

Prosty stymulator układu nerwowego z podwójnym wyjściem

Urządzenia związane z medycyną opisujemy stosunkowo rzadko. Wynika to głównie z niezbyt precyzyjnych danych dokumentujących ich wpływ na zdrowie ludzi. Prosty stymulator układu nerwowego, który przedstawiamy w tym numerze EP jest konstrukcją sprawdzoną przez autora, który odnotował dobre efekty jego pracy. Nie oznacza to, że potrafi w pełni zastąpić lekarza!

Uważa się, że blisko 70% osób cierpiących na ból odczuwa ulgę dzięki zastosowaniu stymulatorów układu nerwowego. Proponowany układ elektronicznego stymulatora jest znacznie tańszy od typowych rozwiązań dostępnych na rynku.

Dzięki zastosowaniu podwójnego wyjścia możliwa jest terapia większych lub głębiej zlokalizowanych ognisk bólu.

Przed wykonaniem i rozpoczęciem stosowania tego układu należy zapoznać się z ostrzeżeniami autora.

Prezentowany stymulator jest elektronicznym urządzeniem uśmierzającym ból. Wysyła on krótkie impulsy prądowe przez elektrody znajdujące się na powierzchni ciała. Impulsy te oddziałują na znajdujące się głębiej nerwy. Może to przynieść ulgę osobie odczuwającej ból w stopniu zbliżonym do uzyskiwanego przy stosowaniu farmakologicznych środków uśmierzających, nie powodując niekorzystnych skutków ubocznych.

Zdania w kwestii zasady działania stymulacji są podzielone, ale znajdująca najwięcej poparcia teoria głosi, że powoduje ona blokowanie transmisji informacji o bólu przez system nerwowy.

Według innej teorii impulsy prądowe powodują lokalne wydzielanie związków uśmierzających ból, zbliżonych do pochodnych opium, ale nie powodujących skutków ubocznych.

Stymulacja uznana raz za alternatywną metodę leczenia bólu została zaakceptowana przez medycynę ortodoksyjną, a w prasie pojawia się wiele ofert sprzedaży stymulatorów. Są one na tyle kosztowne, że warto zająć się skonstruowaniem takiego urządzenia we własnym zakresie.

Dostępne w handlu stymulatory wyposażone są w transformatory podnoszące napięcie wyjściowe do żądanego poziomu. Twórcy niniejszego projektu nie udało się jednak znaleźć w ofertach transformatora, który nadawałby się do wykorzystania, zastosowano więc inne rozwiązanie zapewniające uzyskanie podwyższonego napięcia.

W prezentowanych poprzednio projektach użyto pomp diodowych, jednak przy instalowaniu płytki w małych obudowach powodowało to konieczność pionowego montażu diod, co nie było szczególnie wygodne. Poprzednie projekty dotyczyły prostej i rozszerzonej wersji stymulatora, wyposażonej w regulację czasu trwania i częstotliwości impulsów prądowych. Doświadczenie wykazało, że regulacje te nie są niezbędne, należy natomiast dysponować możliwością regulacji amplitudy napięcia wyjściowego oraz pracy przerywanej, co jest przydatne przy dłuższych sesjach terapeutycznych, a także w sytuacjach, gdy przynoszona ulga jest coraz mniej odczuwalna ze względu na przyzwyczajenie organizmu do ciągłej stymulacji.

Twórca projektu dwukrotnie pożyczyl stymulator w wersji prostej swym przyjaciółom, któ-

Uwaga!

Osoby używające stymulatora serca nie mogą stosować prezentowanego urządzenia, zwłaszcza w przypadku stymulatora serca działającego "na żądanie", ponieważ mógłby on interpretować impulsy pochodzące ze stymulatora układu nerwowego jako impulsy z serca.

Elektrody stymulatora układu nerwowego nie mogą być zakładane w taki sposób, by prądy przepływały przez serce, np. na obie ręce. Należy o tym pamiętać zwłaszcza w sytuacji, gdy wykorzystywane są oba wyjścia.

Elektrod nie wolno zakładać na szyi w okolicy tętnic szyjnych, ponieważ stymulacja może zakłócić działanie znajdujących się tam baroreceptorów, sterujących ciśnieniem krwi i akcją oddechową.

W żadnym przypadku prądy pochodzące ze stymulatora nie powinny przepływać przez mózg - urządzenia nie wolno stosować w przypadku bólów głowy.

