

Praktyczne układy alarmowe

Na powyższej fotografii pokazane są dwie wersje układu alarmowego. Schemat ideowy obu wersji alarmu pokazany jest na **rysunku A**. W spoczynku punkty X, Y są zwarte cienkim drutem, który tworzy tzw. linię dozorową. Przerwanie linii dozorowej przez włamywacza powoduje zaświecenie czerwonej lampki LED1 i włączenie brzęczyka piezo Y1.

Linia dozorowa może być zrealizowana na wiele sposobów: może to być cieniuteńki jak włos drucik miedziany, wydzielony z grubszego przewodu (linki). Mogą to być łatwe do rozerwania połączone odcinki (izolowanych) przewodów. Może to też być dowolny styk (np. dwie blaszki lub fabryczny wyłącznik), który w spoczynku jest zwarty, a jego rozwarcie spowoduje alarm.

Wersja prosta z powodzeniem znajduje wiele interesujących zastosowań, na przykład jako prosty alarm do garażu, a latem do ochrony namiotu czy roweru na kempingu.

Natomiast wersja wzbogacona to kompletny minisystem alarmowy, przydat-

ny na przykład do ochrony piwnicy lub w domu, gdzie będzie sygnalizować, że ktoś niepowołany (np. młodsze rodzeństwo) choćby na chwilę otworzył drzwi do pokoju lub szufladę w biurku. Oprócz wywołania alarmu na określony czas, urządzenie zapamięta fakt „włamania” i poinformuje właściciela światłem lampki. Do zasilania można wykorzystać baterie lub akumulatory o napięciu 6...12V, ewentualnie fabryczny zasilacz stabilizowany.

Realizując taki alarm, pomyśl nie tylko o sensownym sposobie realizacji linii dozorowej, ale też o tym, jak taki alarm obsługiwać (włączać i wyłączać) w niekłopotliwy sposób, na przykład za pomocą sprytnie ukrytego wyłącznika. Gdyby jeden lub drugi alarm miał być wykorzystywany w praktyce, układ elektroniczny oraz linię dozorową trzeba zabezpieczyć przed wilgocią.

Opis układu dla „zaawansowanych”

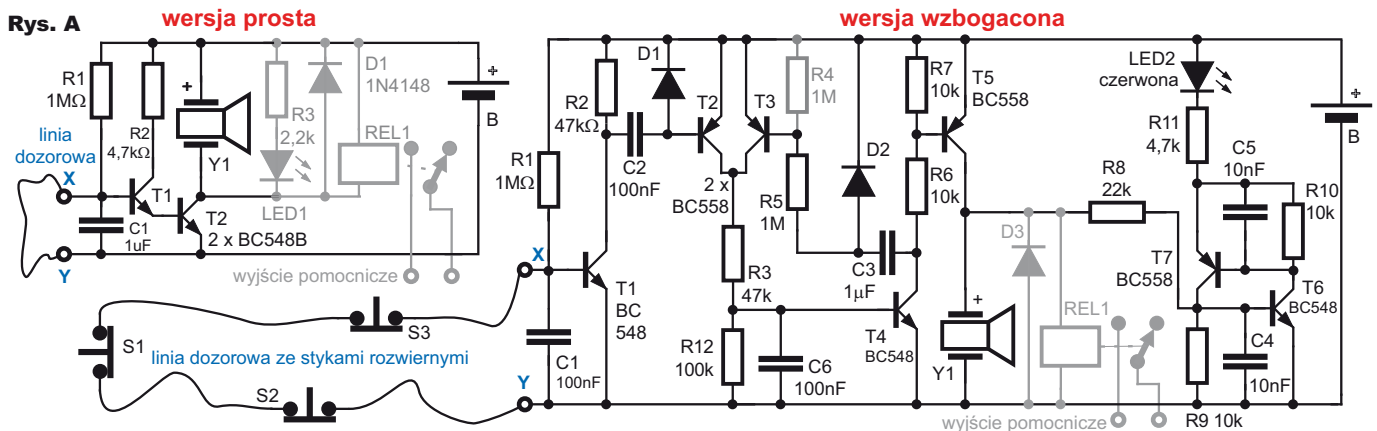
W obu układach z rysunku A przez rezystor R1 stale płynie prąd o bardzo małej

wartości. W stanie czuwania punkty X i Y są zwarte i prąd płynie między nimi „najkrótszą drogą”, przez linię dozorową bezpośrednio do masy, omijając tranzystor T1. Rezystor R1 ma dużą wartość, dlatego pobór prądu podczas czuwania jest znikomy (około $10\mu A = 0,00001A$) i nawet zwykła 9-woltowa baterijka wystarczy na co najmniej rok.

