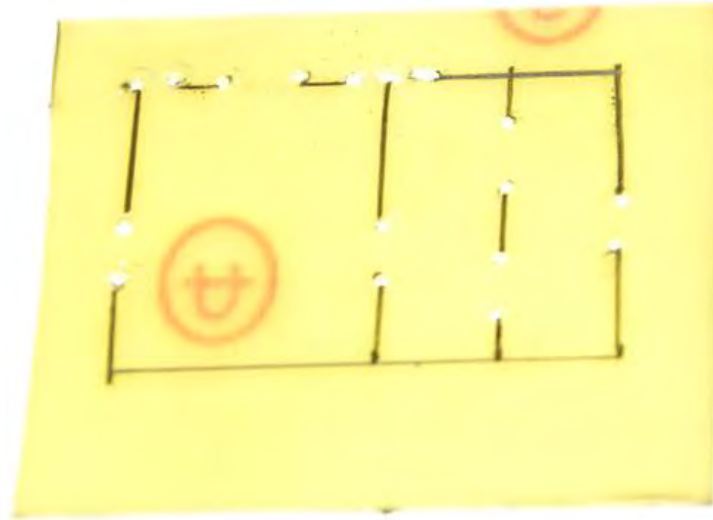
Rys 22 Schemat układu „Kondensator”

Spis elementów

- (B) Bateria 9 V
- Zatrząsk baterii
- 2 diody LED: czerwona(D1) i żółta (D2)
- (R1) rezystor 100 Ω
- (R2) rezystor 1000 Ω
- (W) przełącznik
- (C1) kondensator 470 μF
- Buzzer
- Laminat o wymiarach co najmniej 5x7 cm

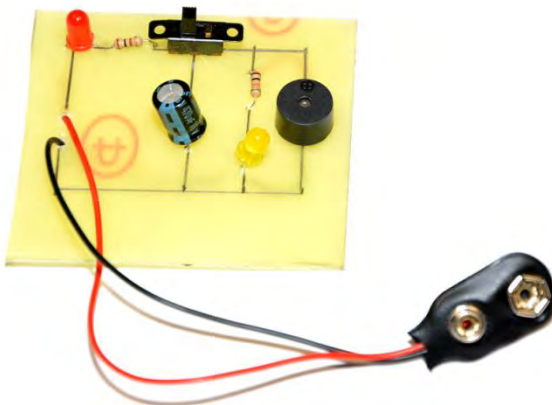
Budowa układu

1. Czerwony przewód baterii przylutuj do dłuższej nóżki diody D1.
2. Krótszą nóżkę diody połącz z rezystorem R1.
3. Rezystor R1 przylutuj do skrajnego styku przełącznika.
4. Do drugiego skrajnego styku przełącznika zamontuj rezystor R2.

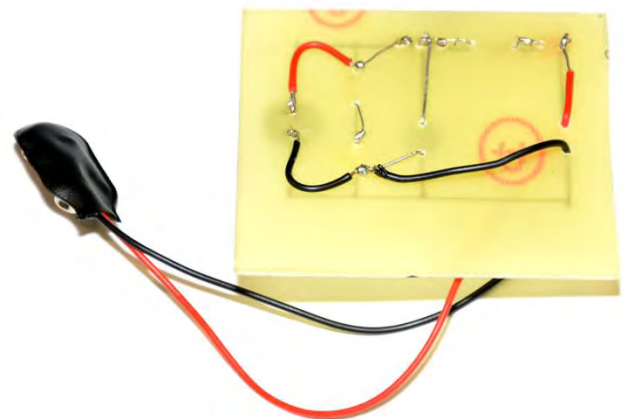


Rys 23 Przygotowana płytki układu „Kondensator”

5. Do wolnej nóżki rezystora R2 dołącz dłuższą nóżkę diody D2.
6. Dłuższą nóżkę buzzera złącz z nóżką rezystora R2, która wcześniej została połączona ze stykiem włącznika.
7. Do środkowego styku przełącznika dolutuj dłuższą nóżkę kondensatora.
8. Połącz razem czarny przewód baterii, krótszą nóżkę kondensatora, krótszą nóżkę diody D2 i krótszą nóżkę buzzera.



Rys 24 Gotowy układ „Kondensator” widok od strony elementów



Rys 25 Gotowy układ „Kondensator” od strony połączeń

UWAGA!!

Należy szczególną uwagę zwrócić na montaż kondensatora. Odwrotnie zamontowany może wybuchnąć!



Zasada działania

Działanie tego układu zależne jest od aktualnej pozycji przełącznika W.

W przypadku gdy znajduje się w pozycji 1, prąd przepływa przez rezystor R1 i ładuje kondensator C, a dioda D1 świeci się do czasu jego pełnego naładowania. Czas, w którym dioda D1 emituje światło, jest jednocześnie czasem ładowania kondensatora.

Jeśli przełącznik zostanie ustawiony w pozycji 2 (odłączymy zasilanie bateryjne) to naładowany kondensator będzie oddawał zgromadzony ładunek, dzięki czemu zaświeci się dioda D2, a buzzer wyda dźwięk. Czas, w którym dioda D2 emituje światło, a buzzer piszczy jest jednocześnie czasem rozładowania kondensatora.

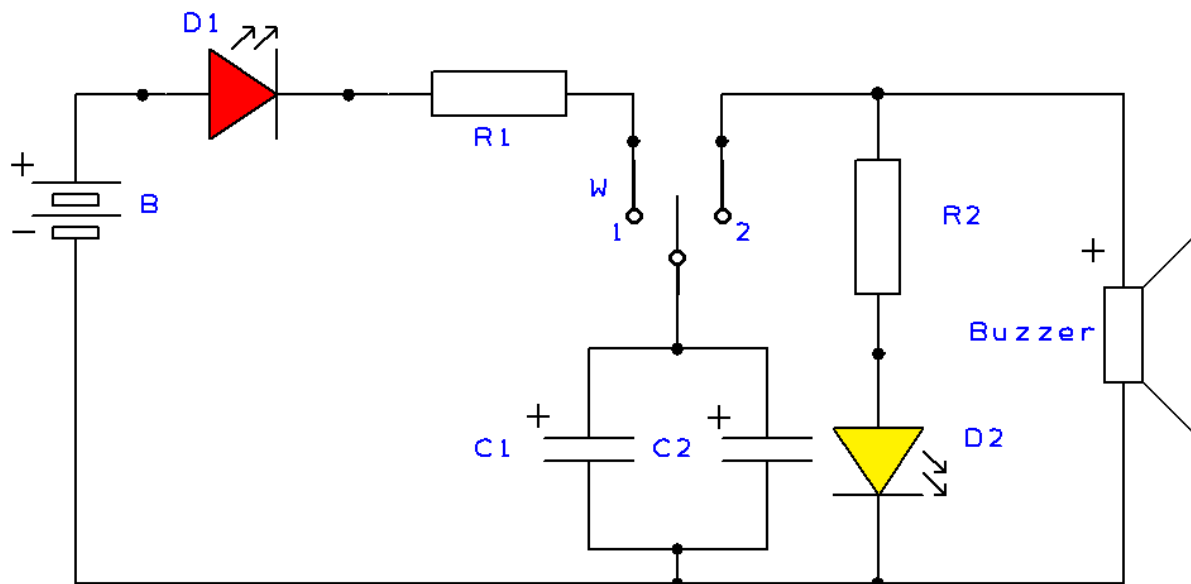
Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diod.
 - Czy dłuższa nóżka diody D1 połączona jest z czerwonym przewodem baterii?
 - Czy krótsza nóżka diody D1 połączona jest z rezystorem R1?
 - Czy dłuższa nóżka diody D2 połączona jest z rezystorem R2?
 - Czy krótsza nóżka diody D1 połączona jest z czarnym przewodem baterii, krótszą nóżką kondensatora i krótszą nóżką buzzera?
- Sprawdzić poprawność podłączenia kondensatora.
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora połączona jest ze środkowym stykiem wyłącznika?
 - Czy krótszą nóżką kondensatora połączona jest z czarnym przewodem baterii, krótszą nóżką diody D1 i krótszą nóżką buzzera?
- Sprawdzić poprawność podłączenia buzzera.
 - Czy dłuższa nóżka buzzera połączona jest z rezystorem R2 i stykiem numer 2 wyłącznika?
 - Czy krótsza nóżka buzzera połączona jest z czarnym przewodem baterii, krótszą nóżką diody D1 i krótszą nóżką kondensatora?
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z dłuższą nóżką diody D1?
 - Czy czarny przewód baterii połączony jest z krótszą nóżką buzzera, krótszą nóżką diody D1 i krótszą nóżką kondensatora?
- Sprawdzić poprawność podłączenia styków wyłącznika.
 - Czy styk numer 1 połączony jest z rezystorem R1?
 - Czy środkowy styk połączony jest z dłuższą nóżką kondensatora?
 - Czy styk numer 2 połączony jest rezystorem R2 i dłuższą nóżką buzzera?



Co zrobić, aby dioda D2 świeciła dłużej, a buzzer dłużej piszczał?

- Należy zastosować kondensator o większej pojemności.
- Należy połączyć kilka kondensatorów równoległe (rys. 26).