W przypadku uporczywego bólu należy udać się do lekarza. Stymulator nie leczy, a jedynie uśmierza ból (objawy). W przypadku jakichkolwiek wątpliwości należy skontaktować się z lekarzem.

rzy przeszli skomplikowane operacje kręgosłupa. W obu przypadkach uzyskano doskonałe rezultaty.

W prezentowanym układzie podwyższone napięcie uzyskuje się dzięki zastosowaniu przetwornika z kluczkowaniem. Napięcie wyjściowe jest regulowane przez proste układy astabilne i monostabilne, łatwe do zrozumienia i ewentualnej naprawy.

Podwójne wyjście pozwala na stymulację większych lub głębiej położonych obszarów bólu.

Opis układu

Schemat ideowy stymulatora przedstawia rys.1. Krótka informacja dla Czytelników nie znających zasady działania kluczkowanych przetworników: polega ono na okresowym podawaniu napięcia zasilania na cewkę (L1), przez którą zaczyna płynąć coraz większy prąd, po czym obwód jest przerywany, a powstały w wyniku skok napięcia ładuje kondensator.

Układ objęty jest pętlą sprzężenia - gdy osiągnięte zostaje żądane napięcie, prąd cewki jest ograniczany. Bramki Schmitta IC1c i IC1d tworzą układ astabilny pracujący z częstotliwością około 65kHz. IC1a i IC1b stanowią elementy buforowe i sterujące bramkę tranzystora TR2 typu MOSFET z kanałem n, który przełącza napięcie zasilania w obwodzie zawierającym cewkę L1.

Gdy zamknięty jest obwód zawierający cewkę, natężenie przepływającego przez nią prądu narasta do około 150mA, co mieści się w możliwościach tranzystora TR2. Gdy tranzystor ten zostaje wyłączony, energia zgromadzona w polu cewki przekazywana jest przez diodę D3 do kondensatora C3.

Gdy napięcie panujące na kondensatorze osiąga 80V, diody Zenera D1 i D2 zaczynają przewodzić, polaryzując bazę tranzystora TR1. Tranzystor ten zostaje włączony i zwiera do masy wyprzewodzenie 13 bramki IC1d, blokując generator i ograniczając dalsze

