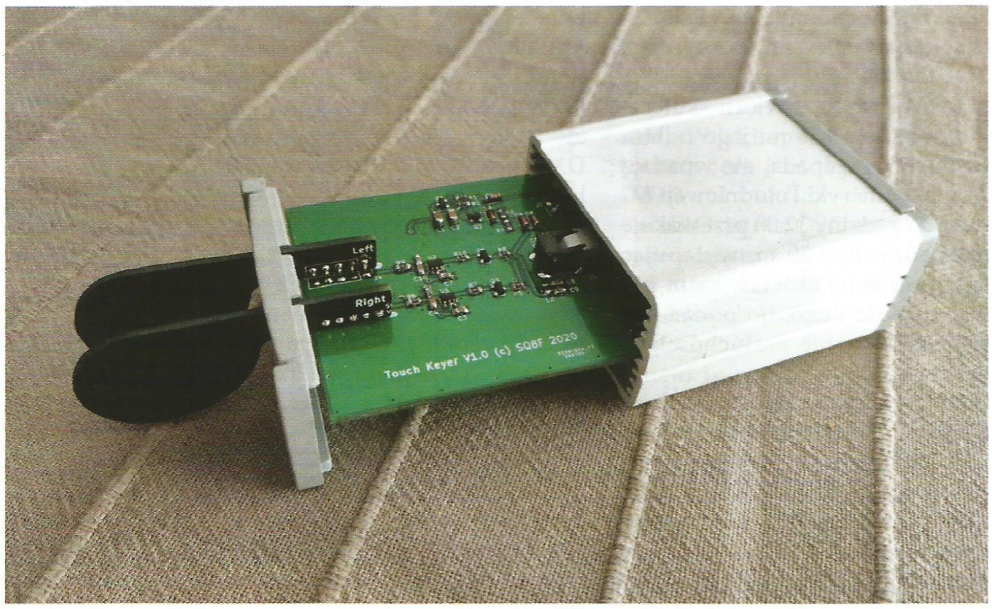
Manipulator telegraficzny do klucza automatycznego