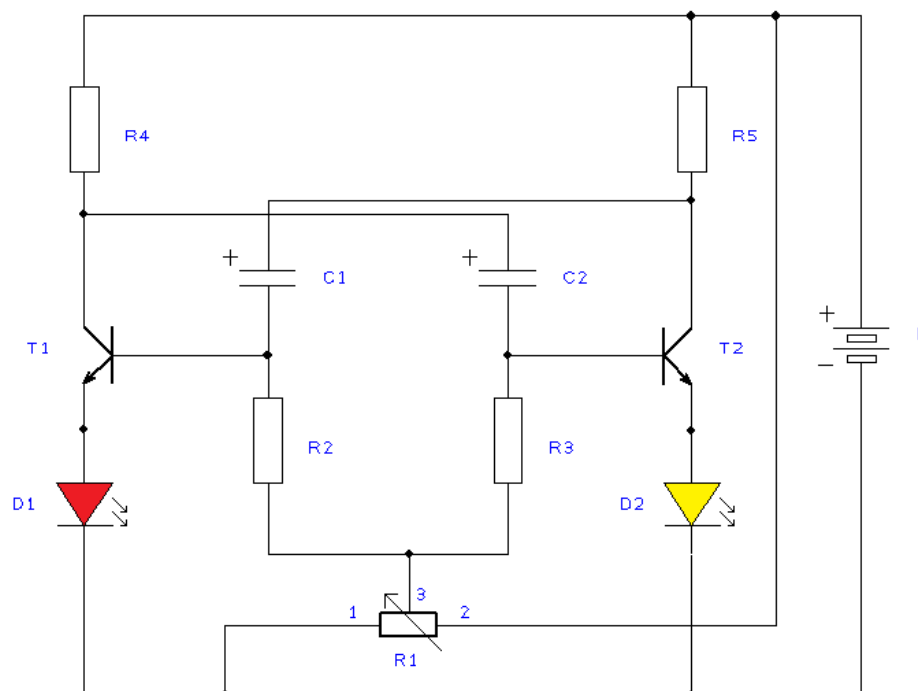


Rys 26 Rozbudowany układ „Kondensator”



Zajęcia 5 i 6: „Potencjał potencjometru do migania. Układ migający”

Układ „Migacz”



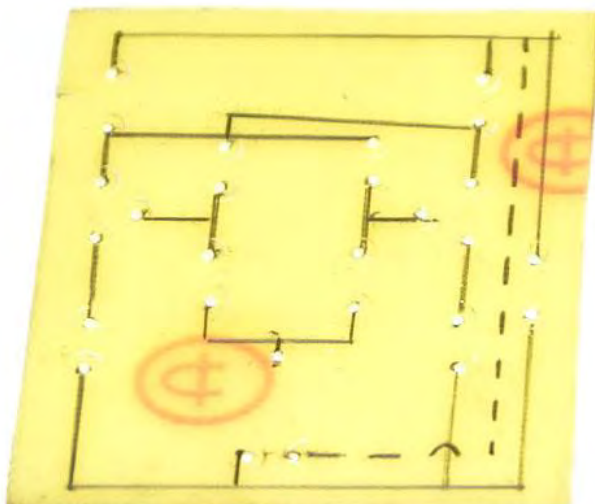
Rys 27 Schemat układu „Migacz”

Spis elementów

- (B) Bateria 9 V
- Zatrząsk baterii
- 2 diody LED: żółta (D1) i czerwona (D2)
- (R1) potencjometr 47 k Ω
- (R2 i R3) 2 rezystory 2,2 k Ω
- (R4 i R5) 2 rezystory 10 k Ω
- (T1 i T2) 2 tranzystory BC548
- (C1 i C2) 2 kondensatory 47 μ F
- Laminat o wymiarach co najmniej 8x8 cm

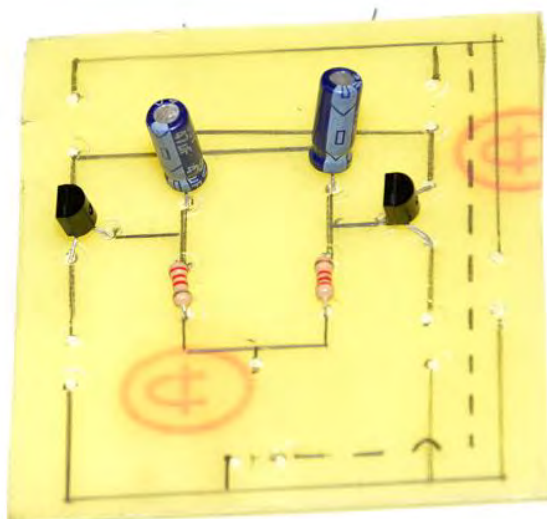


Budowa układu

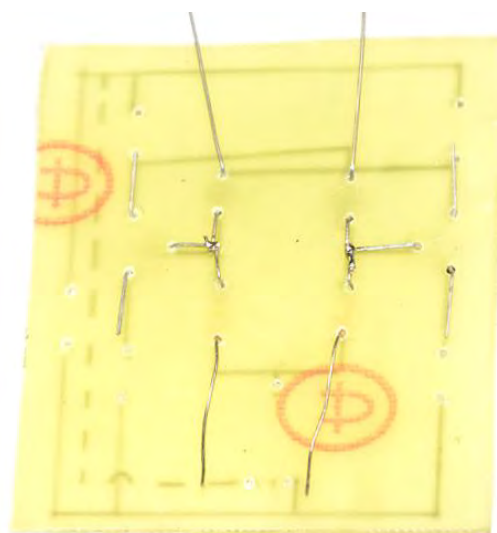


Rys 28 Przygotowana płytką układu „Migacz”

1. Połącz krótszą nóżkę kondensatora C1 z jedną z nóżek rezystora R2 oraz z bazą tranzystora T1.
2. Połącz krótszą nóżkę kondensatora C2 z jedną z nóżek rezystora R3 oraz z bazą tranzystora T2.

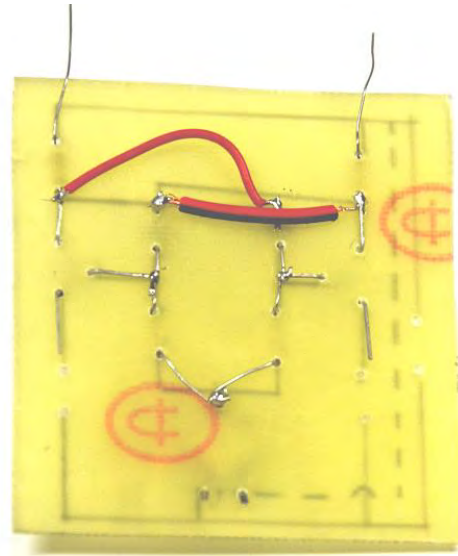


Rys 29 Podłączenie baz tranzystorów widok od strony elementów



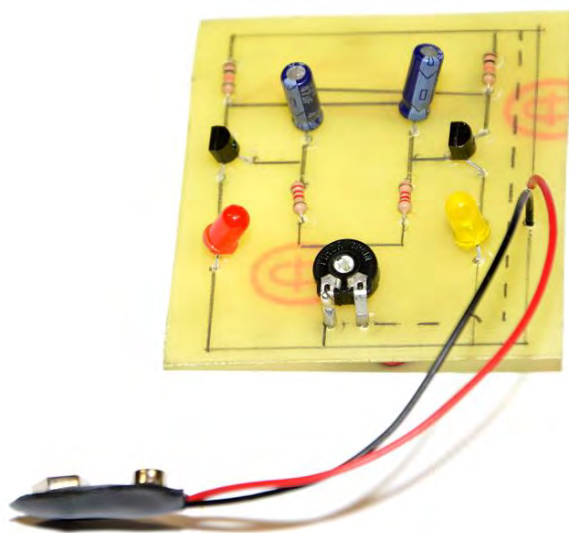
Rys 30 Podłączenie baz tranzystorów widok od strony połączeń

3. Zlutuj wolne nóżki rezystorów R2 i R3 oraz środkową nóżkę potencjometru R1.
4. Połącz razem kolektor tranzystora T1, nóżkę rezystora R4 i dłuższą nóżkę kondensatora C2.
5. Połącz razem kolektor tranzystora T2, nóżkę rezystora R5 i dłuższą nóżkę kondensatora C1.

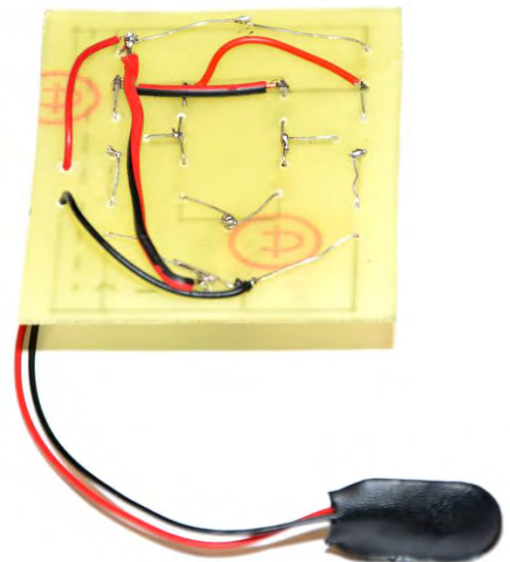


Rys 31 Propozycja połączenia nóżek kondensatora „na krzyż”

6. Do emitera tranzystora T1 dołącz dłuższą nóżkę diody D1.
7. Do emitera tranzystora T2 dołącz dłuższą nóżkę diody D2.
8. Połącz razem wolne nóżki rezystorów R4 i R5, jedną z nóżek potencjometru R1 z czerwonym przewodem baterii.
9. Krótsze nóżki diod D1 i D2 połącz z wolną nóżką potencjometru R1 oraz z czarnym przewodem baterii.



Rys 32 Gotowy układ „Migacz” widok od strony elementów



Rys 33 Gotowy układ „Migacz” od strony połączeń



Zasada działania

W układach rzeczywistych nigdy nie jest tak, że dwa elementy są identyczne. Ta cecha wykorzystywana jest w tym układzie – jeden z tranzystorów zacznie przewodzić szybciej.

Jeśli pierwszy zacznie przewodzić tranzystor T1, to tranzystor T2 będzie zatłoczony (potoczna nazwa na brak przewodzenia pomiędzy kolektorem i emiterem), a świecić się będzie dioda D1. Kondensator C2 rozładowuje się przez rezystor R3, a kondensator C1 ładuje przez rezystor R5. Gdy kondensator C2 rozładuje się całkowicie, przewodzić zacznie tranzystor T2, a T1 zostanie zatłoczony. Jeśli natomiast pierwszy zacznie przewodzić tranzystor T2 to tranzystor T1 będzie zatłoczony, a świecić się będzie dioda D2. Odwrotnie też zachowują się kondensatory. Kondensator C1 rozładowuje się przez rezystor R2, a kondensator C2 ładuje przez rezystor R4. Po rozładowaniu kondensatora C1, tranzystor T1 wejdzie w stan przewodzenia, a tranzystor T2 w stan zatłoczenia.

Diody migają na przemian z częstotliwością regulowaną za pomocą potencjometru, czyli zwiększaniu, bądź zmniejszaniu rezystancji elementu R1.

