

Psychomaszyna - biofeedback

2369

Do czego to służy?

Prosty układ do eksperymentów psychofizycznych i nie tylko...

- akustyczny miernik rezystancji
- detektor kłamstwa
- biofeedback
- relax machine

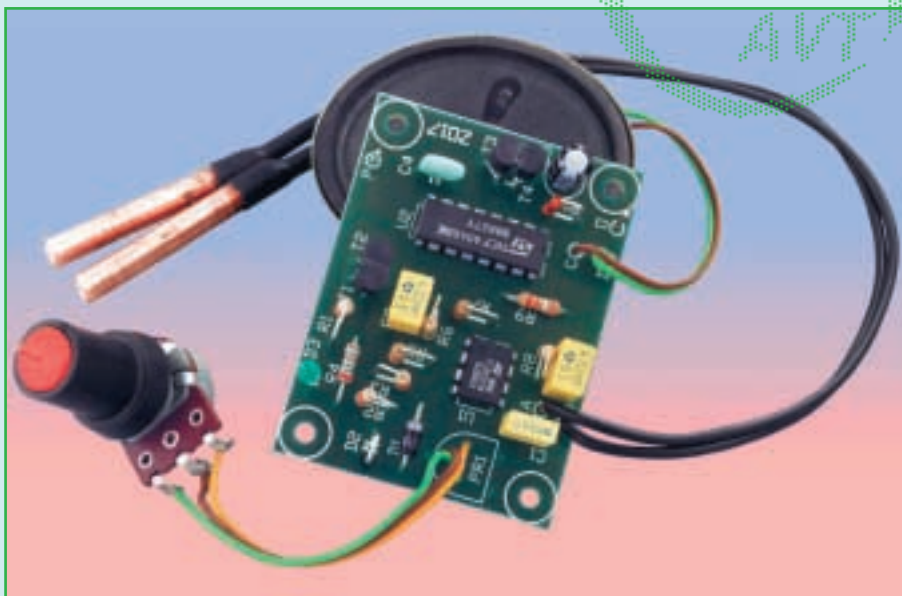
Rosnąca w ostatnim czasie popularność najróżniejszych urządzeń służących do różnego rodzaju eksperymentów psychofizycznych i związane z tym "zamówienia" składane przy okazji dorocznych ankiet przez sporą liczbę Czytelników EdW skłoniły autorów do "popelnienia" niniejszego układu. W przeciwieństwie do innych urządzeń o tego typu funkcjach, tym razem nie ma mowy o kontrowersjach dotyczących jego działania. Działanie to nie jest związane z jakimiś tajemniczymi siłami czy właściwościami. Zasada jest prosta i jasna. Opiera się na zmianach oporności (rezystancji) ludzkiej skóry pod wpływem różnych czynników.

Sercem urządzenia jest generator przestrajany napięciem (ang. VCO) współpracujący z niewielkim głośniczkiem. Częstotliwość generowanych dźwięków zależy od rezystancji naskórka - czym większa rezystancja, tym mniejsza częstotliwość (niższy ton z głośnika).

Jak wiadomo, stan emocjonalny człowieka wpływa na fizyczne właściwości organizmu. Chyba każdy doświadczył, że podczas stresu ręce stają się wilgotne, a niekiedy człowiek wręcz cały oblewa się potem. To są ewidentne i łatwo mierzalne objawy powodujące radykalne zmiany rezystancji skóry. Warto jednak sprawdzić dokładniej, na ile rezystancja naskórka zmienia się, gdy człowiek coraz bardziej się odpręża.

Opisane urządzenie ma rewelacyjną czułość, dlatego z powodzeniem może również służyć jako detektor kłamstwa - powszechnie wiadomo, że pomiar oporności skóry jest stosowany w profesjonalnych wykrywaczach kłamstwa. Przez zadanie szeregu pytań testowych i zbadanie reakcji organizmu można sprawdzić, czy osoba testowana mówi prawdę.

Przyrząd będzie też pełnił rolę akustycznego omomierza - częstotliwość dźwięku zależy od badanej rezystancji.