Manipulator dotykowy CW



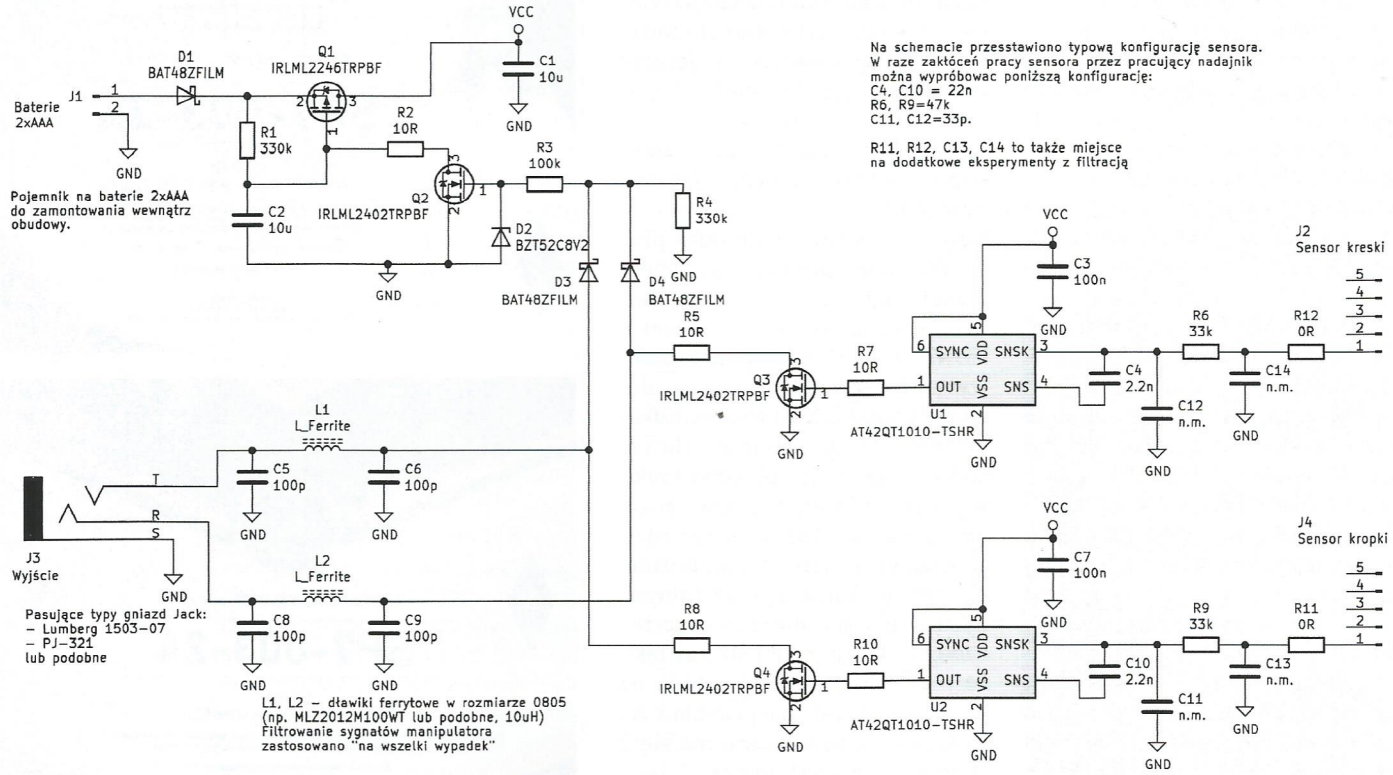
Ostatnie lata krótkofalarstwa można z pewnością podsumować jako czas rozwoju emisji cyfrowych. Dotyczy to zarówno fal krótkich, jak i UKF-u. Jednocześnie duża liczba operatorów zwraca się w kierunku najbardziej klasycznej emisji – telegrafii. Przeżywa ona swój renesans jako najbardziej skuteczna emisja, do której odbioru i nadawania nie ma konieczności używania komputera.

Pierwszym krokiem jest oczywiście opanowanie odbioru alfabetu Morse'a. Kolejnym jest nauka nadawania i doskonalenie umiejętności podczas pracy na pasmach. Tutaj mamy, nie wchodząc w szczegóły, w zasadzie dwie opcje – klasyczny klucz sztorcowy lub manipulator do klucza automatycznego. Obydwa rozwiązania mają wady i zalety, zwolenników i przeciwników. Mają także jedną cechę wspólną – dobrej jakości klucz sztorcowy lub manipulator wymaga precyzyjnych rozwiązań mechanicznych. Niestety pociąga to za sobą wysoką cenę tych urządzeń lub duży nakład pracy i konieczność posiadania wyspecjalizowanych narzędzi w przypadku domowych konstruktorów. Jeżeli spróbujemy rozwiązać niektóre problemy konstrukcyjne na drodze elektronicznej, to możemy w znacznym stopniu uprościć konstrukcję, wciąż zachowując pełną funkcjonalność sprzętu.

Przedstawiony projekt jest właśnie próbą konstrukcji manipulatora dwudźwigniowego na drodze elektronicznej. Z pewnością przypadnie on do gustu amatorom, dla których prace mechaniczne są udręką, a nie chcą oni kupować gotowego klucza.