Uwaga!!

Kondensatory C1 i C2 nie są ze sobą połączone!

Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia tranzystorów w następującej kolejności:
 - Czy kolektor tranzystora T1 połączony jest z rezystorem R4 i kondensatorem C2?
 - Czy baza tranzystora T1 połączona jest z krótszą nóżką kondensatora C1 i rezystorem R2?
 - Czy emiter tranzystora T1 połączony jest z dłuższą nóżką diody D1?
 - Czy kolektor tranzystora T2 połączony jest z rezystorem R5 i kondensatorem C1?
 - Czy baza tranzystora T2 połączona jest z krótszą nóżką kondensatora C2 i rezystorem R3?
 - Czy emiter tranzystora T2 połączony jest z dłuższą nóżką diody D2?
- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diod.
 - Czy dłuższa nóżka diody D1 połączona jest z emiterem tranzystora T1?
 - Czy krótsza nóżka diody D1 połączona jest z potencjometrem R1, krótszą nóżką diody D2 i czarnym przewodem baterii?
 - Czy dłuższa nóżka diody D2 połączona jest z emiterem tranzystora T2?
 - Czy krótsza nóżka diody D2 połączona jest z potencjometrem R1, krótszą nóżką diody D1 i czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia kondensatorów.
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora C1 połączona jest z rezystorem R5 i kolektorem tranzystora T2?
 - Czy krótsza nóżka kondensatora C1 połączona jest z bazą tranzystora T1 i rezystorem R2?
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora C2 połączona jest z rezystorem R4 i kolektorem tranzystora T1?
 - Czy krótsza nóżka kondensatora C2 połączona jest z bazą tranzystora T2 i rezystorem R3?

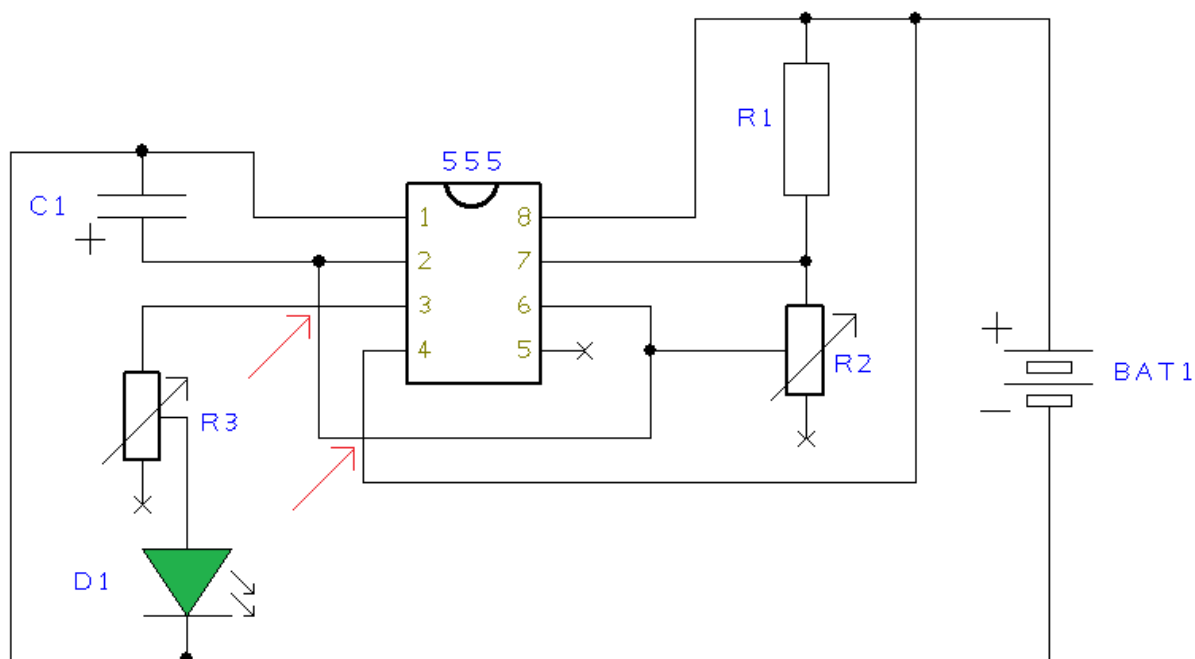


- Sprawdzić poprawność podłączenia potencjometru.
 - Czy nóżka numer 1 połączona jest z krótszą nóżką diody D1, krótszą nóżką diody D2 i czarnym przewodem baterii?
 - Czy nóżka numer 2 połączona jest z rezystorami R2 i R3?
 - Czy nóżka numer 3 połączona jest z rezystorami R4 i R5 oraz z czerwonym przewodem baterii?
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z nóżką numer 3 potencjometru oraz rezystorami R4 i R5?
 - Czy czarny przewód baterii połączony jest krótszą nóżką diod D1 i D2 oraz z nóżką numer 1 potencjometru?



Zajęcia 7 i 8: „Z czym scalony jest układ scalony?”

Układ „555”



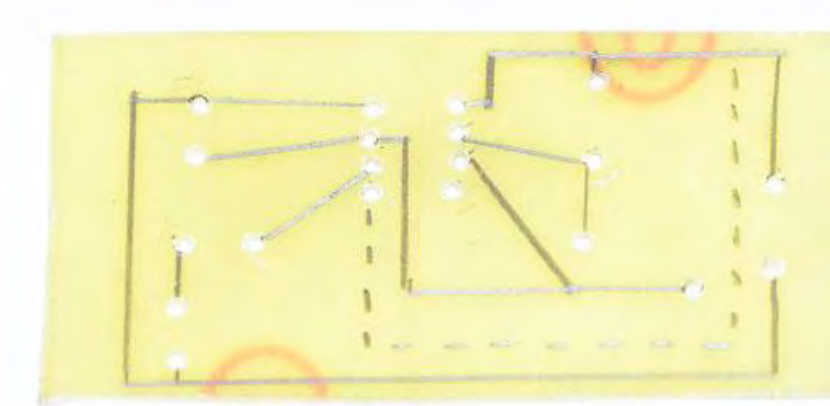
Rys 34 Schemat układu z układem scalonym

Spis elementów

- Układ scalony NE555
- (R1) Rezystor 10 kΩ
- (R2) Potencjometr 47 kΩ
- (R3) Potencjometr 4,7 kΩ
- (BAT1) Bateria 9 V
- Zatrzask baterii
- (C1) Kondensator 10 µF
- Dioda LED zielona
- Podstawka pod układ scalony
- Laminat o wymiarach co najmniej 5x7 cm



Budowa układu



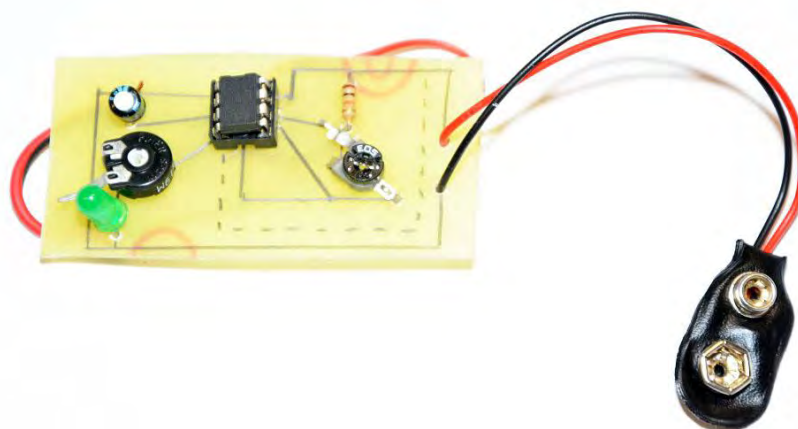
Rys 35 Przygotowana płytką pod „Układ scalony”

Cyfry od 1 do 8 na rys. 34 to numeracja tzw. pinów, czyli kolejnych nóżek układu scalonego.

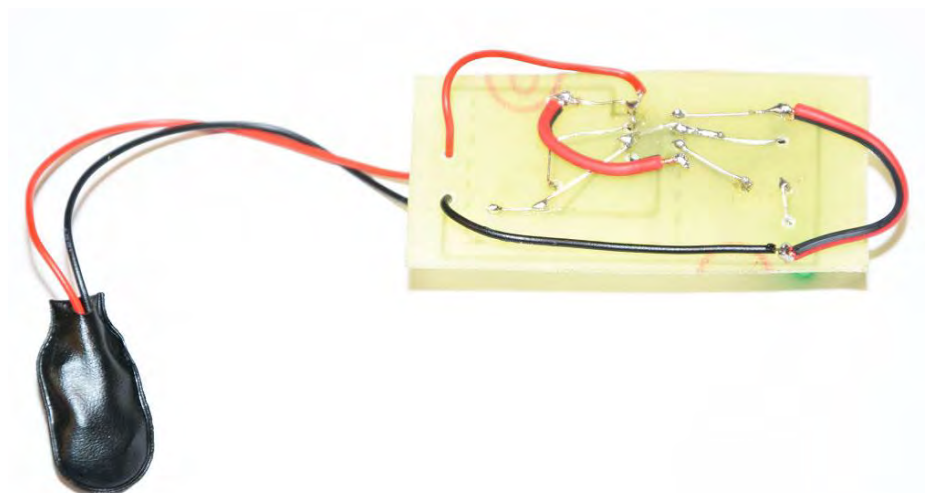
1. Pin 8 połącz z jedną z nóżek rezystora R1.
2. Jedną ze skrajnych nóżek potencjometru R2 połącz z wolną nóżką rezystora R1 i pinem 7.
3. Krótszą nóżkę kondensatora C1 zlutuj z pinem 1.
4. Dłuższą nóżkę kondensatora C1 zlutuj z pinem 2.
5. Pin 2 połącz z pinem 6 i środkową nóżką potencjometru R2.
6. Pin 3 połącz z jedną ze skrajnych nóżek potencjometru R3.
7. Środkową nóżkę potencjometru połącz z dłuższą nóżką diody D1.
8. Krótszą nóżkę kondensatora C1 połącz z krótszą nóżką diody D1 i czarnym przewodem baterii.
9. Pin 4 połącz z pinem 8 i z czerwonym przewodem baterii.