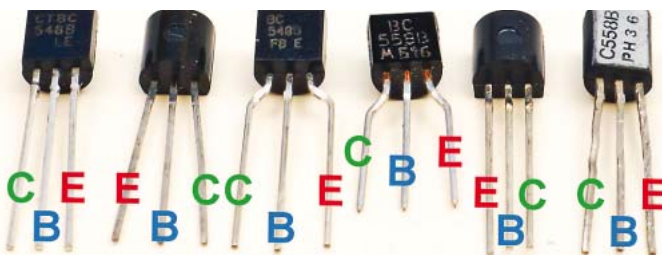
Gdy linia dozorowa zostanie przerwana, czyli gdy punkty X, Y zostaną rozwarzone, to prąd rezystora R1 popłynie przez obwód bazy tranzystora T1 i tranzystor ten zostanie otwarty.

W *wersji prostej* otwarte zostaną tranzystory T1 i T2, co włączy brzęczyk Y1 – wtedy pobór prądu wyniesie 3–8mA. Opcjonalnie można także dodać, narysowane kolorem szarym, kontrolkę LED1 oraz przełącznik REL1 z diodą D1, którego styki (wyjście pomocnicze) mogąysterować dodatkowy sygnalizator, np. lampę czy syrenę.

W *wersji wzbogaconej* w spoczynku wszystkie tranzystory są zatknięte. Po naruszeniu linii dozorowej najpierw zostanie



otwarty tranzystor T1. Napięcie na jego kolektorze obniży się i przez chwilę popłyynie prąd przez kondensator C2 i obwód bazy tranzystora T2. Ten krótki impuls otworzy tranzystory T4 i T5, co włączy



Fot. 1

brzęczyk Y1 oraz opcjonalnie przełącznik REL1. Jednocześnie kondensator C3 zacznie się powoli ładować przez rezystor R5 i obwód bazy T3. Tranzystor T3 zostanie otwarty i podtrzyma przewodzenie T4 także po zakończeniu krótkiego impulsu z tranzystora T2. W miarę ładowania C3, prąd płynący przez bazę T3 będzie coraz mniejszy. Gdy prąd ten zmniejszy się poniżej pewnej wartości, nastąpi wyłączenie wszystkich tranzystorów T3-T5, brzęczyka Y1 i przełącznika. Dzięki temu, niezależnie od czasu przzerwania linii dozоровej (na stałe, lub tylko na chwilę), brzęczyk Y1 da sygnał dźwiękowy o czasie wyznaczonym przez R5 i C3. Natomiast czerwona dioda LED2, informująca że nastąpiła próba włamania, zaświeci się na stałe. Otwarcie choć na chwilę tranzystora T5 spowoduje też przepływ prądu przez R8 i obwód bazy tranzystora T6, co włączy także tranzystor T7. Między tranzystorami T6, T7 występuje bardzo silne dodatnie sprzężenie zwrotne i w efekcie obwód ten „zatrzśnie się” jak tyrystor. Przerwanie choć na chwilę linii dozоровej spowoduje więc trwałe włączenie tranzystorów T6, T7, co trwałe zaświeci kontrolkę alarmu i powrót do pierwotnego stanu nastąpi po wyłączeniu i ponownym włączeniu zasilania.

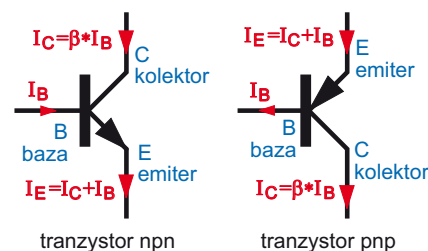
Elementy R12, C6 okazały się potrzebne, by alarm nie został uruchomiony przy włączeniu zasilania. W modelu z rezystorami R4=R5=1MΩ czas alarmu wynosi około 5

sekund. Czas ten możesz wydłużyć, usuwając R4 i zwiększając wartość R5 do 2,2MΩ, 4,7MΩ lub nawet 10MΩ. Możesz też zwiększyć pojemność C3 do 2uF, dołączając równolegle drugi kondensator 1uF, który masz w zestawie EdW09.

Uwaga! Wersja z przełącznikiem REL1 powinna być zasilana napięciem 12V, np. z akumulatora lub zasilacza stabilizowanego.