Oprócz tych bezdyskusyjnych zastosowań przyrządu, można wymienić inne, bardzo interesujące i... kontrowersyjne. Według autorytetów w dziedzinie zjawisk z pogranicza nauki, magii i szarlatanerii (do których na pewno nie można zaliczyć autorów tego artykułu), przyrząd może z powodzeniem służyć jako pomoc w osiągnięciu stanu odprężenia, a nawet całkowitego relaksu, łącznie z wytworzeniem w mózgu tak zwanych fal alfa. Według zapewnień, jest więc swego rodzaju psychomaszyną.

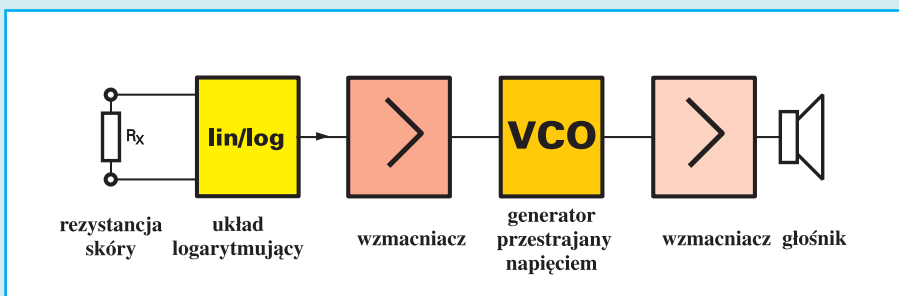
Według tychże autorytetów korzystanie z przyrządu ma przebiegać następująco. Elektrody pomiarowe są mocowane na wybranym fragmencie skóry eksperymentatora (miejsce podłączenia i odległość elektrod należy wybrać eksperymentalnie). Na początku ton z głośnika jest wysoki, piskliwy. Zadaniem eksperymentatora jest tak pokierować reakcjami organizmu, by zapoczątkować proces sprzężenia zwrotnego. Jeśli eksperymentator będzie coraz bardziej odprężony, rezystancja skóry będzie rosła, dzięki czemu dźwięk będzie się stawał coraz niższy,

czyli bardziej przyjemny, mniej denerwujący. To ma spowodować jeszcze głębsze odprężenie, dalsze zwiększenie rezystancji skóry i obniżenie częstotliwości. W rezultacie ma się wytworzyć pętla dodatniego sprzężenia zwrotnego, powodującego coraz większe obniżanie się częstotliwości generatora. Co bardzo interesujące, jednym z elementów takiej pętli jest twór biologiczny - organizm ludzki. Stąd zresztą angielska nazwa biofeedback - biologiczne sprzężenie zwrotne.

Jak wspomniano, autorzy artykułu nie są ekspertami w dziedzinie tego typu eksperymentów i nie wypowiadają się na temat praktycznych możliwości osiągnięcia na tej drodze stanu relaksu. Autorzy zbudowali tylko urządzenie elektroniczne i dokładnie sprawdzili, że działa ono według postawionych założeń technicznych. O jego skuteczności w zakresie wspomaganie procesu odprężania Czytelnicy przekonają się sami.

Jak to działa?

Schemat blokowy urządzenia pokazany jest na rysunku 1. Generator przestrajany



Rys. 1. Schemat blokowy

napięciem (VCO) wytwarza przebieg prostokątny, podawany przez prościutki wzmacniacz na głośnik.

Napięcie sterujące dla generatora wytwarza blok zawierający układ logarytmujący oraz dwustopniowy wzmacniacz o dużym wzmocnieniu. Podwójny różnicowy układ logarytmujący dodano ze względu na ogromny rozrzut spodziewanych rezystancji skóry. Rezystancja ta może zmieniać się od setek omów do kilkudziesięciu megomów. Jedynie układ logarytmujący umożliwia pracę przy takiej rozpiętości rezystancji (i prądu) na jednym zakresie pomiarowym. Potencjometr współpracujący z tym stopniem umożliwia dopasowanie się do dowolnej oporności skóry, bez konieczności przełączania się na inny zakres.

Tak przetworzony sygnał jest następnie wzmacniany w czułym dwustopniowym wzmacniaczu. Duże wzmocnienie jest tu konieczne ze względu na spodziewane niezbyt duże zmiany oporności skóry w trakcie eksperymentu.

Pełny schemat ideowy pokazany jest na rysunku 2. W roli generatora VCO pracuje popularna kostka CMOS 4046. Jej częstotliwość jest wyznaczona przez elementy R9, C4 oraz napięcie na wyprowadzeniu VCO IN (nóżka 9) - czym większe to napięcie, tym większa częstotliwość.