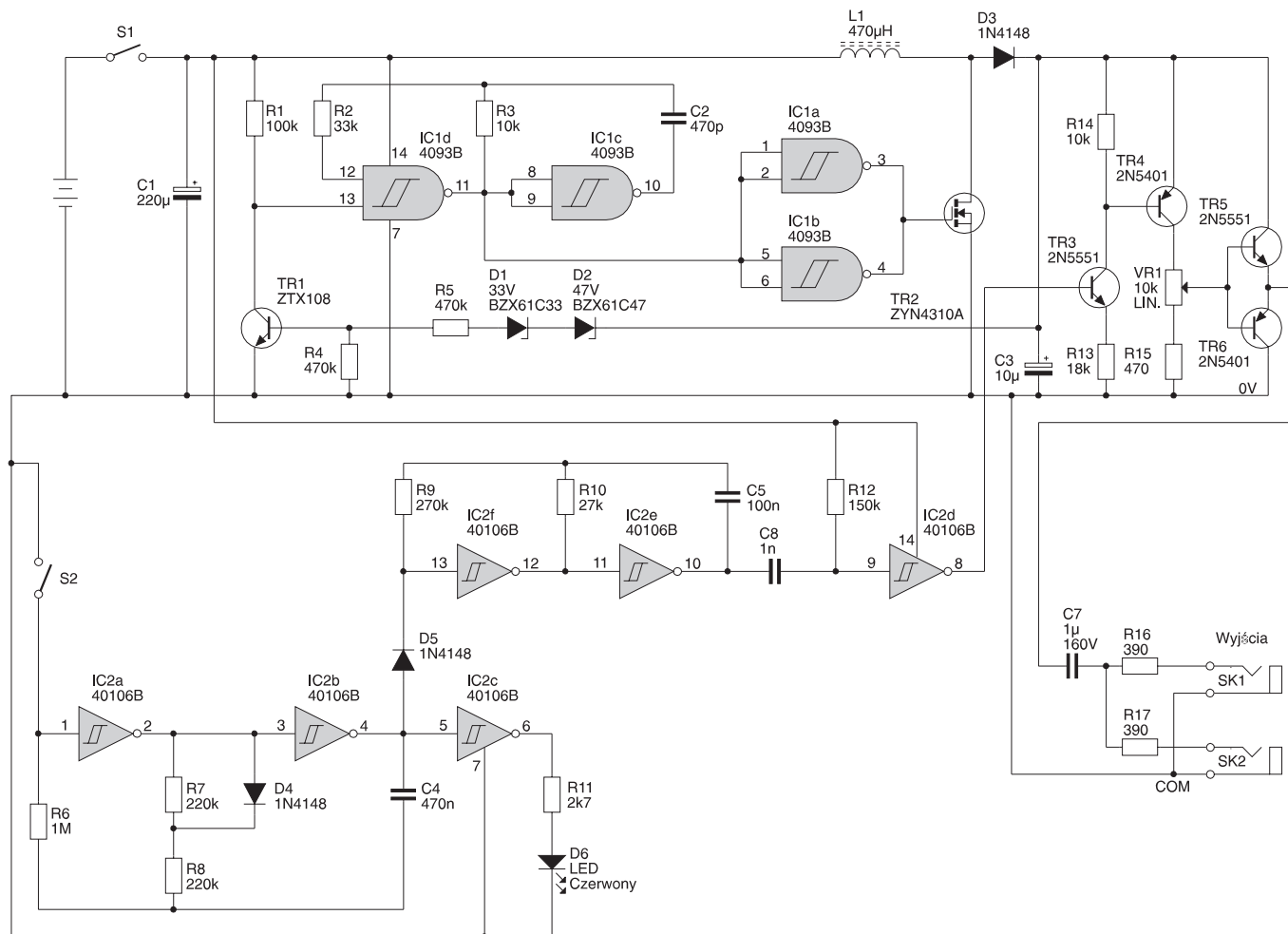
narastanie napięcia wyjściowego. Ponieważ kolejne bramki układu odwracają poziom, na bramce TR2 pojawia się stan niski, powodujący zatkanie tego tranzystora. Zastosowanie układu 4093B - bramek Schmitta - zapewnia „czyste” przełączanie.

Opisany prosty układ podwyższenia napięcia pozwala na uzyskanie źródła napięcia 80V o obciążalności kilku mA przy zasilaniu z baterii o napięciu 6V, co upraszcza zasilanie urządzenia.

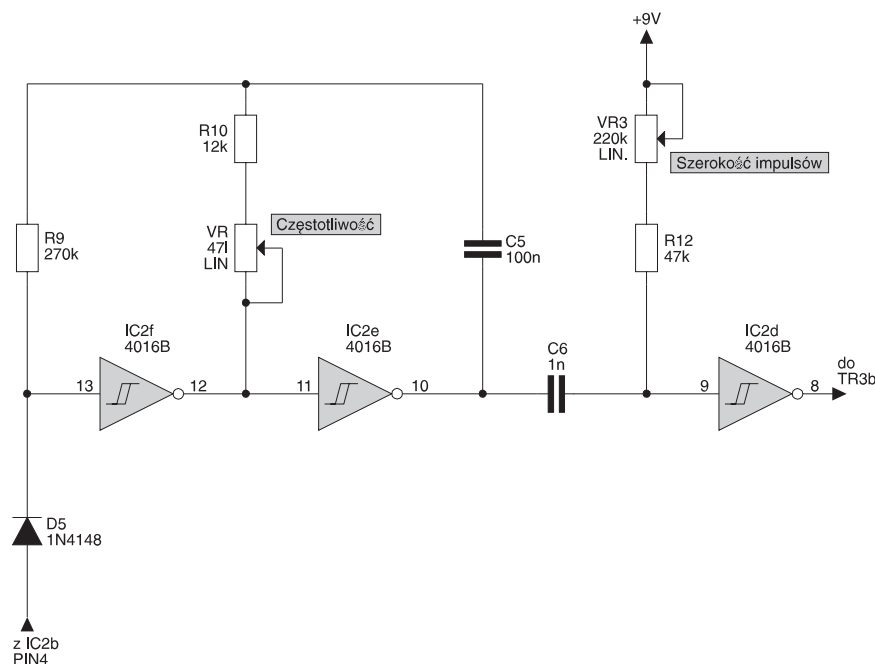
Generacja impulsów

Generator impulsów zbudowany jest z użyciem sześciu inwerterów Schmitta, mieszczących się w układzie CMOS 40106 (IC2).