Poznajemy elementy i układy elektroniczne

Poniższe informacje i wskazówki są znakomitą okazją, by dobrze poznać i „poczuć” działanie tranzystorów – elementów, które są podstawą dzisiejszej elektroniki. Ale samo przeczytanie to zdecydowanie za mało. Dlatego



Rys. 2

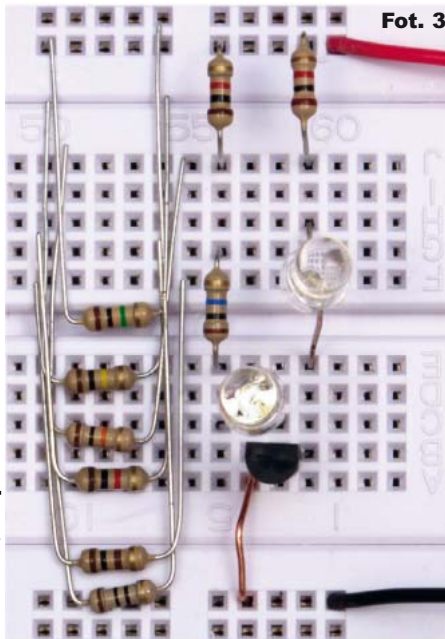
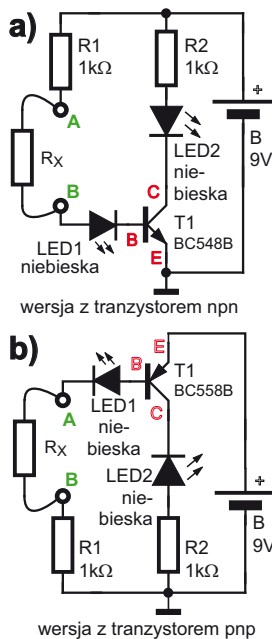
nie żałuj czasu i skrupulatnie zrealizuj wszystkie przedstawione ćwiczenia.

Tranzystory. Na schematach tranzystory są oznaczane literą T (za granicą często literą Q). Istnieje kilka głównych rodzajów tranzystorów. Historycznie najwcześniejsze są tak zwane **tranzystory bipolarne**, typu **npn** oraz typu **pnnp**, których elektrody (końcówki) to: emiter (E), baza (B) oraz kolektor (C). **Fotografia 1** pokazuje popularne tranzystory małej mocy, wykorzystywane w naszym kursie. Strzałka w symbolu tranzystora oznacza emiter (E) i pokazuje kierunek przepływu prądu. **Rysunek 2** przedstawia rozplyw prądu w tranzystorach npn i pnp.

Zasada pracy tranzystora bipolarnego jest... beznadziejnie prosta. W warunkach „normalnej” (tzw. linio-

- 1 – prąd kolektora jest β -krotnie większy od prądu bazy, gdzie β to współczynnik wzmocnienia prądowego, wynoszący kilkadziesiąt do kilkuset, zależnie od egzemplarza tranzystora.
- 2 – napięcie między bazą a emitern wynosi 0,6...0,8V.

Zbadajmy tę pierwszą zależność. Zestaw układ według dowolnego ze schematów z **ilustracji 3** – jak widać, tranzystory npn i pnp są w pewnym sensie odwrotne, a także dopełniające, czyli komplementarne. **UWAGA! Błędne dołączenie nóżek**



R E K L A M A

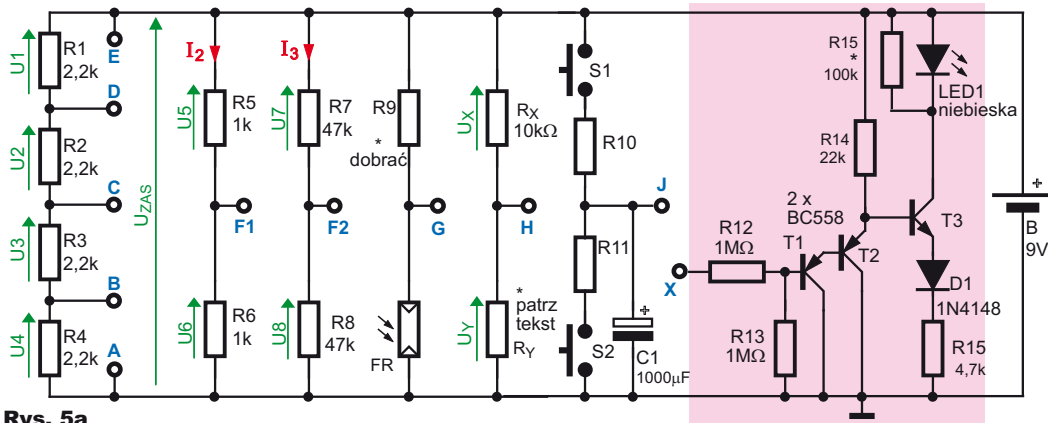
AVT 747 Stroboskop dyskotekowy

Doskonały gadżet dyskotekowy. Układ wytwarza silne błyski światła w rytmie ustalonym przez użytkownika. Oryginalny efekt świetlny uzyskano dzięki zastosowaniu białych diod LED. Układ jest bardzo prosty w montażu i nie wymaga żadnych procedur uruchomieniowych. Przetłącznik DIP-SWITCH pozwala uzyskać 16 kombinacji świetlnych.