UWAGA!!

- Pin 5 pozostaje pusty.
- Punkty oznaczone czerwoną strzałką na rys. 34 nie są ze sobą połączone.



Rys 36 Gotowy układ – widok od strony elementów



Rys 37 Gotowy układ – widok od strony połączeń

Zasada działania

Układ scalony 555 to tzw. timer, czyli układ wyspecjalizowany w pomiarach interwałów czasowych. W tym układzie to za jego pomocą uzyskano efekt migania diody i to on steruje częstotliwością migania, która jest zależna od:

- pojemności kondensatora, czyli od czasu potrzebnego na jego naładowanie;
- nastawy potencjometru R2;
- nastawy potencjometru R3, jednak w mniejszym stopniu niż w przypadku potencjometru R2.

Ponadto potencjometr R3 można wykorzystać do ustawienia intensywności świecenia diody D1.

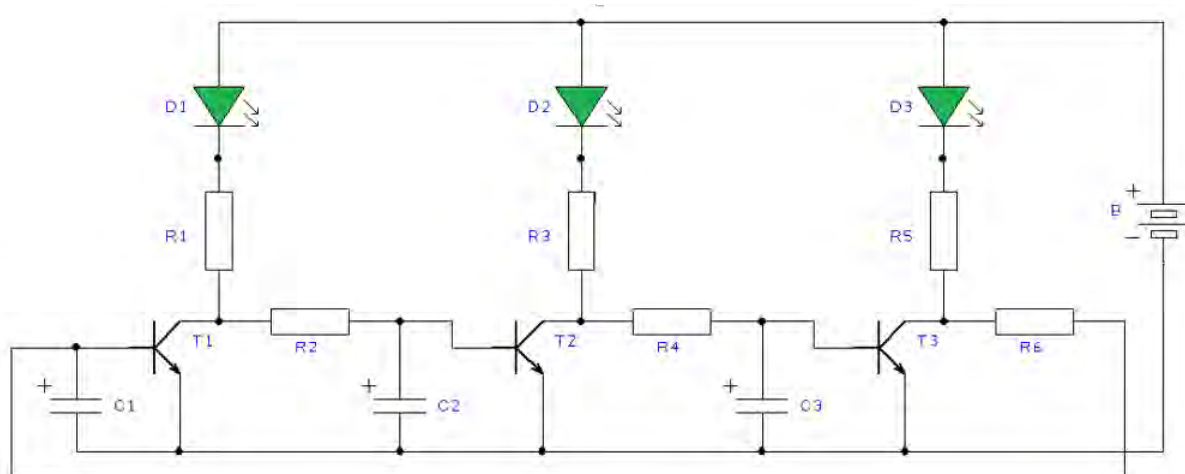
Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia układu scalonego.
 - Czy układ jest zamontowany poprawnie w gnieździe?
 - Czy półkoliste wcięcie w obudowie układu scalonego jest zamontowane tak, że po lewej jego stronie jest zamontowany kondensator C1, a po prawej rezystor R1?



- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diod.
 - Czy dłuższa nóżka diody D1 połączona jest ze środkową nóżką potencjometru R3?
 - Czy krótsza nóżka diody D1 połączona jest z krótszą nóżką kondensatora C1, pinem numer 1 i czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia kondensatorów.
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora C1 połączona jest z pinem numer 2, pinem numer 6 i środkową nóżką potencjometru R2?
 - Czy krótsza nóżka kondensatora C1 połączona jest z pinem numer 1, krótszą nóżką diody D1 i czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia potencjometrów.
 - Czy jedna ze skrajnych nóżek potencjometru R2 połączona jest z rezystorem R1 i pinem numer 7?
 - Czy środkowa nóżka potencjometru jest połączona z pinem numer 6, pinem numer 2 i dłuższą nóżką kondensatora?
 - Czy jedna ze skrajnych nóżek potencjometru R3 połączona jest tylko z pinem numer 3?
 - Czy środkowa nóżka potencjometru R3 połączona jest z dłuższą nóżką diody D1?
- Sprawdzić czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z pinem numer 4, rezystorem R1 i pinem numer 8?
 - Czy czarny przewód baterii połączony jest z krótszą nóżką diody D1, krótszą nóżką kondensatora C1 i pinem numer 1?
- Sprawdzić, czy punkty zaznaczone czerwoną strzałką na rys. 7.1 nie są połączone.

Zajęcia 9 i 10: „Wędrująca dioda”



Rys 38 Schemat układu „Wędrująca dioda”

Spis elementów

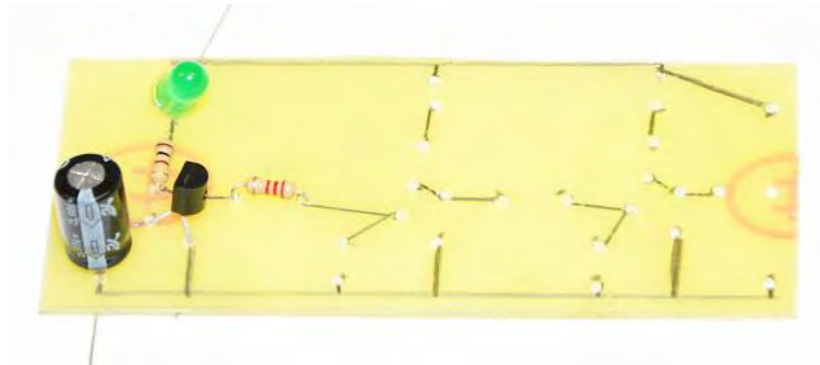
- (B) 2 baterie AAA
- Koszyk na dwie baterie AAA
- (D1, D2, D3) 3 diody zielone
- (R1, R3, R5) 3 rezystory 100Ω
- (R2, R4, R6) 3 rezystory 2,2 kΩ
- (T1, T2, T3) 3 tranzystory BC548
- (C1, C2, C3) 3 kondensatory 470 μF
- Laminat o wymiarach co najmniej 7x12 cm

Budowa układu



Rys 39 Przygotowana płytką pod układ „Wędrująca dioda”

1. Krótszą nóżkę diody D1 połącz z nóżką rezystora R1.
2. Wolną nóżkę rezystora R1 zlutuj z kolektorem tranzystora T1 i rezystorem R2.
3. Bazę tranzystora T1 złącz z dłuższą nóżką kondensatora C1.

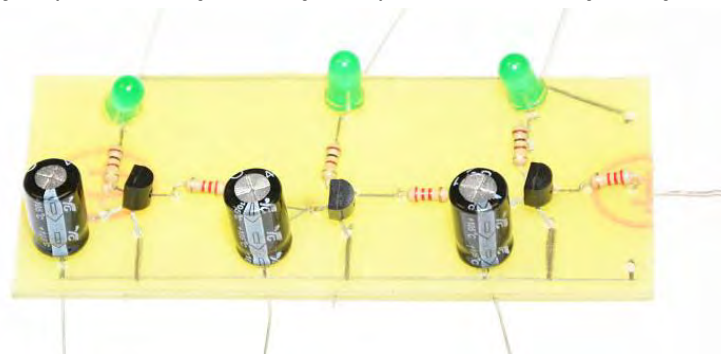


Rys 40 Pierwszy moduł – widok od strony elementów



Rys 41 Pierwszy moduł – widok od strony połączeń

4. Wolną nóżkę rezystora R2 połącz z dłuższą nóżką kondensatora C2 i bazą tranzystora T2.
5. Krótszą nóżkę diody D2 połącz z nóżką rezystora R3.
6. Wolną nóżkę rezystora R3 połącz z kolektorem tranzystora T2 i rezystorem R4.
7. Wolną nóżkę rezystora R4 połącz z dłuższą nóżką kondensatora C3 i bazą tranzystora T3.
8. Krótszą nóżkę diody D3 połącz z nóżką rezystora R5.
9. Wolną nóżkę rezystora R5 połącz z kolektorem tranzystora T3 i rezystorem R6.
10. Wolną nóżkę rezystora R6 złącz z bazą tranzystora T1 i dłuższą nóżką kondensatora C1.

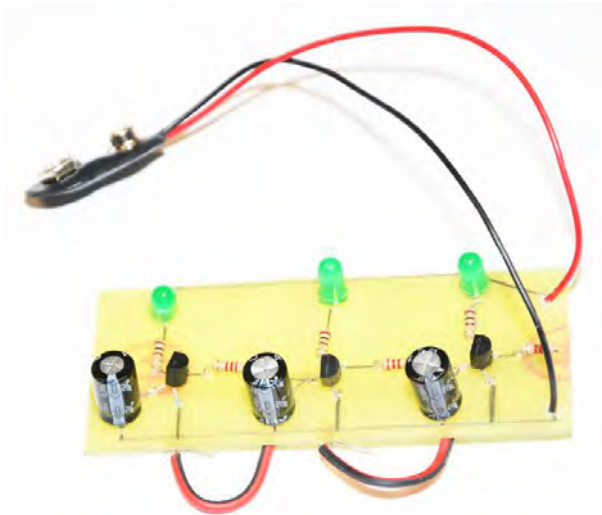


Rys 42 Trzy moduły – widok od strony elementów

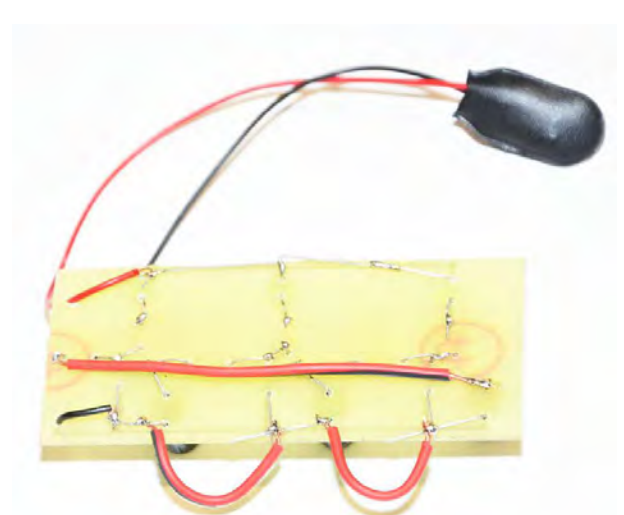


Rys 43 Trzy moduły – widok od strony elementów

11. Dłuższe nóżki diod D1, D2 i D3 połącz z czerwonym przewodem baterii.
12. Krótsze nóżki kondensatorów C1, C2, C3 i emiterzy tranzystorów T1, T2, T3 połącz z czarnym przewodem baterii.