Układ „napędza” generator astabilny z inwerterami IC2e i IC2f, działający z częstotliwością około 120Hz w okresach, gdy dioda D5 jest spolaryzowana zaporowo. Sygnał wyjściowy tego generatora jest różniczkowany przez elementy C6 i R12, a następnie podawany na inwerter IC2d. W efekcie



Rys. 1. Schemat blokowy stymulatora z podwójnym wyjściem.



Rys. 2. Modyfikacje układu umożliwiające eksperymentowanie z szerokością i częstotliwością impulsu.

na wyprowadzeniu 8 układu IC2 pojawiają się dodatkowe impulsy o czasie trwania około 130ms. Odpowiada to ciągłemu trybowi pracy urządzenia.

Jeśli przełącznik S2 jest otwarty, drugi układ astabilny, zbudowany na inwerterach IC2a i IC2b generuje sygnał o częstotliwości około 2Hz. W okresach, gdy poziom na wyjściu IC2b jest wysoki, dioda D5 przewodzi i blokuje pierwszy generator (z elementami IC2f i IC2e). Rezystory R7 i R8 oraz dioda D4 ustalają współczynnik wypełnienia przebiegu z drugiego generatora około 1/3. Sygnał na wyjściu stymulatora jest wtedy obecny przez około 1/3 okresu sygnału 2Hz - jest to przerywany tryb pracy stymulatora.

Jeśli przełącznik S2 jest stale zamknięty, stan na wyjściu IC2b pozostaje niski, a dioda D5 - spolaryzowana zaporowo. Inwerter IC2c wysterowuje diodę LED D3, która świeci w sposób ciągły w trybie pracy ciągłej, gaśnie zaś i zapala się w trybie pracy przerywanej.

Zrozumienie zasady działania tej części układu powinno być łatwiejsze niż w przypadku bloków poprzednich. Ułatwi to konstruktorom wprowadzenie zmian układu zaproponowanych na rys.2 i eksperymenty z szerokością impulsów i ich częstotliwością.

Rezystor R10 określa częstotliwość, a zastąpienie go szeregowym połączeniem rezystora 12kΩ i potencjometru 47kΩ pozwoli na regulację częstotliwości w zakresie od 50Hz do 270Hz. Rezystor R12 określa szerokość impulsu, a zastąpienie go szeregowym połączeniem rezystora 47kΩ i potencjometru 220kΩ pozwoli na regulację szerokości impulsu w zakresie od 40ms do 230ms.

Regulacja szerokości impulsu powinna być liniowa, natomiast regulacja częstotliwości liniowa nie jest, co w niczym nie umniejsza jej przydatności. Podane wyżej wartości stanowią wyniki obliczeń, w praktyce dobór wartości elementów wymagał będzie kilku eksperymentów.

Układ wyjściowy

Stopień wyjściowy jest podobny do zastosowanego w poprzednich wersjach stymulatorów, zbudowany na tranzystorach 2N5551 i 2N5401, przez które płyną impulsy prądu ze źródła podwyższonego napięcia. Jeśli na wyjściu układu IC2d panuje stan wysoki, na bazę tranzystora TR3 podawane jest napięcie 9V. Znaczna część tego napięcia pojawia się na emiterze tego tranzystora, powodując przewodzenie tranzystorów TR3 i TR4, w efekcie czego podwyższone napięcie 80V podawane jest na potencjometr regu-

lacji amplitudy VR1. Część tego napięcia pochodząca z suwaka potencjometru steruje bazy wtórników z tranzystorami TR5 i TR6, zapewniając odpowiednie natężenie prądu wyjściowego.

Kondensator C7 zapewnia zerową wartość składowej stałej prądu wyjściowego i zapobiega polaryzacji elektrod, a także pojawieniu się na wyjściu napięcia stałego w przypadku uszkodzenia układu.

Układ wyjściowy może pracować z dwiema parami elektrod, a więc gniazda wyjściowe SK1 i SK2 połączone są równolegle. Rezystory szeregowo R16 i R17 zapobiegają uszkodzeniom grożącym w przypadku zwarcia elektrod, a także poprawiają symetrię rozptywu prądów w przypadku wykorzystywania pary elektrod.