Opis konstrukcji

Zasada działania manipulatora opiera się na pracy czujników dotykowych, wykrywających zbliżenie palca do łopatki. Zasada działania czujników bazuje na pomiarze pojemności elektrod pomiarowych umieszczonych na łopatkach manipulatora. Pojemność ta tworzy



Rys. 1. Schemat ideowy manipulatora

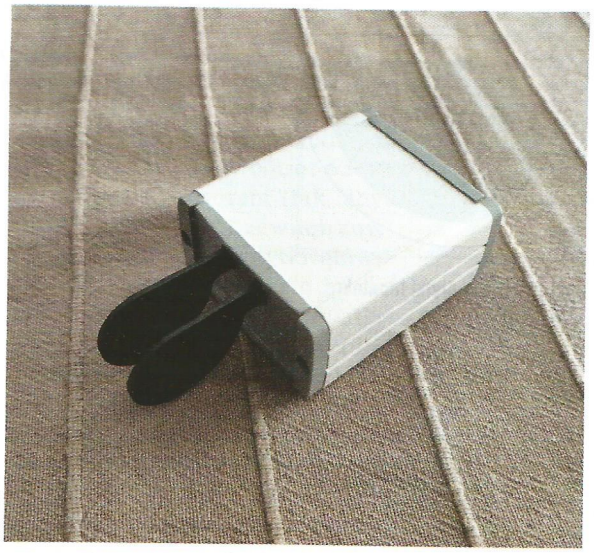
się między elektrodą poprzez jej otoczenie i zamyka się do masy urządzenia. W oddaleniu od elektrody pole elektryczne jest rozproszone, więc z dala od niej bardzo trudno jest wpłynąć na znaczącą zmianę pojemności. Zbliżenie palca do elektrody jest natomiast stosunkowo łatwe do rozpoznania, gdyż poprzez zmianę przenikalności elektrycznej ośrodka (a także sprzęganą pojemnością pochodzącą od ciała) następuje znacząca zmiana pojemności. Do rozwiązania pozostają problemy ze stanem wilgotności powietrza, obecnością zanieczyszczeń na elektrodzie oraz dokładnością, starzeniem i stabilnością temperaturową podzespołów samego czujnika. Wpływ tych zjawisk niwelowany jest na drodze algorytmicznej przez logikę detektora. Sam detektor może być zrealizowany w oparciu o specjalizowany układ scalony lub mikrokontroler z odpowiednim oprogramowaniem.

Sama idea wykorzystania sensorów dotykowych jako manipulatora telegraficznego nie jest nowa. Opisy tego typu konstrukcji można znaleźć w literaturze krótkofalarskiej i Internecie. Wspólną cechą tych rozwiązań jest niedogodność polegająca na zewnętrznym zasilaniu urządzenia lub koniecznością wyłączania go w celu przedłużenia pracy wbudowanych baterii. W prezentowanym rozwiązaniu zastosowano bardziej rozbudowany układ zasilania, pozwalający w dużym stopniu wyeliminować te wady. Schemat ideowy manipulatora przestawiono na **rysunku 1**. Patrząc od strony zasilania, obwód rozpoczyna się diodą D1, zabezpieczającą przed odwrotnym włożeniem baterii do koszyka. Następnie napięcie zasilające kierowane jest do obwodu włączenia zasilania, którego głównym kluczem jest tranzystor Q1. W stanie spoczynku kondensator C2 zostaje naładowany poprzez R1 do napięcia baterii i Q1 pozostaje wyłączony.

Włączenie zasilania realizowane jest automatycznie. Po podłączeniu manipulatora do transceivera na liniach sygnałowych złącza jack pojawia się napięcie. Dzieje się tak dlatego, że tradycyjne manipulatory działają na zasadzie zwierania linii sygnałów kreski i kropki do masy. Wewnątrz radiostacji linie te podciągane są przez rezystory do pewnego napięcia dodatniego. Wielkość tego napięcia zależna jest od konstrukcji transceivera. Może się ona wahać od 3,3 V dla najnowszych konstrukcji, nawet do pełnego napięcia zasilania transceivera (12–14 V) w przypadku starszych modeli. Napięcia z każdej linii są kierowane do tranzystora Q2 poprzez układ logicznej sumy zrealizowany na diodach D3 i D4. Rezystor R4 ustala napięcie na poziomie masy w sytuacji, gdy manipulator jest odłączony. Jego wartość jest na tyle duża, aby w trakcie normalnej pracy nie wyzwolić sygnałów kreski i kropki. Rezystor R3 i dioda Zenera D2 pozwalają na dołączenie manipulatora do urządzeń, w których napięcie na liniach jest wyższe niż maksymalne napięcie bramka–źródło tranzystora, zabezpieczając Q2 przed uszkodzeniem.