Rys 44 Gotowy układ – widok od strony elementów



Rys 45 Gotowy układ – widok od strony połączeń

Możliwa jest rozbudowa o dwie lub więcej diod, zachowaj jednak ich łączną nieparzystą liczbę.

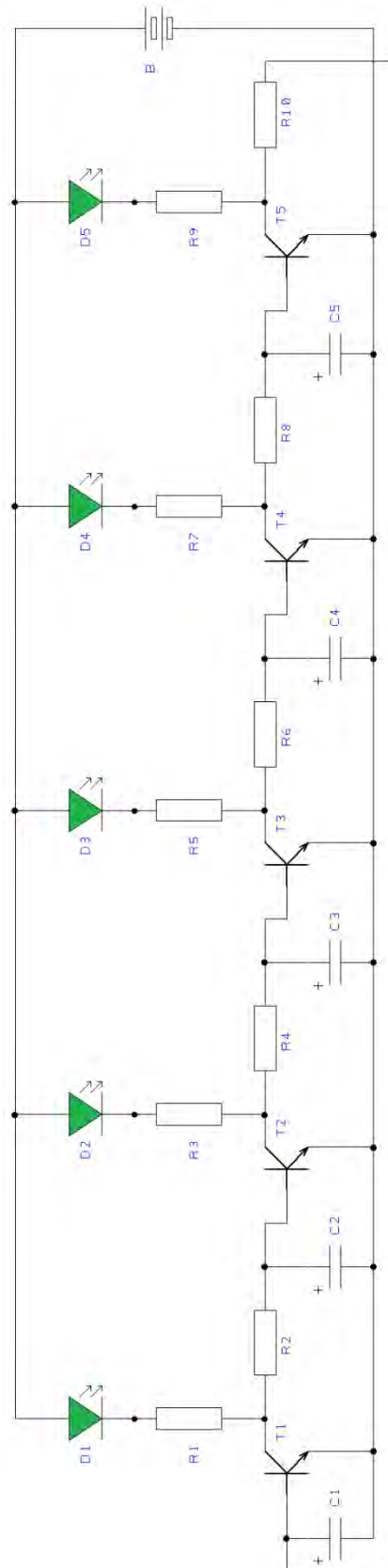
Zasada działania

Zakładamy, że pierwszy zacznie przewodzić tranzystor T1. Spowoduje to zaświecenie diody D1, która będzie świecić dopóki ładowany jest kondensator C3. W tym czasie kondensator C2 będzie się rozładowywał przez rezystor R2. Gdy naładuje się kondensator C3, tranzystor T3 wejdzie w stan przewodzenia, zacznie świecić dioda D3, a dioda D1 gasnąć, bo kondensator C1 zaczął się rozładowywać. Tranzystor T1 przestaje przewodzić. Dioda D3 będzie świecić się tak długo, jak długo ładuje się kondensator C2. W tym czasie kondensator C1 będzie się rozładowywał przez rezystor R6. Gdy naładuje się kondensator C2, tranzystor T2 wejdzie w stan przewodzenia, zacznie świecić dioda D2, a dioda D3 gasnąć, bo kondensator C3 zaczął się rozładowywać. Tranzystor T3 przestaje przewodzić. Dioda D2 będzie świecić się tak długo, jak długo ładuje się kondensator C1. W tym czasie kondensator C3 będzie się rozładowywał przez rezystor R6. Cykle te powtarzają się do chwili odłączenia zasilania układu.



Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia tranzystorów w następującej kolejności:
 - Czy kolektor tranzystora T1 połączony jest rezystorami R1 i R2?
 - Czy baza tranzystora T1 połączona jest z krótszą nóżką kondensatora C1 i rezystorem R6?
 - Czy emiter tranzystora T1 połączony jest z krótszą nóżką kondensatorów C1, C2 i C3, emiterami tranzystorów T2 i T3 i czarnym przewodem baterii?
 - Czy kolektor tranzystora T2 połączony jest z rezystorami R3 i R4?
 - Czy baza tranzystora T2 połączona jest z krótszą nóżką kondensatora C2 i rezystorem R2?
 - Czy emiter tranzystora T2 połączony jest z krótszą nóżką kondensatorów C1, C2 i C3 i emiterami tranzystorów T1 i T3 i czarnym przewodem baterii?
 - Czy kolektor tranzystora T3 połączony jest z rezystorami R5 i R6?
 - Czy baza tranzystora T3 połączona jest z krótszą nóżką kondensatora C3 i rezystorem R4?
 - Czy emiter tranzystora T3 połączony jest z krótszą nóżką kondensatorów C1, C2 i C3 i emiterami tranzystorów T1 i T2 i czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia nóżek diod.
 - Czy dłuższe nóżki diod D1, D2 i D3 połączone są z czerwonym przewodem baterii?
 - Czy krótsza nóżka diody D1 połączona jest z rezystorem R1?
 - Czy krótsza nóżka diody D2 połączona jest z rezystorem R3?
 - Czy krótsza nóżka diody D3 połączona jest z rezystorem R5?
- Sprawdzić poprawność podłączenia kondensatorów.
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora C1 połączona jest z bazą tranzystora T1 i rezystorem R6?
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora C2 połączona jest z bazą tranzystora T2 i rezystorem R2?
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora C3 połączona jest z bazą tranzystora T3 i rezystorem R4?
 - Czy krótsze nóżki kondensatorów C1, C2 i C3 połączone są z emiterami tranzystorów T1, T2 i T3 oraz z czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z dłuższymi nóżkami diod D1, D2 i D3?
 - Czy czarny przewód baterii połączony jest z krótszymi nóżkami kondensatorów C1, C2 i C3 i emiterami tranzystorów T1, T2 i T3?



Rys 46 Rozbudowany układ „Wędrująca dioda”



Zajęcia 11: „Leworęczny silnik”

Spis elementów

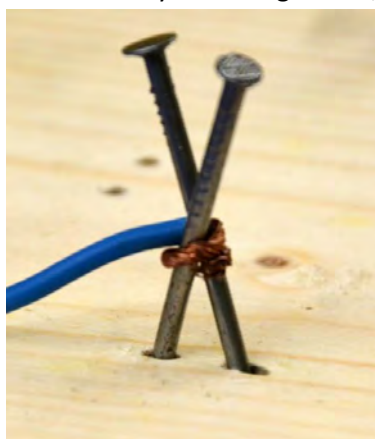
- Deska drewniana 10 x 10 cm
- 6 gwoździ
- 2 magnesy neodymowe 25 x 10 x 5 mm
- Koszyk na 2 baterie
- 2 baterie AAA
- 2 izolowane przewody wielodrutowe, każdy po 10 cm
- 1 m emaliowanego drutu miedzianego

Budowa układu



Rys 47 Podstawka - deska i wbite gwoździe

1. Przygotuj deskę o wymiarach 10 na 10 cm.
2. Wbij gwoździe jak na rys 54.
3. Do przewodów wyprowadzonych z koszyka przyłutuj przewody wielodrutowe.
4. Przewody wielodrutowe umieść na skrzyżowaniu gwoździ, jak na rys 55.



Rys 48 Sposób nawinięcia przewodu wielodrutowego na gwoździe

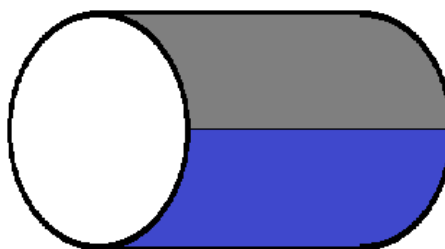


5. Na odsysarkę nawiąć 12-13 razy drut miedziany, zostawiając na końcu i na początku prosty odcinek o długości około 7 cm.
6. Zdejmij drut z odsysarki.
7. Małymi kawałkami drutu zwiąż powstały miedziany okrąg tak, aby się nie rozpadł – rys 56.
8. Odstające, proste odcinki także użyj do związania okręgu. Pozostałą ich część wyprostuj.

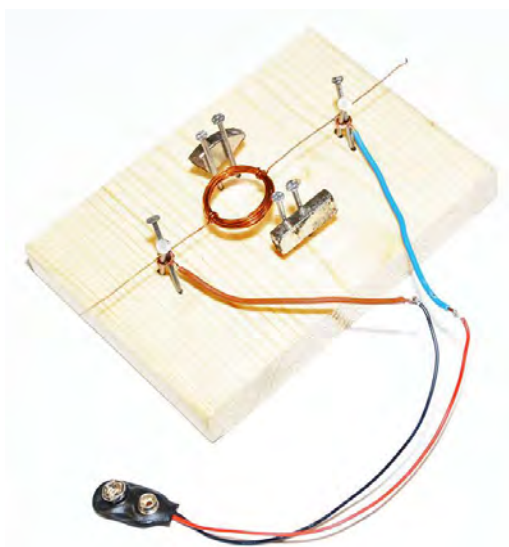


Rys 49 Drut po związaniu

9. Z powierzchni jednego z drutów miedzianych całkowicie usuń (zeskrob) emalię.
10. Z powierzchni drugiego z drutów emalię usuń tylko w połowie, jak na rysunku 57.
11. Zamontuj część miedzianą na gwoździach. Fragment z usuniętą emalią powinien dotykać gwoździ połączonych z czarnym przewodem baterii.
12. Zamontuj magnesy jak na rys 58.



Rys 50 Przekrój poprzeczny drutu miedzianego. Niebieski fragment to część, z której usunięto emalię, a fragment szary to część, na której ją pozostawiono.