Wykonanie

Zakładając, że układ zostanie umieszczony w obudowie zaproponowanej w wykazie elementów, należy rozpocząć od sprawdzenia, czy płytkę można zamocować do kołków wystających z dolnej części obudowy.

Otwór pod osłonek potencjometru VR1 wykonać wykorzystując jako szablon płytkę układu. Zaznaczyć i wywiercić w pokrywie obudowy otwory pod gniazda wyjściowe i diodę LED. Przełączniki suwakowe S1 i S2 zamontować w otworach wykonanych w bocznej ścianie dolnej części obudowy. Płytkę drukowaną została wykonana w taki sposób, by od strony przełączników ni znajdowały się na niej żadne inne elementy (patrz zdjęcia).

Mozaika ścieżek druku oraz schemat rozmieszczenia elementów przedstawione są na rys.3.

Montaż elementów przebiegać powinien w kolejności od najniższych do najwyższych, tj. poczynając od diod i rezystorów przez podstawki pod układy scalone na dużych kondensatorach kończąc. Elementy IC1, IC2 i TR2 nie będą na tym etapie montowane.

Bardzo starannie należy montować podzespoły tworzące konwerter napięcia, ponieważ niewłaściwie wykonane i działające kluczowane układy zasilające zazwyczaj ulegają uszkodzeniu, co bardzo utrudnia znalezienie błę-

du. Choć zastosowany tutaj zasilacz z kluczkowaniem należy do najprostszych, dobrze byłoby zapewnić jego poprawne działanie od samego początku.

Potencjometr regulacji amplitudy VR1 mocowany jest do płytki tak, by przez otwór w obudowie wystawał niewielki fragment osi wystarczający do zamocowania podkładek i pokrętki. Najlepiej jest przylutować do wyprowadzeń potencjometru krótkie odcinki drutu, przeprowadzić je przez otwory w płytce i przylutować do płytki dopiero po dokręceniu nakrętki. Taki montaż pozwala na użycie małego pokrętki i uniknięcie obecności nakrętki na pokrywie obudowy.

Ze względów bezpieczeństwa napięcia znamionowe kondensatora C7 powinno wynosić co najmniej 160V. W prototypie zastosowano łatwo dostępny kondensator polipropylenowy, ale można także użyć kondensator poliestrowy. W płytce wykonano większą liczbę otworów pod ten kondensator, co ułatwi jego wlutowanie.

Niektóre osoby realizujące poprzednie projekty sygnalizowały trudności z określeniem wyprowadzeń tranzystorów. W razie wątpliwości należy używając ommierza przeprowadzić prosty test - tranzystor w uproszczeniu stanowi połączenie dwóch diod, przy czym w przypadku tranzystora npn baza stanowi połączenie anod, natomiast w przypadku tranzystora pnp - katod.

Jakkolwiek układ zasilany jest napięciem 9V, podczas uruchamiania należy pamiętać o obecności w układzie napięcia 80V. Wprawdzie niebezpieczeństwo porażenia jest znikome, będzie to raczej połaskotanie, ale ładunek zgromadzony w kondensatorze C3 w przypadku przypadkowego zwarcia wyprowadzenia C3 z innymi elementami może spowodować uszkodzenie ich - należy więc unikać zwarcia. W przypadku układów IC1, IC2 i tranzystora TR2 należy zachować środki ostrożności właściwe w przypadku elementów CMOS.

Po zakończeniu montażu należy podłączyć do płytki przewody zasilające, łączące z gniazdami

wyjściowymi, przełącznikiem S2 oraz diodą LED. Wstawić układ IC2 w podstawkę, wlutować diodę LED i włączyć zasilanie. Dioda LED powinna zapalać się i gasnąć, sygnalizując przerywany tryb pracy urządzenia.

Wykazujący w tym przypadku tętnienia prąd zasilania nie powinien przekraczać 2,5mA. Zwarcie przewodów przełącznika S2 powinno towarzyszyć stałe świecenie diody LED, a prąd zasilacza powinien ustabilizować się na poziomie 2,5mA.

W takiej konfiguracji napięcia średnie na wyprowadzeniach 10 i 12 układu IC2 powinny wynosić około połowy napięcia zasilania. W rzeczywistości napięcia w tych punktach oscylują między napięciem zasilania a masą z częstotliwością około 120Hz. Napięcie średnie na wyprowadzeniu 8 może być trudne do zmierzenia, ponieważ występujące tam impulsy są wąskie.