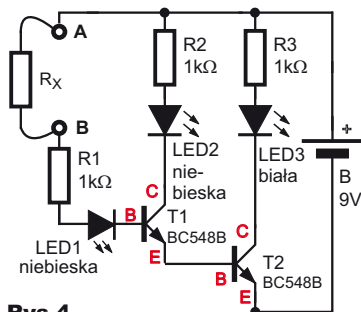


A: 5zł B: 24zł C: 38zł

POZIOM TRUDNOŚCI MONTAŻU



Rys. 5a

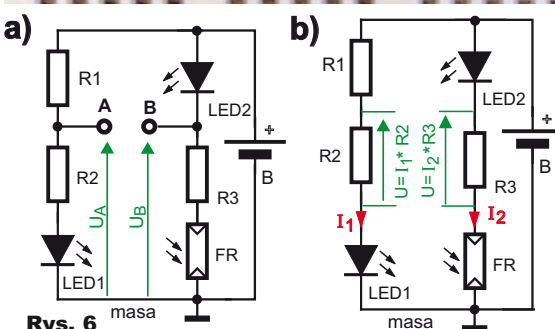
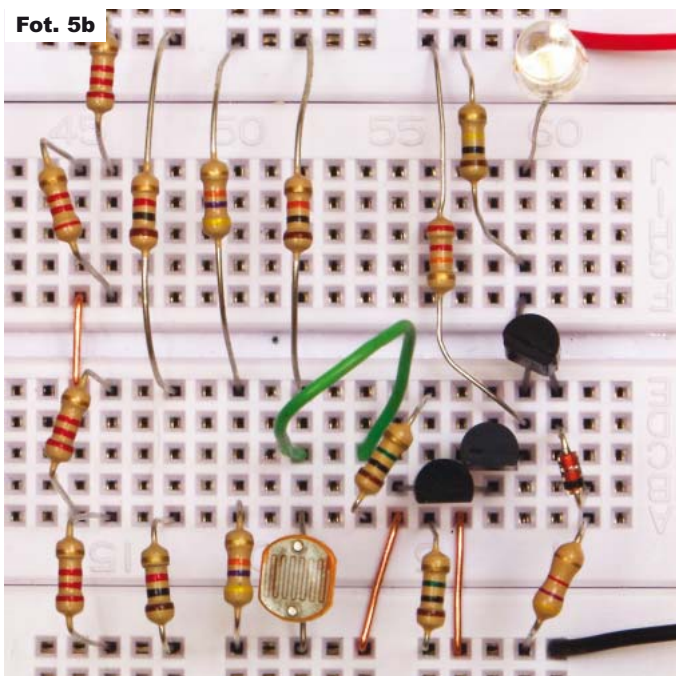


Rys. 4

oraz zastosowanie tranzystora niewłaściwego typu uniemożliwi pracę urządzenia. Rezystory R1, R2 nie dopuszczą do przepływu nadmiernego prądu, który doprowadziłby do uszkodzenia. Wkładaj kolejno w miejsce Rx rezystory 10MΩ (brązowy, czarny, niebieski, złoty), 1MΩ (brązowy, czarny, zielony, złoty), 100kΩ (brązowy, czarny, żółty, złoty), 10kΩ (brązowy, czarny, pomarańczowy, złoty) i 1kΩ (brązowy, czarny, czerwony, złoty). Zwracaj uwagę na jasność obu diod – tranzystor niewątpliwie wzmacnia prąd. Warto też analogicznie zbadać układ z rysunku 4.

Zanim zbadamy zależności napięciowe w tranzystorze, najpierw zbudujemy monitor napięcia według rysunku 5a – czym wyższe napięcie w punkcie X, tym większa jest jasność diody LED1 (wprawdzie nasze oko ma logarytmiczną charakterystykę czułości, niemniej jasność diody świadczy o wielkości napięcia). Mając monitor, jak na fotografii 5b, zbadajmy różne dzielniki napięcia.

Tu warto dodać, że zazwyczaj mierzymy napięcia w różnych punktach układu względem masy (którą zwykle jest ujemny biegun zasilania), co ilustruje rysunek 6a. Monitor z rysunku 5 pozwala zmierzyć napięcie w danym punkcie względem masy. Ale czasem mierzymy też (np. za pomocą woltmierz) napięcie na danym



Rys. 6

elementie – przykłady na rysunku 6b. Zgodnie z prawem Ohma, prąd I przepływający przez rezystancję R, wywołuje na niej spadek napięcia:

$$U = I \cdot R$$

Czym większa rezystancja R, tym większe napięcie U. Znajduje to odzwierciedlenie w pracy dzielników napięcia.