W praktyce elementy R9, C4 wyznaczają najwyższą częstotliwość pracy, która powinna wynosić 4...7kHz. W układzie przewidziano także obecność dodatkowego rezystora R12. Bez niego minimalna częstotliwość wynosi 0 - przy napięciu na wejściu VCO IN (n. 9) układ przestaje generować. Dodanie rezystora R12 powoduje, że minimalna częstotliwość pracy VCO jest większa od zera, czyli nawet przy zwarciu nóżki 9 do masy układ wytwarza przebieg o jakiejś niewielkiej częstotliwości. Rezystor R12 dodano po wstępnych próbach mode-

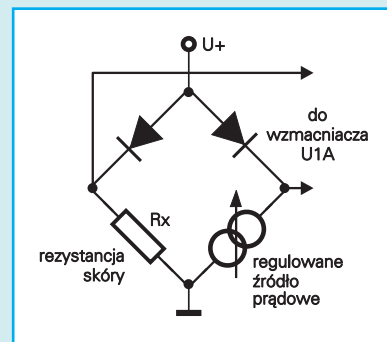
lu. Zależnie od upodobania, można go stosować lub nie.

Przebieg z wyjścia generatora jest podawany na prościutki bufor zawierający tranzystory T3, T4 i dalej przez rezystor R10 na głośnik. Próby wykazały, że przy zastosowaniu głośnika 8Ω, rezystancję R10 można śmiało zwiększać do 100Ω, a nawet więcej. Pobór prądu maleje, a głośność sygnału i tak jest wystarczająca.

Rezystancja skóry dołączona jest między punkty oznaczone A i B. Kondensator C1 filtruje ewentualne impulsowe "śmieci", jakie mogłyby pojawić się na wejściu. Niewielka rezystancja R11 ogranicza prąd w przypadku zwarcia elektrod pomiarowych (czyli zwarcia punktów A i B). Przez rezystancję R11 i przez diodę D1 płynie prąd wyznaczony przez oporność skóry. Nawet przy dużych zmianach oporności skóry, napięcie na diodzie D1 zmienia się niewiele. Jednak - co bardzo ważne - zmienia się. Te niewielkie zmiany są wzmacniane przez dwa wzmacniacze operacyjne U1A oraz U1B i powodują zmianę częstotliwości VCO

Wykorzystano tu logarytmiczną zależność napięcia na złączu półprzewodnikowym p-n od prądu.

Prosty układ z jedną diodą na pewno nie spełniłby swego zadania, ponieważ ogromny wpływ miałaby temperatura i wahania napięcia zasilającego. Aby wyeliminować, lub choćby znacząco zredukować takie zależności, dodano obwód z diodą D2 oraz sterowane źródło prądowe z elementami T1, T2, PR1. **Rysunek 3** pokazuje generalną ideę. Dwie diody, rezystancja skóry i sterowane źródło prądowe tworzą mostek pomiarowy prądu stałego, a do wzmacniacza U1A doprowadzone jest napięcie z przekątnej tego mostka. Przy zmianach temperatury otoczenia obie diody zmieniają swe napięcie przewodzenia w przybliżeniu jednakowo, przez co różnica napięć na nich pozo-