Następnie należy wstawić w podstawkę układ IC1. W sytuacji, gdy w układzie nie ma jeszcze tranzystora TR2, diody Zenera nie będą przewodzić, tranzystor TR1 pozostanie zatkany, a generator z bramkami IC2e i IC2f będzie działał. Napięcia średnie na wyprowadzeniach 3, 4, 10 i 11 układu IC1 wyniosą więc około połowy napięcia zasilania (częstotliwość przebiegu jest równa około 65kHz).

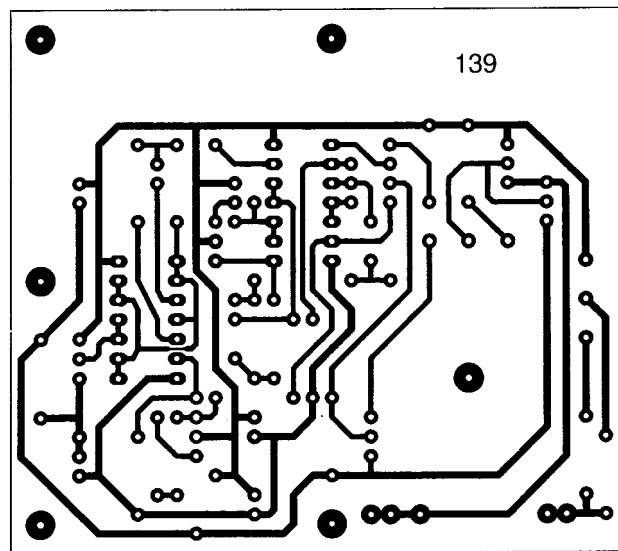
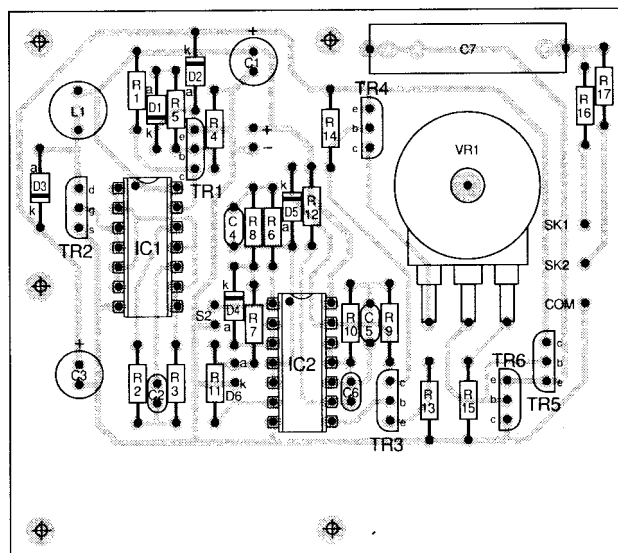
Jeśli układ zachowuje się w wyżej opisany sposób, można wlutować tranzystor TR2. Płytkę należy ponownie zasilić, podłączając woltomierz do katody

diody D2, gdzie powinno pojawić się napięcie 80V.