Na rysunku 5 masz kilka dzielników napięcia. Dołączaj punkt X kolejno do punktów A, B, C, D, E – napięcie jest coraz

wyższe. Napięcie w punktach F1 i F2 jest równe połowie napięcia zasilania (napięcia baterii): napięcie zostaje podzielone na połowy, bo pary rezystorów są jednakowe, niezależnie od ich wartości – różna jest tylko wartość prądów I₂, I₃.

Natomiast napięcie w punkcie G będzie zależę od oświetlenia. Spróbuj najpierw dobrać wartość rezystora R9, żeby w spoczynku napięcie w punkcie G (zależne od oświetlenia i czułości fotorezystora) było zbliżone do napięcia w punktach F1, F2. Później zmieniaj oświetlenie fotorezystora – czym silniej jest oświetlony, tym mniejsza jest jego rezystancja, a to powoduje zmniejszenie napięcia w punkcie G – otrzymaliśmy dzielnik napięcia o zmiennym współczynniku podziału.

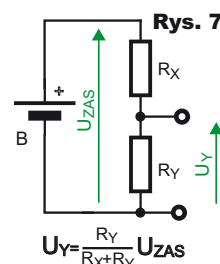
Nie żałuj czasu – spróbuj „poczuć” zależności w dzielniku, wkładając w miejsce R_Y rezystory o różnej wartości, w tym także rezystor o wartości zero, czyli zworę z drutu, jak też rezystor o nieskończonej wielkości, czyli usuwając R_Y, możesz też zmieniać wartość R_X, ale na nie mniej niż 1kΩ

z uwagi na wartość prądu dzielnika.

Suma napięć na elementach dzielnika zawsze jest równa napięciu zasilania (co bardziej precyzyjnie określa tzw. **napięciowe prawo Kirchhoffa**), a napięcia na poszczególnych rezystorach są proporcjonalne do ich rezystancji (co z kolei wynika z **prawa Ohma**). Czym większa wartość R_Y w stosunku do R_X, tym większe będzie napięcie w punkcie H. Zależność napięcia z dzielnika od stosunku wartości rezystorów R_X, R_Y pokazana jest na rysunku 7. Jeśli posiadasz woltmierz (multimetr), możesz zmierzyć napięcia,

a potem sprawdzić tę zależność dla różnych posiadanych rezystorów (uwzględniając ich tolerancję, czyli fakt, że nie mają wartości idealnie równej nominalnej).

A teraz sprawdź jeszcze, jakie są napięcia przewodzenia różnych diod. W układzie



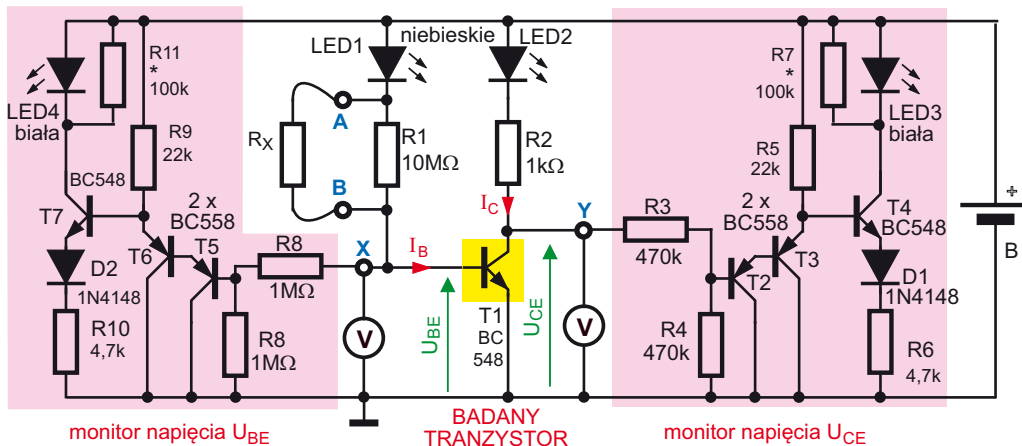
Rys. 7

$$U_Y = \frac{R_Y}{R_X + R_Y} U_{ZAS}$$

z rysunku 5 dołącz punkt X do punktu F1, usuń R6 i w jego miejsce kolejno wstawiaj diody: najpierw krzemową diodę 1N4148, potem diody LED wszystkich kolorów. Napięcie przewodzenia zwykłych diod krzemowych (np. 1N4148) wynosi 0,6...0,8V, a w diodach świecących jest zależne od długości wytwarzanego promieniowania i wynosi od 1,6...2V dla niektórych diod czerwonych, do 3...3,5V w diodach LED niebieskich i białych. Możesz zmieniać wartość R5 – przekonasz się, że napięcie przewodzenia diody niewiele zależy od płynącego przez nią prądu.