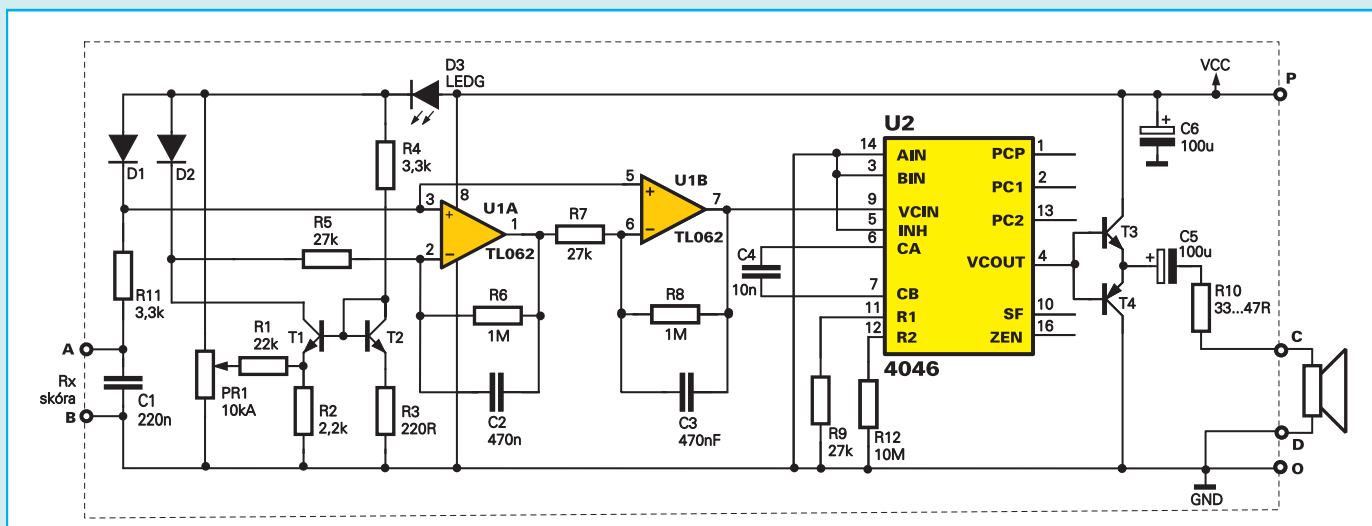
Rys. 3.

staje stała. Ścisłej biorąc, należałoby jeszcze przeanalizować zależność zmian prądu źródła prądowego w funkcji temperatury i napięcia zasilającego. Właściwości te nie są idealne, ale jak na tak prosty układ - wystarczająco dobre. Dla poprawienia właściwości układu tranzystory T1, T2 na płycie drukowanej są umieszczone blisko siebie, by miały jednakową temperaturę.

Potencjometr PR1 zmienia w bardzo szerokim zakresie prąd źródła prądowego, pozwalając "dopasować się" do dowolnej rezystancji skóry. To dopasowanie polega, z grubsza biorąc, na wstępnym wyrównaniu napięć na diodach D1 i D2, a to następuje, gdy prąd płynący przez skórę jest równy prądowi źródła prądowego. Takie dopasowanie jest konieczne - w przeciwnym wypadku częstotliwość "ucieka" osiągając maksymalną albo minimalną wartość.

Dioda LED D3 ma dwie funkcje: sygnalizuje świeceniem włączenie zasilania przyrzędu oraz obniża napięcia wspólne z mostka logarytmującego, by zapewnić poprawną pracę wzmacniaczy operacyjnych z kostki U1. W modelu zastosowano kostkę TL062, ale bez problemu można wykorzystać TL082 lub TL072.

Napięcie z przekątnej mostka jest wzmacniane w dwustopniowym wzmacniaczu. Dokładna analiza zachowania



Rys. 2. Schemat ideowy

wzmacniaczy operacyjnych może być dla początkujących nieco trudna, w każdym razie gdy rośnie rezystancja skóry, napięcie wyjściowe na nóżce 7 układu U1B spada, co zmniejsza częstotliwość.

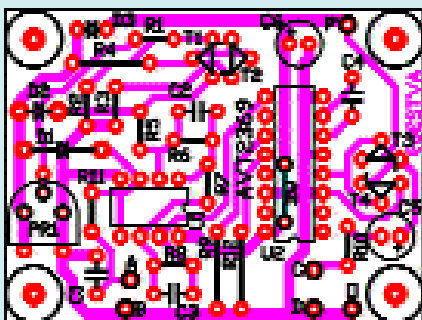
Wzmacniacze mają duże wzmocnienie, wyznaczone stosunkiem R6/R5 oraz R8/R7. Kondensatory C2 i C3 filtrują ewentualne zakłócenia, w tym przydźwięk sieci 50Hz.

Właściwości całego układu są zależne w dużym stopniu od stabilności cieplnej i napięciowej układu logarytmującego oraz od wypadkowego wzmocnienia obu stopni wzmacniacza (przy podanych wartościach wzmocnienie to przekracza 1000x). Od wzmocnienia zależy czułość układu, czyli wielkość zmian częstotliwości od zmian rezystancji skóry.