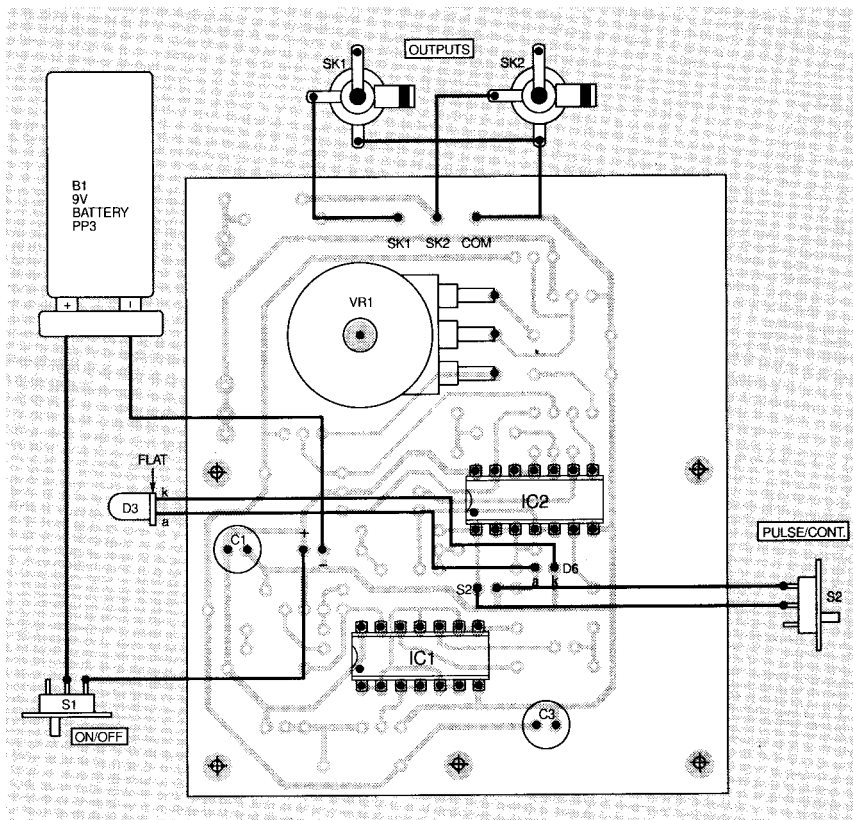
Montaż końcowy

Pozostaje zamocowanie płytki w obudowie, podłączenie przełączników, gniazd wyjściowych i diody LED, zgodnie z rys.4. Można użyć obudowy dowolnego typu, ale zaproponowana w wykazie elementów posiada przegródkę na baterię, co ułatwia jej wymianę.

Można także wyposażyć obudowę w klips umożliwiające noszenie stymulatora na pasku. Aby ograniczyć możliwość przypadkowej zmiany nastawy potencjometru VR1, pokrętko zastosowane w prototypie było bardzo płaskie.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów i widok płytki drukowanej.



Rys. 4. Widok połączeń zewnętrznych.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(metalizowane 0.6W, 1%)

- R1: 100kΩ
- R2: 33kΩ
- R3, R14: 10kΩ
- R4, R5: 470kΩ
- R6: 1MΩ
- R7, R8: 220kΩ
- R9: 270kΩ
- R10: 27kΩ
- R11: 2,7kΩ
- R12: 150kΩ
- R13: 18kΩ
- R15: 470Ω
- R16, R17: 390Ω

VR1: 10kΩ obrotowy, węglowy, liniowy

Kondensatory

- C1: 220μF/16V, wyprowadzenia jednostronne
- C2: 470pF, ceramiczny
- C3: 10μF/100V, wyprowadzenia jednostronne
- C4: 470nF, ceramiczny
- C5: 100nF, ceramiczny
- C6: 1nF, ceramiczny
- C7: 1μF/250V, poliestrowy

Półprzewodniki

- D1: BZX61C33 (dioda Zenera)
- D2: BZX61C47 (dioda Zenera)
- D3, D4, D5: 1N4148
- D6: dioda LED 3mm, o niskim poborze prądu
- TR1: ZTX108
- TR2: ZVN4310A (MOSFET, kanał n)
- TR3, TR5: 2N5551
- TR4, TR6: 2N5401
- IC1: 4093B
- IC2: 40106B

Różne

- L1: miniaturowy dławik z rdzeniem ferrytowym 470mH
- S1, S2: przełącznik dwubiegunowy dwupozycyjny
- SK1, SK2: gniazda jack mono 3,5mm
- PL1, PL2: wtyki jack mono 3,5mm
- B1: bateria 9V plus złączka obudowa z tworzywa sztucznego 145mmx85mmx34mm z przegródką na baterię, gniazda 14-nóżkowe 2 szt., bananki 2mm 4szt., elektrody (patrz tekst), płaskie pokrętło z tworzywa, cyna, przewody itp.

Elektrody

Elektrody można wykonać we własnym zakresie, wykorzystując w tym celu waciki i wodny roztwór soli. Nie należy dopuszczać do bezpośredniego kontaktu metalu ze skórą, ponieważ może to spowodować podrażnienia, nawet w przypadku prądów o niskich natężeniach.

Najlepszym rozwiązaniem jest kupno kilku samoprzylepnych elektrod, które zakłada się bardzo łatwo i można je używać wielokrotnie. Najbardziej odpowiednie są elektrody o wymiarach około 45x45mm, na ogół wyposażone w przewód z gniazdem 2mm.