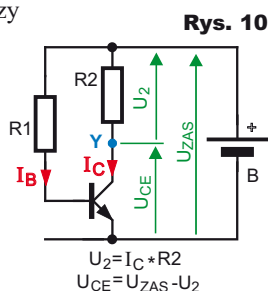
Dołącz jeszcze punkt X do punktu J. Naciśnij przycisk S1. Kondensator zacznie się ładować i napięcie na nim będzie rosnąć. Gdy zwolnisz S1 i naciśniesz S2, kondensator będzie się szybko rozładowywał przez rezystor R11 (przy zwolnieniu obu przycisków będzie się powoli rozładowywał przez R12 i R13). Przebiegi, czyli zmiany napięcia w czasie, będą takie jak na rysunku 22 z poprzedniego wykładu. A teraz zbadamy dokładniej...

Właściwości tranzystora. W układzie z rysunku 8 i fotografii 9 diody LED poinformują o wartościach i prądów, i napięć. Jeśli masz do dyspozycji



Rys. 8

dwa woltmierz – dołącz je. Włączony na stałe rezystor R1 o bardzo dużej wartości (10MΩ) daje znikomo mały prąd bazy T1, poniżej 1 mikroampera. Niemniej dioda LED2 zauważalnie świeci, ponieważ wzmocnienie prądowe (β) tranzystora wynosi 200...400 razy. Jasno świeci także dioda LED3 – napięcie U_{CE} jest duże.



Rys. 10

Zwiększaj teraz prąd bazy, dołączając równolegle do R1 rezystor R_X o wartości najpierw 1MΩ, potem 100kΩ, 10kΩ i 1kΩ. Uważnie obserwuj, co się dzieje z jasnością wszystkich diod. Po dołączeniu rezystora $R_X=1M\Omega$ prąd kolektora (I_C) znacznie wzrośnie, co pokaże LED2, a napięcie na kolektorze (U_{CE}) znacząco się obniży – co zobrazuje LED3. Dołączenie $R_X=100k\Omega$ jeszcze zwiększy prąd kolektora, natomiast napięcie (U_{CE}) zmniejszy się praktycznie do zera. Dołączane rezystory $R_X=10k\Omega$ i mniejsze będą wyraźnie zwiększać prąd bazy, ale nie będą już zwiększać prądu kolektora ani

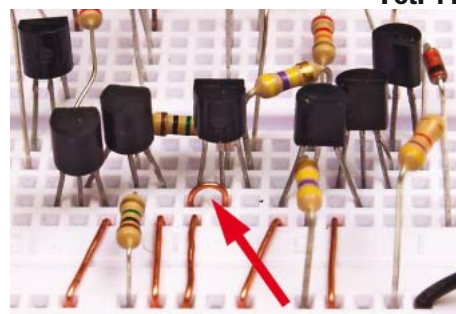
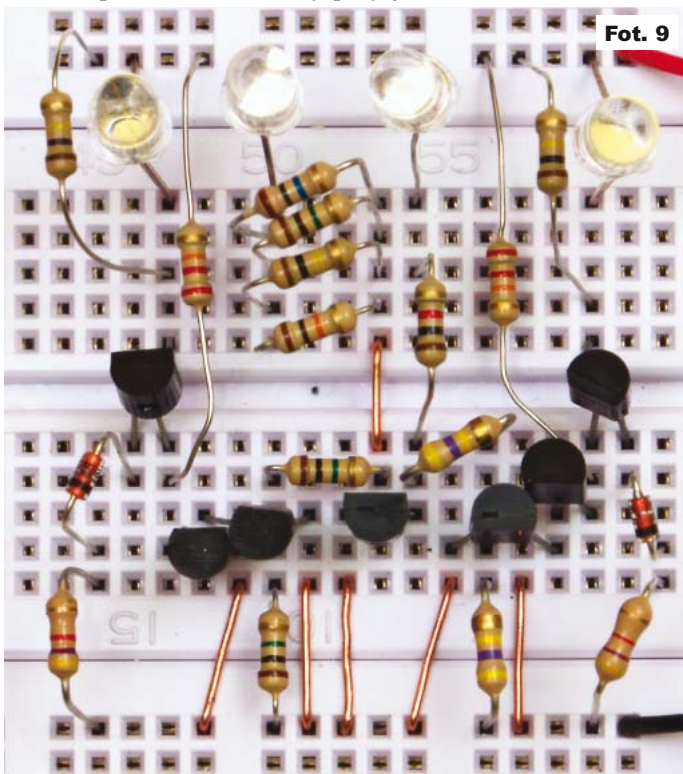
zmniejszać bliskiego zera napięcia na kolektorze.