Pojawienie się napięcia na bramce Q2 powoduje jego otwarcie i zwarcie do masy poprzez R2 bramki tranzystora Q1. Powoduje to włączenie się tranzystora Q1 i zasilenie pozostałej części układu manipulatora. Równocześnie rozładowany zostaje kondensator C2, realizujący wraz z R1 stałą czasową podtrzymania zasilania. Wyłączenie zasilania następuje po około 4 s od zaniku napięć na obydwu liniach. Może się to zdarzyć tylko w dwóch przypadkach: wyłączenie transceivera (na czym nam zależy) lub jednoczesne trzymanie obydwu łopatek manipulatora (naprzemienne nadawanie kropek i kresek). W praktyce operatorskiej druga sytuacja występuje, ale nie trwa dłużej niż cztery sekundy, nawet dla bardzo małych prędkości kluczowania. Wystarczy tylko krótkotrwałe zwolnienie jednej z łopatek, aby C2 został ponownie rozładowany i czas opóźnienia był wyzerowany. Wyłączanie zasilania w czasie, gdy nie korzystamy z radiostacji, pozwala na znaczne przedłużenie czasu pracy na jednym komplecie baterii. Podczas pracy układ pobiera około 1 mA, natomiast po wyłączeniu pobór prądu spada poniżej 1 μA (tylko prąd upływu C2 i Q1). Zakładając pojemność baterii AAA rzędu 1000 mAh, daje to około roku przy korzystaniu z radiostacji trzy godziny dziennie.

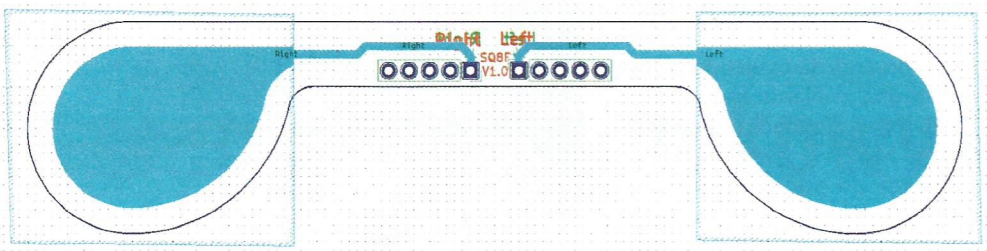
Detekcja dotknięcia łopatek realizowana jest niezależnie przez układy U1 i U2. Są to układy AT42QT1010, produkowane przez firmę Microchip (przejęte wraz z właścicielem, firmą Atmel). Aplikacja układu nie odbiega zbytnio od sugerowanej w dokumentacji producenta. Obydwa detektory są



zbudowane identycznie, więc zostanie opisany tylko jeden z nich. Detektor skonfigurowano do szybkiego trybu pracy, co oznacza czas detekcji dotknięcia na poziomie 1 ms. Dołączenie sensora zrealizowano za pomocą kątowych listw kołkowych (tzw. goldpin). Aby ograniczyć pojemności pasożytnicze, wykorzystano tylko jeden pin złącza, pozostałe cztery traktując wyłącznie jako mocowanie mechaniczne.