W modelu zastosowano podane w spisie wartości R5...R8, jednak użytkownik przyrządu może dowolnie zmieniać czułość, zmieniając wartość jednakowych rezystorów R5 i R7 w zakresie 2,2kΩ...100kΩ.

Montaż i uruchomienie

Układ z rysunku 2 można zmontować na niewielkiej płytce pokazanej na rysunku 4. Montaż jest klasyczny. Należy zacząć od elementów biernych, potem wlutować diody, tranzystory, wykonać połączenia przewodowe, a na koniec wlutować lub włożyć w podstawki układy scalone.



Rys. 4. Schemat montażowy

Układ zmontowany bezbłędnie ze sprawnych elementów będzie pracował od razu.

Elektrody dołączone do punktów A, B należy wziąć do ręki i pokręcać PR1, by uzyskać w głośniku częstotliwość mniej więcej w "połowie zakresu". To wszystko! Potem zmiany rezystancji skóry będą powodować zmiany częstotliwości.

W razie kłopotów należy przede wszystkim sprawdzić, czy pracuje układ 4046. Przy zmianach napięcia na nóżce 9 U2 w pełnym zakresie napięcia zasilania, częstotliwość powinna zmieniać się w bardzo szerokim zakresie. Gdy układ U2 pracuje poprawnie, a napięcie na jego nóżce 9 jest bliskie masy lub plusa zasilania we wszystkich położeniach suwaka PR1, należy do punktów A, B dołączyć rezystor 22...100kΩ udający skórę. Następ-

nie trzeba dołączyć mili- lub mikroamperomierz równolegle do diody D1 i pokręcając suwakiem PR1 sprawdzić, czy prąd zmienia się w szerokich granicach (kilka dekad). Jeśli nie, przyczyna leży w obwodach źródła prądowego. Jeśli prąd się zmienia, przyczyna najprawdopodobniej leży w stopniu wzmacniająca.

Pomiary modelu wykazały, że przy napięciu zasilania 9V z rezystorem R10 o wartości 39Ω pobór prądu wynosił 40mA. Ze względu na niezbyt duży pobór prądu, urządzenie może być zasilane z baterii o napięciu minimum 7V. Jednak napięcie baterii o niewielkiej pojemności może znacząco zmieniać się w czasie jednej "sesji", powodując zmiany częstotliwości, nie wynikające ze zmian rezystancji skóry. Dlatego należy raczej stosować do zasilania albo akumulator o pojemności minimum 1Ah, albo stabilizowany zasilacz sieciowy spełniający wymagania określone przepisami państwowymi (dotyczącymi wymagań na sprzęt elektroniczny, mający bezpośredni kontakt z organizmem ludzkim).

Możliwości zmian

Urządzenie zbudowane według zamieszczonego opisu powinno dobrze pełnić swą funkcję. Użytkownik może jednak dostosować jego działanie do indywidualnych upodobań i potrzeb.

Przede wszystkim może zmieniać zakres częstotliwości generatora. Częstotliwość maksymalną ustala się za pomocą elementów R9, C4. Potem można też skorygować częstotliwość minimalną dobierając R12.

Pobór prądu i głośność sygnału można regulować zmieniając R10 w zakresie 10...200Ω.

Czułość można regulować, zmieniając jednocześnie R5 i R7 w podanym wcześniej zakresie.

Zakres zmian prądu źródła prądowego jest zależny od wartości R1 - czym większa wartość R1, tym mniejszy zakres zmian. Z kolei re-

zystor R2 pozwala dobrać "średni prąd" źródła prądowego.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Wykaz elementów

Rezystory

R1:	.....	22kΩ
R2:	.....	2,2kΩ
R3:	.....	220Ω
R4, R11:	.....	3,3kΩ
R5, R7, R9:	.....	27kΩ
R6, R8:	.....	1MΩ
R10:	.....	33...47Ω
R12:	.....	10MΩ
PR1:	.....	potencjometr 10kA

Kondensatory

C1:	.....	220nF
C2, C3:	.....	470nF
C4:	.....	10nF
C5, C6:	.....	100μF/16V

Półprzewodniki

D1, D2:	.....	1N4001
U2:	.....	4046
D3:	.....	LED zielona
T1-T3:	.....	BC548B
T4:	.....	BC558B
U1:	.....	TL062 (TL072, TL082)

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2369