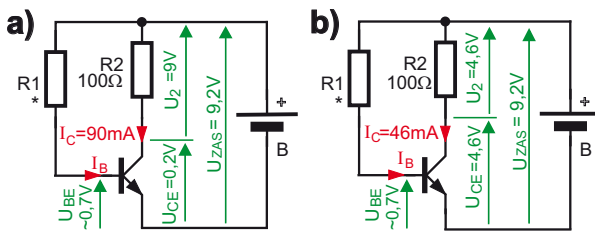
Zwróć uwagę, że nawet duże zmiany prądu bazy wywołują małe, praktycznie niezauważalne zmiany napięcia U_{BE} (wynoszącego 0,6...0,8V), co sygnalizuje dioda LED4.

Zauważ też, że rezystor R2 i tranzystor T1 tworzą dzielnik napięcia, a wyjściem jest punkt Y. W zasadzie tranzystor (*transistor = transfer resistor*) można by potraktować jako zmienny rezystor, którego rezystancja zmienia się od nieskończoności do zera, ale takie wyobrażenie bardziej przeszkadza, niż pomaga. **Nie wyobrażaj sobie, że tranzystor to zmienny rezystor.** Zapamiętaj raczej, że: *obwód kolektora tranzystora to tzw. źródło prądowe*. Tranzystor to w istocie źródło prądowe, sterowane prądem bazy. Najczęściej nie zastanawiamy się nad rezystancją tranzystora, interesuje nas tylko prąd kolektora, który płynie też przez rezystor kolektorowy R2.

Ogólnie biorąc, gdy zwiększamy prąd bazy (I_B), zwiększa się prąd kolektora (I_C), a napięcie na kolektorze (U_{CE}) obniża się. Wraz ze wzrostem prądu kolektora napięcie U_{CE} dąży do zera. W normalnych warunkach, podczas pracy w zakresie liniowym, prąd kolektora jest β -krotnie większy od prądu bazy. Prąd kolektora, płynąc przez rezystor R2, powoduje powstanie na tym rezystorze napięcia (spadku napięcia), o wartości zgodnej z prawem Ohma $U = I_C * R2$.

Fot. 11





Rys. 12

zeru, prąd ograniczy wartość rezystora R2: $I_{max} = U_{ZAS}/R2$. W stanie nasycenia napięcie na kolektorze (U_{CE}) jest bliskie zeru (w praktyce 0,01...0,5V), a spadek napięcia na rezystorze R2 jest bliski U_{ZAS} .

Możesz też wprowadzić tranzystor w **stan odcięcia** – zatkania, zablokowania. W tym celu zmniejsz prąd do zera, wyjmując diodę LED1. Zmniejszy to prąd kolektora, też praktycznie do zera, też praktycznie do zera. Wstaw LED1 na swoje miejsce, możesz dołączyć $R_X = 2,2\text{ k}\Omega \dots 100\text{ k}\Omega$ i **kawałkiem drutu zewrzyj bazę z emiterem tranzystora T1** – fotografia 11. Niezależnie od prądu płynącego

przez D1 i R1, zwarcie złącza baza-emiter zmniejszy napięcie U_{BE} do zera, prąd I_B do zera i na pewno wyłączy, czyli zablokuje, zatkanie tranzystor. Prąd kolektora będzie wtedy równy zeru, więc spadek napięcia na R2 też będzie równy zeru, a więc napięcie na tranzystorze (U_{CE}) będzie równe U_{ZAS} .

A teraz pokrewna ważna sprawa...

Problem mocy. Jeśli na elemencie (rezystorze, tranzystorze, diodzie) występuje napięcie U i przez ten element płynie prąd I , to w tym elemencie wydziela się ciepło, co zwykle traktujemy jako niepożądane straty. Moc strat wynosi $P=U*I$ i jest wyrażana w watach. Podczas pracy tranzystora T1 i rezystora R2 też wydziela się w nich moc strat. O wielkości strat decyduje wartość rezystora kolektorowego R2. Zbyt duża moc strat spowodowałaby przegrzanie i uszkodzenie tranzystora i rezystora.

W **stanie odcięcia** (zatkania) przez tranzystor i rezystor R2 prąd nie płynie, więc

moce strat są równe zeru. Największa moc w rezystorze kolektorowym R2 wydziela się w **stanie nasycenia**, największa moc w tranzystorze wydziela się wtedy, gdy napięcie na nim jest równe połowie napięcia zasilania (w połowie liniowego zakresu pracy). W sytuacji nasycenia z **rysunku 12a** prąd kolektora wynosi 90mA. W rezystorze R2 wydzieli się moc $P=9V*90mA=810mW=0,81W$. To dość duża moc i mały rezystor z zestawu EdW09 zrobiłby się gorący, a po pewnym czasie mógłby się nawet spalić (dla małych rezystorów maksymalna dopuszczalna moc strat wynosi 0,25W...0,4W). Moc strat w tranzystorze jest mała, wynosi $P=0,2V*90mA=18mW=0,018W$. Natomiast w sytuacji z **rysunku 12b**, w połowie zakresu liniowego, prąd kolektora jest mniejszy i wynosi 46mA. Na rezystorze występuje napięcie $U_{R2}=46mA*100\Omega=4600mV=4,6V$ i wydziela się moc