Rys 51 Gotowy silnik

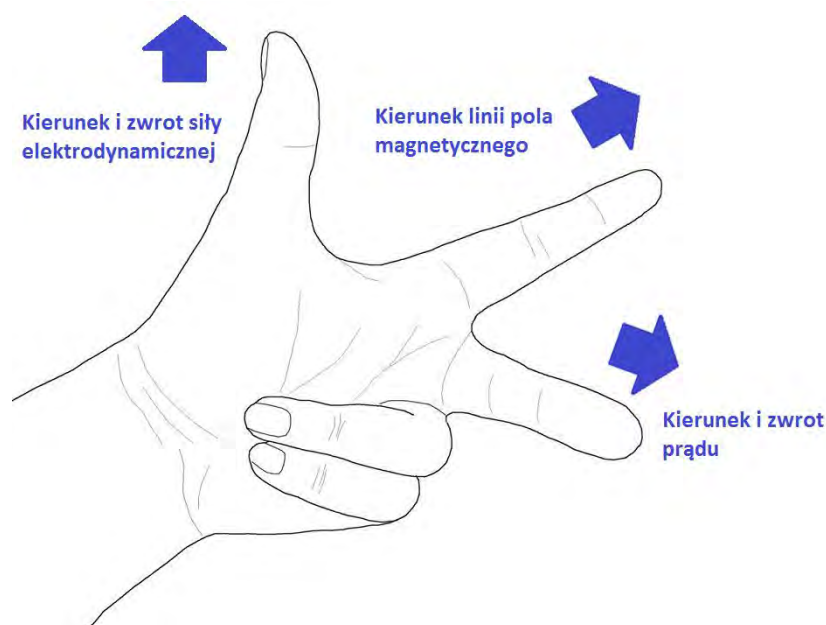


Zasada działania

Funkcjonowanie silnika można opisać wykorzystując regułę lewej dłoni.

Reguła ta mówi, że jeśli przez cewkę umieszczoną w polu magnetycznym (czyli pomiędzy magnesami) przepływa prąd to zacznie działać na nią siła elektrodynamiczna, wywołując ruch.

Siła ta będzie działać tak długo jak długo przez cewkę przepływa prąd, a przepływa on przez nią przez pół jej obrotu, ponieważ połowa drutu pozbawiona jest emalii, która jest izolatorem. Przez drugą połowę obrotu siła elektrodynamiczna nie działa, jednak cewka nie zatrzymuje się, gdyż działa na nią siła bezwładności.



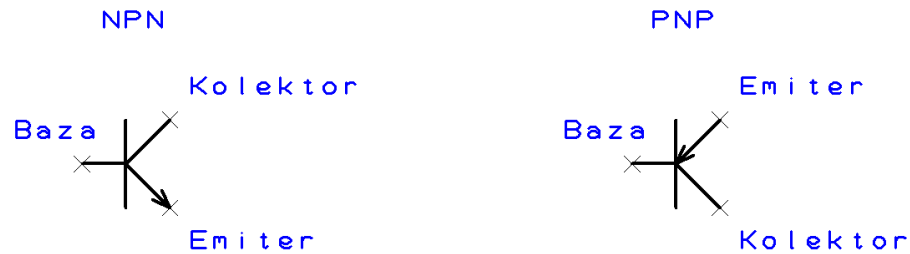
Rys 52 Reguła lewej dłoni

Jeśli nie działa

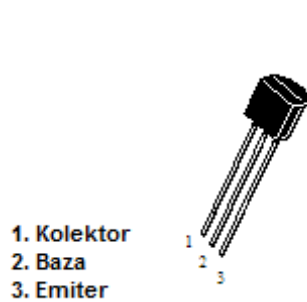
- Czy odczuwalne jest wzajemne oddziaływanie pomiędzy magnesami? Czy się przyciągają (kiedy są zamontowane)?
- Czy pomiędzy naprzeciwległymi gwoździami można pomierzyć spadek napięcia około 6 V lub -6 V?
- Czy emalia jest usunięta zgodnie z powyższymi instrukcjami?
- Czy część miedziana jest założona prawidłowo?



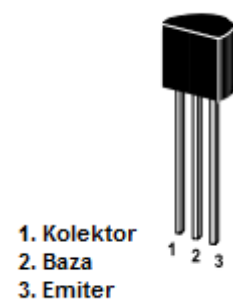
Zajęcia 12 i 13: „Nocny dręczyciel”



Rys 53 Oznaczenia tranzystorów NPN i PNP

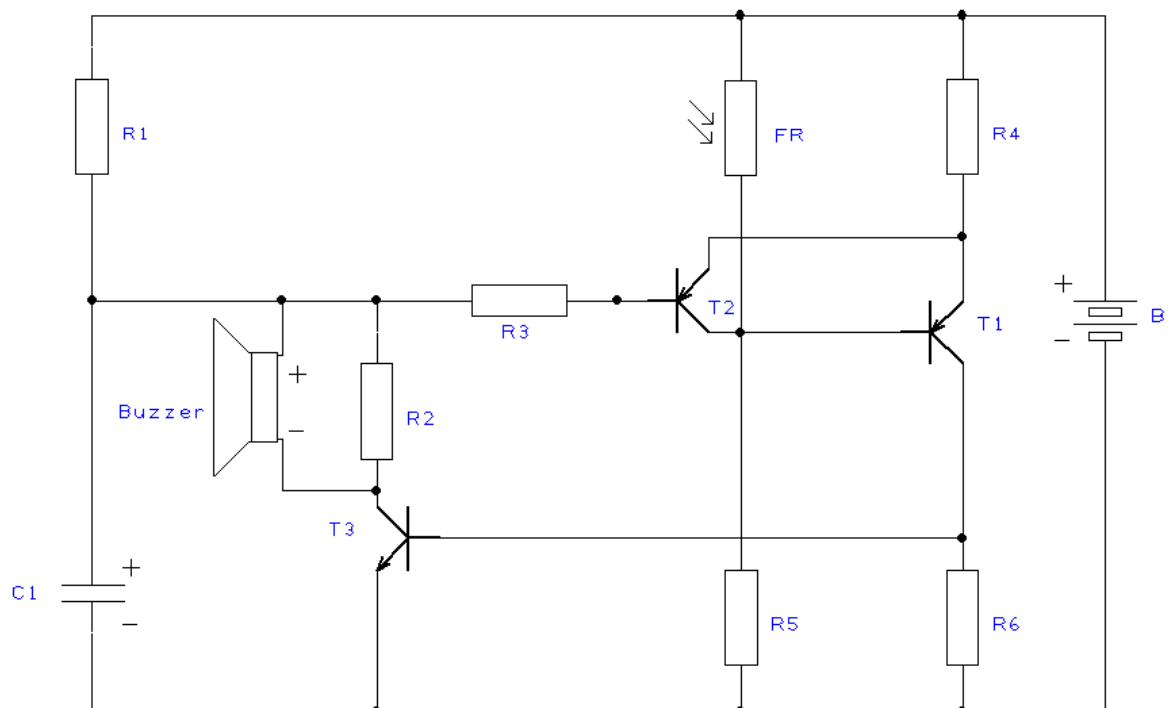


Rys 54 Kolejność nóżek tranzystora BC548 (NPN)



Rys 55 Kolejność nóżek tranzystora BC558 (PNP)

Układ „Nocny dręczyciel”



Rys 56 Schemat układu „Nocny dręczyciel”

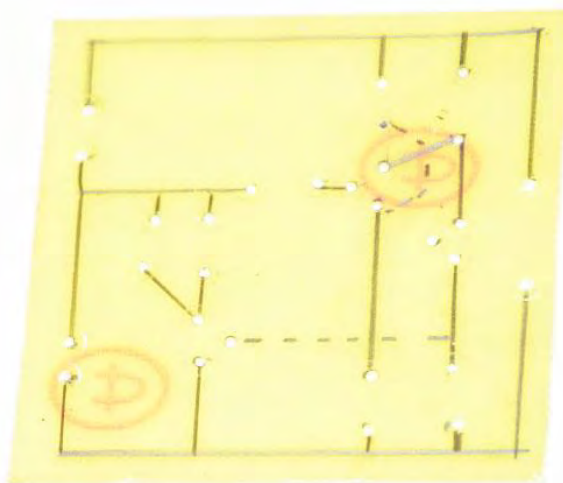


Spis elementów

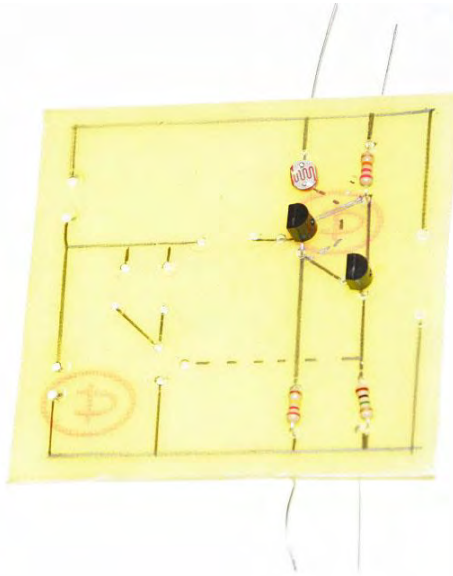
- (R1) Rezystor 47 k Ω
- (R2) Rezystor 1 k Ω
- (R3) Rezystor 100 k Ω
- (R4) Rezystor 22 k Ω
- (R5) Rezystor 220 k Ω
- (R6) Rezystor 1 M Ω
- Buzzer
- Zatrask baterii
- (B) Bateria 9 V
- (FR) Fotorezystor
- (T1, T2) 2 tranzystory BC558
- (T3) Tranzystor BC548
- (C1) Kondensator 220 μ F
- Laminat o wymiarach co najmniej 8x8 cm

Budowa układu

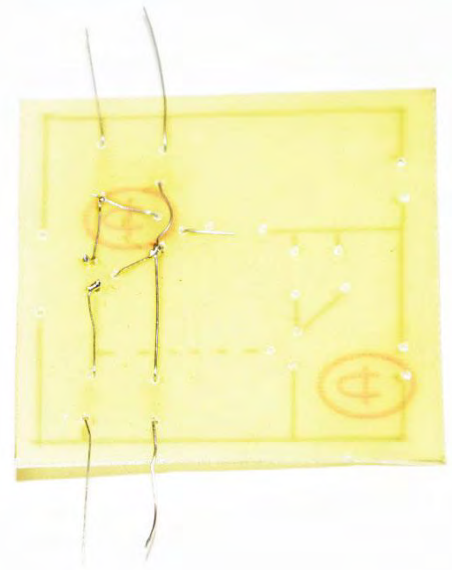
1. Rezystor R4 połącz z emiterem tranzystora T1.
2. Kolektor tranzystora T1 połącz z rezystorem R6.
3. Emiter tranzystora T2 dolutuj do emitera tranzystora T1.
4. Kolektor tranzystora T2 połącz z bazą tranzystora T1, z rezystorem R5 oraz z krótszą nóżką fototranzystora.