Wykorzystywać można jedno lub oba wyjścia, przy czym korzystanie z dwóch przynosi lepsze efekty w przypadku stymulowania większych obszarów lub dwóch obszarów jednocześnie. Dla ułatwienia znajdowania właściwego miejsca przyłożenia elektrod można oznaczyć przewody kolorami.

Przed przystąpieniem do zakładania elektrod należy uważnie przeczytać ostrzeżenia znajdujące się w ramce (strona tytułowa). Na ogół elektrody przykłada się z obu

stron bolesnej okolicy. W przypadku bólu lędźwiowo-krzyżowego lub rwy kulszowej zalecane jest umieszczenie elektrod u podstawy pleców.

Chociaż nie należy umieszczać elektrod na czaszce, w przypadku nerwobólu nerwu trójdzielnego elektrody zakłada się po tej samej stronie głowy, jedną na wysokości tylnej części szczęki, drugą na wysokości ucha.

Elektrody **nie mogą zostać umieszczone tak, by prąd przepływał przez serce**, o czym należy pamiętać w przypadku równoczesnej stymulacji dwóch różnych obszarów. **Użytkownicy stymulatorów serca nie mogą używać prezentowanego urządzenia**, zwłaszcza jeśli stymulator serca pracuje „na żądanie“, ponieważ może on potraktować impulsy wysyłane przez stymulator układu nerwowego jak impulsy pochodzące z serca. **W przypadku jakichkolwiek wątpliwości należy bezwzględnie zasięgnąć opinii lekarza.**

Użytkowanie stymulatora

Stymulacja trwa zazwyczaj 20 do 30 minut, aczkolwiek jedna ze

znajomych twórcy projektu, oczekująca na operację z powodu bardzo silnych bólów kręgosłupa używała stymulatora niemal bez

przerw, nie stwierdzając żadnych niekorzystnych skutków ubocznych.

Należy założyć elektrody we właściwym miejscu i przed włączeniem ustawić na minimum potencjometr regulacji amplitudy. Następnie zwiększać amplitudę do poziomu, przy którym odczuwalne stanie się lekkie łaskotanie - oznacza to właściwy poziom stymulacji.

Po pewnym czasie organizm przyzwyczai się do prądu o takim natężeniu i uczucie łaskotania zniknie, a wtedy należy podnieść amplitudę do momentu powrotu łaskotania. Jeśli uczucie ulgi jest słabsze lub niezbędny jest dłuższy czas trwania stymulacji, korzystna może okazać się zmiana trybu pracy z ciągłego na impulsowy.

Średni pobór prądu urządzenia zależy od nastawy regulacji amplitudy i wynosi w typowych warunkach od 10mA do 20mA.

W przypadku dłuższego czasu trwania stymulacji należy do zasilania użyć akumulatorów NiCd lub zewnętrznego zestawu akumulatorów. **Ze względów bezpieczeństwa stymulatora nie wolno zasiląć z zasilacza sieciowego.**

Wyniki aktualnych badań medycznych wykazują, że około 70% użytkowników stymulatora odczuwa ulgę, aczkolwiek reakcje ze strony Czytelników na poprzednie dwa modele pozwalają przypuszczać, że odsetek ten jest nawet wyższy.

Na zakończenie należy podkreślić, że stymulator wyłącznie łagodzi objawy, nie lecząc żadnych schorzeń. **Każdy, kto cierpi na przewlekłe bóle występujące bez wyraźnej przyczyny, powinien zasięgnąć porady lekarza.**

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika „Everyday with Practical Electronics“.

Pomoc w domu

Czytelników dysponujących dostępem do Internetu na pewno ucieszy informacja o nowej stronie EPE WWW, zawierającej szersze informacje na temat wykorzystania stymulatora, które powinny pomóc w łagodzeniu bóli kregosłupa i innych.

Materiał ten został specjalnie przygotowany dla EPE przez Panią J.Kidson, krawca pracującą w ośrodku Anglo-European College of Chiropractic (AECC), w Bournemouth w Anglii. Redakcja EPE jest bardzo zobowiązana wszystkim zaangażowanym w tę pomoc osobom, w szczególności Pani Kidson i Doktorowi H.Thiel z AECC.

Dalsze szczegóły znaleźć można na naszej stronie internetowej <http://www.epemag.wimborne.co.uk/index.htm>, gdzie podany jest również sposób dostępu do stron AECC oraz EPE TENS.