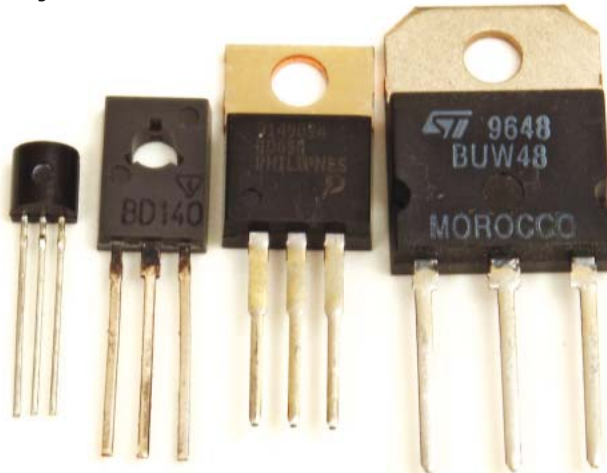
$$P=4,6V*46mA=211,6mW\approx 0,2W.$$

W tranzystorze tak samo

$$P=4,6V*46mA=211,6mW\approx 0,2W$$

(w zasadzie powinniśmy do tego doliczyć moc w obwodzie bazy $P_B=I_B*U_{BE}$, ale jest ona rzędu pojedynczych miliwatów). W każdym razie takie warunki pracy są jak najbardziej dopuszczalne dla tranzystora typu BC548, dla którego katalog podaje $I_{Cmax}=100mA$, $P_{Dmax}=625mW$. Przy mniejszej rezystancji kolektorowej R2 moc byłaby większa i trzeba byłoby zastosować tranzystor o większej mocy, umieszczony w innej obudowie. **Fotografia 13** pokazuje nasz znany tranzystor małej mocy BC548 oraz **tranzystory mocy** w obudowach umożliwiających przykrycie do metalowego radiatora, zdecydowanie polepszające odprowadzanie ciepła do otoczenia. W ramach naszego kursu takich tranzystorów nie będziemy wykorzystywać.

Piotr Górecki



Fot. 13

Jak pokazuje **rysunek 10**, napięcie U_{CE} jest różnicą między napięciem zasilania U_{ZAS} i napięciem na R2: $U_{CE} = U_{ZAS} - U_2 = U_{ZAS} - I_C * R2$.

Przy niedużych prądach prąd kolektora jest proporcjonalny do prądu bazy – wtedy tranzystor pracuje w **zakresie liniowym**. Wtedy niewątpliwie **jest wzmacniaczem**, ponieważ w tym zakresie liniowym:

- małe zmiany prądu bazy I_B powodują duże zmiany prądu kolektora I_C ,

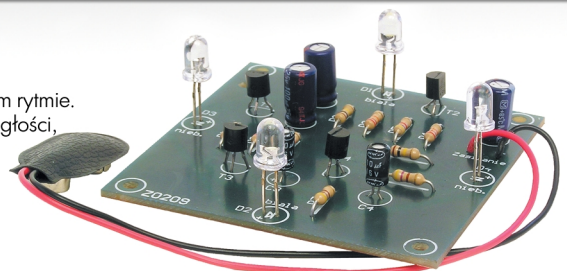
- małe zmiany napięcia U_{BE} powodują duże zmiany napięcia U_{CE} .

Czy zwróciłeś uwagę, że w układzie z rysunku 8, już przy $R_X=100k\Omega$ dioda LED2 osiąga maksymalną jasność, a LED3 świadczy, że U_{CE} jest bliskie zeru? Dalsze zwiększanie prądu bazy nie powoduje już zwiększania prądu kolektora – mówimy wtedy, że tranzystor się **nasycił**, inaczej że wszedł w **stan nasycenia**. Prąd I_C nie może wzrastać dowolnie – nawet gdybyśmy uznali, że rezystancja w pełni otwartego tranzystora jest równa

R E K L A M A

AVT 720 Błękitno-biały mrygacz

Układ wytwarzający interesujący efekt świetlny. Dwie pary diod LED migają w zmiennym rytmie. Zastosowanie ultra jasnych diod świecących zapewni widzialność układu z dużej odległości, w ciemności nawet do kilkuset metrów. Kit można zasilac z baterii – dzięki temu mamy błyskotkę mobilną :-).



A: 6zł

B: 14zł

C: 22zł

POZIOM TRUDNOŚCI MONTAŻU