Rys 57 Przygotowana płytka

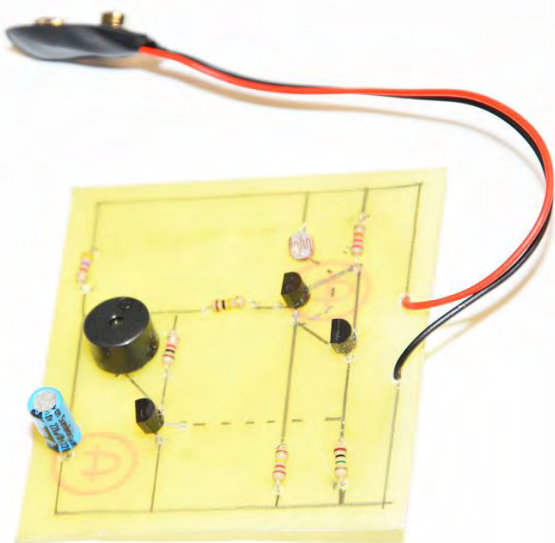


Rys 58 Zamontowane tranzystory T1 i T2 – widok od strony elementów



Rys 59 Zamontowane tranzystory T1 i T2 – widok od strony połączeń

5. Do bazy tranzystora T2 dołącz rezystor R3.
6. Do wolnej nóżki rezystora R3 podłącz dłuższą nóżkę buzzera oraz rezystor R2.
7. Krótszą nóżkę buzzera i wolną nóżkę rezystora R2 połącz z kolektorem tranzystora T3.
8. Bazę tranzystora T3 dołącz do połączenia kolektora tranzystora T1 z rezystorem R6.
9. Do dłuższej nóżki buzzera dołącz dłuższą nóżkę kondensatora C1 oraz rezystor R1.
10. Wolne nóżki rezystorów R1 i R4 oraz dłuższą nóżkę fototranzystora połącz z czerwonym przewodem baterii.
11. Krótszą nóżkę kondensatora C1, emiter tranzystora T3, wolne nóżki rezystorów R5 i R6 połącz z czarnym przewodem baterii.



Rys 60 Gotowy układ – widok od strony elementów



Rys 61 Gotowy układ – widok od strony połączeń



Zasada działania

Fototranzystor przewodzi jedynie wtedy, gdy pada na niego światło. W tym układzie padające światło powoduje, że działający fotorezystor zwiiera większą część układu, dzięki czemu układ nie wydaje z siebie dźwięku.

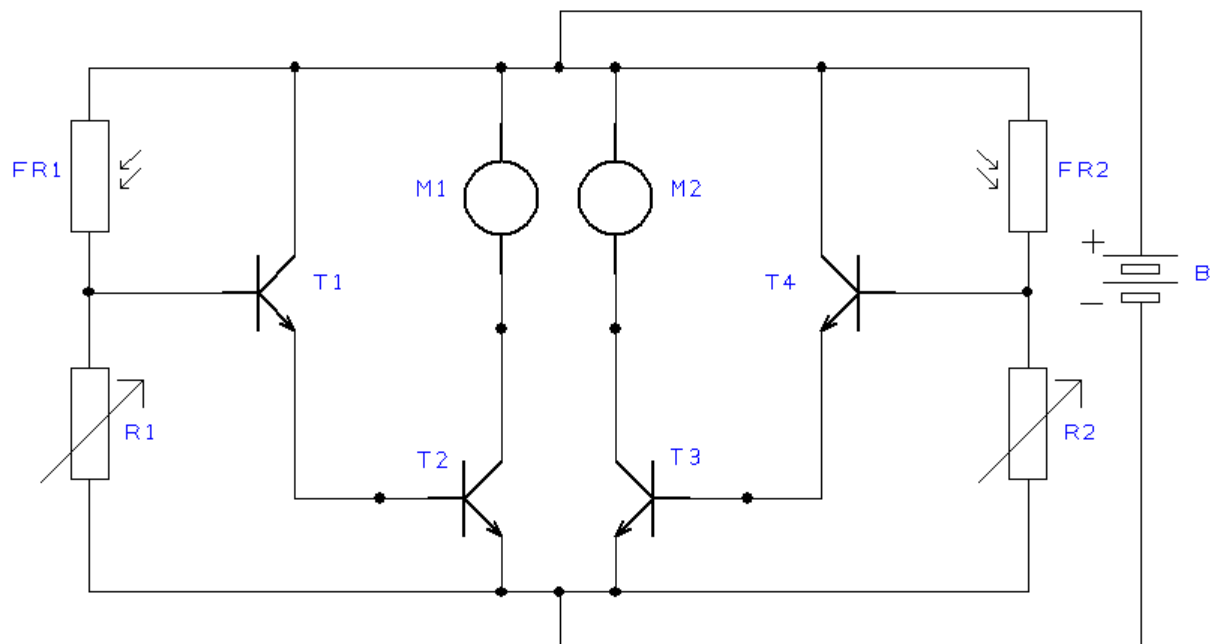
W przypadku, gdy fototranzystor nie przewodzi, rozpoczyna się ładowanie kondensatora C1 i przewodzenie tranzystora T1. Tranzystor T1 przewodzi do czasu naładowania kondensatora C1, potem T1 zatyka się, a w stan przewodzenia wchodzi tranzystor T2, a następnie T3, uruchamiając jednocześnie buzzer. Czas pisku jest zależny od tempa rozładowania kondensatora C1. Gdy kondensator rozładuje się, tranzystory T2 i T3 wchodzi w stan zatkania, a tranzystor T1 w stan przewodzenia.

Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia tranzystorów w następującej kolejności:
 - Czy emiter tranzystora T1 połączony jest z emitern tranzystora T2 i rezystorem R4?
 - Czy baza tranzystora T1 połączona jest z kolektorem tranzystora T2, fotorezystorem i rezystorem R5?
 - Czy kolektor tranzystora T1 połączony jest z rezystorem R6 i bazą tranzystora T3?
 - Czy emiter tranzystora T2 połączony jest z emitern tranzystora T1 i rezystorem R4?
 - Czy baza tranzystora T2 połączona jest z rezystorem R3?
 - Czy kolektor tranzystora T2 połączony jest z bazą tranzystora T1, fotorezystorem i rezystorem R5?
 - Czy kolektor tranzystora T3 połączony jest z krótszą nóżką buzzera i rezystorem R2?
 - Czy baza rezystora T3 połączona jest z kolektorem tranzystora T1 i rezystorem R6?
 - Czy emiter tranzystora T3 połączony jest z krótszą nóżką kondensatora, rezystorami R5 i R6 oraz czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia kondensatora.
 - Czy dłuższa nóżka kondensatora połączona jest z dłuższą nóżką buzzera oraz rezystorami R1, R2 i R3?
 - Czy krótsza nóżka kondensatora połączona jest z emitern tranzystora T3, rezystorami R5 i R6 oraz czarnym przewodem baterii?
- Sprawdzić poprawność podłączenia buzzera.
 - Czy dłuższa nóżka buzzera połączona jest z rezystorami R1, R2 i R3 oraz dłuższą nóżką kondensatora?
 - Czy krótsza nóżka buzzera połączona jest z rezystorem R2 i kolektorem tranzystora T3?
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z rezystorami R1 i R4 oraz fotorezystorem?
 - Czy czarny przewód baterii połączony jest z rezystorami R5 i R6 oraz z emitern tranzystora T3 i krótszą nóżką kondensatora C1?



Zajęcia 14 i 15: „Robak Światłolub”

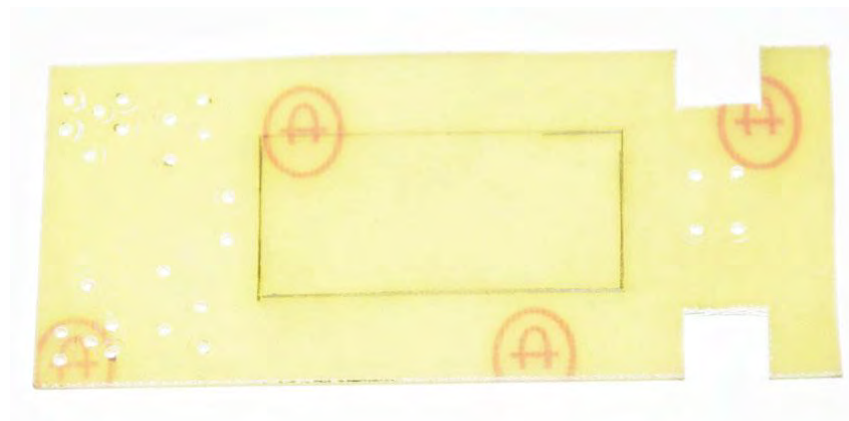


Rys 62 Schemat układu „Światłolub”

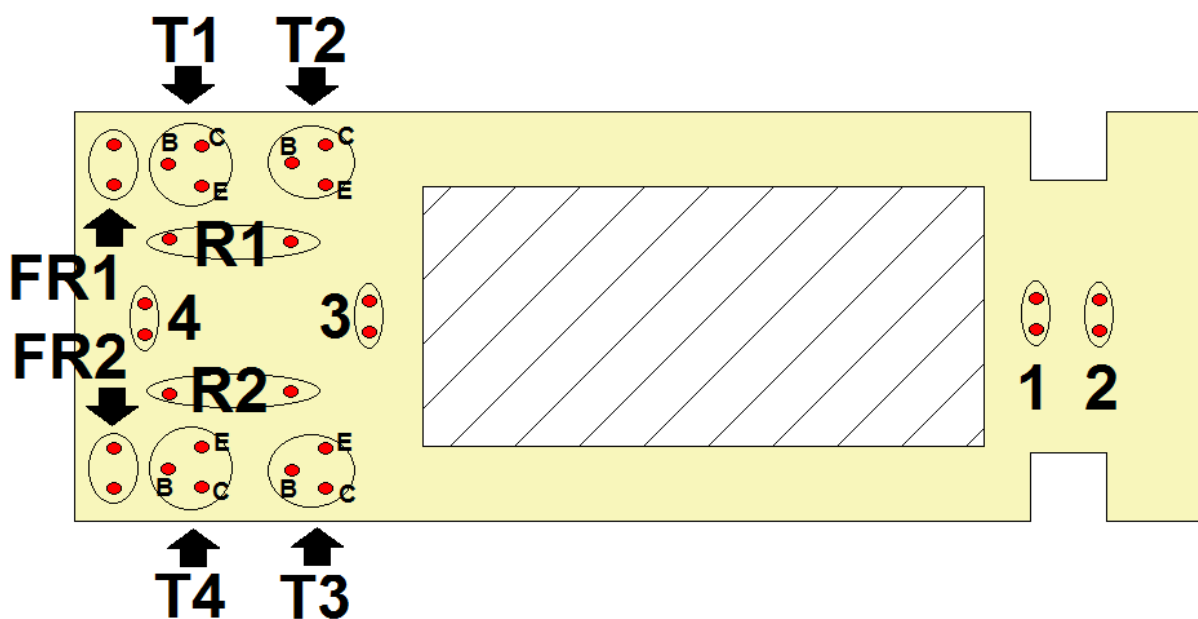
Spis elementów

- (FR1 i FR2) 2 fotorezystory
- (R1 i R2) 2 potencjometry 10 kΩ
- (T1, T2, T3, T4) 4 tranzystory BC548
- (M1, M2) Dwa silniki
- (B) 2 baterie AAA
- Koszyk na baterie AAA
- Koszulka termokurczliwa
- Silikonowy wężyk
- Laminat o kształcie dowolnym i wymiarach co najmniej 6x12 cm

Budowa układu



Rys 63 Płytkę z przygotowanymi otworami do montażu silników



Rys 64 Płytkę z oznaczonymi miejscami na otwory montażowe

Oznaczenia na rys 71

1. Otwory na czerwone przewody silników
2. Otwory na czarne przewody silników.
3. Otwory na przewody zasilające z koszyka baterii.
4. Otwory na podpórkę.

Budowa

1. Wytnij w płytce otwory na silniki.
2. Przyklej silniki klejem na gorąco.



Rys 65 Sposób montażu silników



Dla elementów FR1, R1, T1, T2, M1

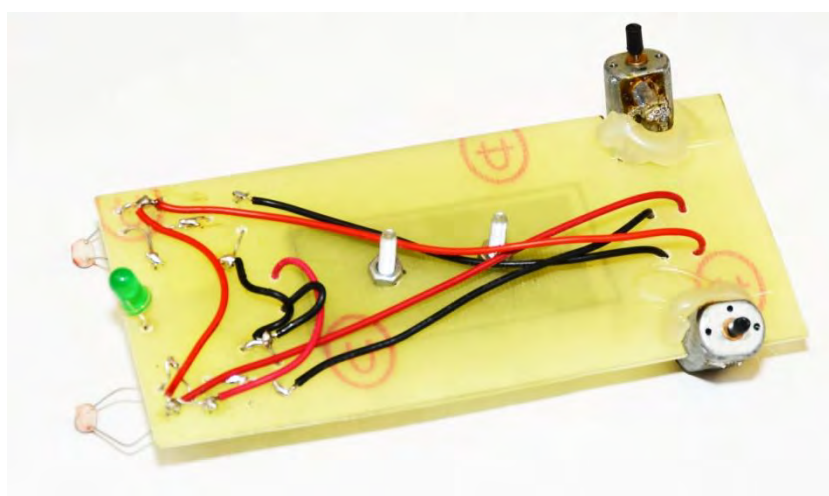
3. Połącz krótszą nóżkę fotorezystora FR1 ze środkową nóżką potencjometru R1 oraz z bazą tranzystora T1.
4. Kolektor tranzystora T1 połącz z dłuższą nóżką fotorezystora FT1 oraz z jednym ze złącz silnika M1.
5. Emiter tranzystora T1 połącz z bazą tranzystora T2.
6. Drugie złącze silnika M1 połącz z kolektorem tranzystora T2.
7. Jedną z wolnych nóżek potencjometru R1 połącz z emitern tranzystora T2.

Dla elementów FR2, R2, T3, T4, M2

8. Połącz krótszą nóżkę fotorezystora FR2 ze środkową nóżką potencjometru R2 oraz z bazą tranzystora T4.
9. Kolektor tranzystora T4 połącz z dłuższą nóżką fotorezystora FT2 oraz z jednym ze złącz silnika M2.
10. Emiter tranzystora T4 połącz z bazą tranzystora T3.
11. Drugie złącze silnika M2 połącz z kolektorem tranzystora T3.
12. Jedną z wolnych nóżek potencjometru R2 połącz z emitern tranzystora T3.

Dla obu zamontowanych układów

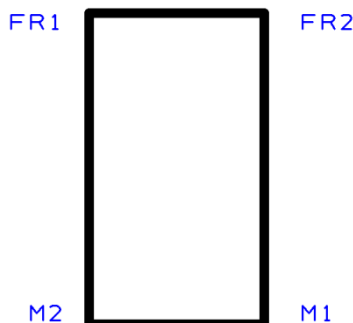
13. Dłuższą nóżkę fotorezystora FR1, kolektor tranzystora T1 oraz jedno ze złącz silnika M1 połącz z dłuższą nóżką fotorezystora FR2, kolektorem tranzystora T4 i jednym ze złącz silnika M1 oraz z czerwonym przewodem baterii.
14. Emiter tranzystora T2 oraz użytą wcześniej nóżkę potencjometru R1 połącz z emitern tranzystora T3 i użytą wcześniej nóżką potencjometru R2 oraz z czarnym przewodem baterii.



Rys 66 Światłolub z zamontowaną elektroniką – widok od strony połączeń



Pamiętaj, że silnik trzeba zamontować po przeciwległej stronie, niż odpowiadający mu fototranzystor, jak na rys. 74.



Rys 67 Rozmieszczanie silników i fotorezystorów.

15. Zamontuj z przodu podpórkę – na zdjęciu niepodłączona zielona dioda.



Rys 68 Gotowy Światłolub

Zasada działania

Fotorezystor przewodzi bardzo mały prąd (pomijalnie mały), gdy nie pada na niego światło. Jeśli na układ nie pada światło, fotorezystory FR1 oraz FR2 nie przewodzą, w tej sytuacji do bramek tranzystorów T1, T2, T3 i T4 nie dopływa prąd, więc one także nie przewodzą i silniki M1 i M2 nie są zasilane.

Jeśli na układ będzie padać światło, przez fotorezystory przepłynie prąd do baz tranzystorów T1 i T4, a te do baz tranzystorów T2 i T3, co spowoduje uruchomienie silników. Potencjometry R1 i R2 służą do kalibracji czułości układu.



Jeśli nie działa

- Sprawdzić poprawność podłączenia tranzystorów w następującej kolejności:
 - Czy kolektor tranzystora T1 połączony jest z fotorezystorami FR1 i FR2, z silnikami M1 i M2, kolektorem tranzystora T4 oraz z czerwonym przewodem baterii?
 - Czy baza tranzystora T1 połączona jest z fotorezystorem FR1 i potencjometrem R1?
 - Czy emiter tranzystora T1 połączony jest z bazą tranzystora T2?
 - Czy kolektor tranzystora T2 połączony jest z silnikiem M1?
 - Czy baza tranzystora T2 połączona jest z emitern tranzystora T1?
 - Czy emiter tranzystora T2 połączony jest z emitern tranzystora T3, potencjometrami R1 i R2 oraz z czarnym przewodem baterii?
 - Czy kolektor tranzystora T3 połączony jest z silnikiem M2?
 - Czy baza tranzystora T3 połączona jest z emitern tranzystora T4?
 - Czy emiter tranzystora T3 połączony jest z emitern tranzystora T2, potencjometrami R1 i R2 oraz z czarnym przewodem baterii?
 - Czy kolektor tranzystora T4 połączony jest z fotorezystorami FR1 i FR2, z silnikami M1 i M2, kolektorem tranzystora T1 oraz z czerwonym przewodem baterii?
 - Czy baza tranzystora T4 połączona jest z fotorezystorem FR2 i potencjometrem R2?
 - Czy emiter tranzystora T4 połączony jest z bazą tranzystora T3?
- Sprawdzić poprawność podłączenia potencjometrów.
- Sprawdzić, czy bateria nie jest rozładowana.
 - Czy czerwony przewód baterii połączony jest z kolektorami tranzystorów T1 i T4, fotorezystorami FR1 i FR2 oraz z silnikami M1 i M2?
 - Czy czarny przewód baterii połączony jest emitern tranzystorów T2 i T3 oraz z potencjometrami R1 i R2?



Bibliografia

1. Bolkowski Stanisław. "Elektrotechnika", WSiP, Warszawa 2004.
2. Nowak Aniela. "ABC konstruktora. Zeszyt ćwiczeń gimnazjum", Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa 2009.
3. Hermanowski Wojciech. "Zajęcia elektrotechniczne. Zeszyt tematyczny dla ucznia gimnazjum", OPERON Wydawnictwo Pedagogiczne, Gdynia 2010.
4. Stanecki Czesław, Stanecka Bogusława. "TECHNIKA Klasa II Gimnazjum Wiadomości - ćwiczenia", Stan Pol, Bydgoszcz 2012.
5. Czyżewski Waldemar. "Technika w praktyce. Zajęcia elektryczno-elektroniczne. Podręcznik z ćwiczeniami. Klasa 1-3 Gimnazjum", Nowa Era, Warszawa 2009.
6. Taylor Barbara. "Zabawa i Nauka. Baterie i magnesy", Polska Oficyna Wydawnicza "BGW", Warszawa 1991.
7. Górecki Piotr. "Wyprawy w świat elektroniki", WKŁ, Warszawa 2011.
8. Platt Charles. "Elektronika. Od praktyki do teorii", Helion, Warszawa 2012.