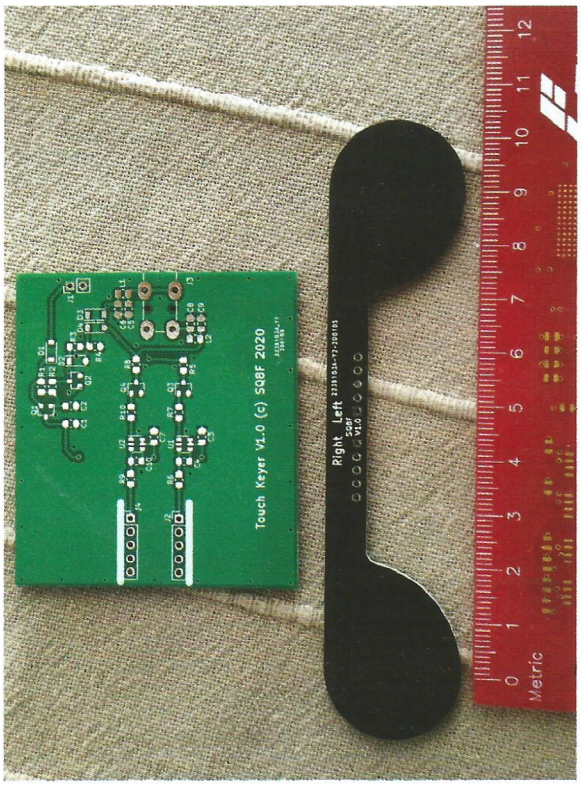
Spis elementów:

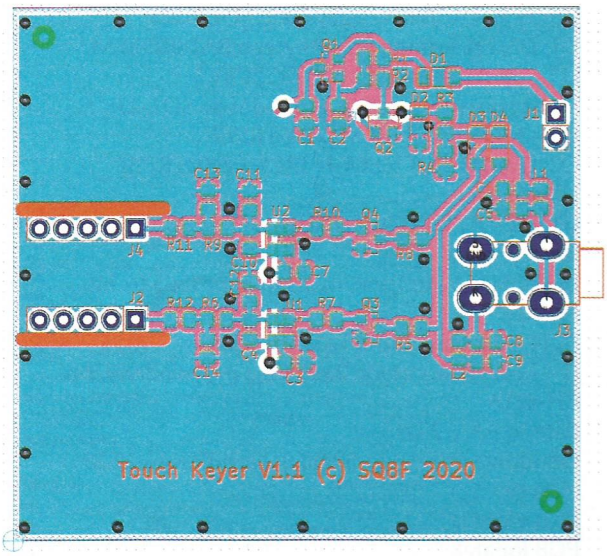
Kondensatory (wszystkie w obudowie 0805):
C4, C10 – 4 nF
C5, C6, C8, C9 – 100 pF
C3, C7 – 100 nF
C1, C2 – 10 μF / 10 V
Rezystory (wszystkie w obudowie 0805):
R11, R12 – 0 (zwora)
R1, R4 – 330 kΩ
R2, R5, R7, R8, R10 – 10 Ω
R6, R9 – 33 kΩ
R3 – 100 kΩ
Dławiki (wszystkie w obudowie 0805):
L1, L2 – dławik ferrytowy 10 μH, np. MLZ2012M100WT
Diody (wszystkie w obudowie SOD-123):
D1, D3, D4 – dioda Schottky'ego BAT48ZFILM
D2 – dioda Zenera 8,2 V BZT52C8V2
Tranzystory (wszystkie w obudowie SOT-23):
Q1 – MOSFET-P IRLML2246TRPBF
Q2, Q3, Q4 – MOSFET-N IRLML2402TRPBF
Układy scalone:
U1, U2 – AT42QT1010-TSHR
Inne:
J3 – gniazdo minijack, np. Lumberg 1503-07 lub PJ-321
J2, J4 – listwa goldpin kątowa, 5 pinów
J1 – koszyk na baterie 2×AAA, z przewodami, np. BH-421A
Baterie AAA, 2 szt.
Obudowa TEKAL 11.30 (biała) lub TEKAL 11.29 (czarna)
PCB główna
PCB łopatek



Rys. 2. Projekt płytki łopatek

Wartość kondensatora C4 wpływa na czułość detektora. Zmniejszanie pojemności zmniejsza czułość, a zwiększanie ją zwiększa (ale spowalnia detekcję). Pojemność dobrano tak, aby układ reagował na fizyczne dotknięcie łopatki, ale nie na zbliżenie palca. Rezystor R6 stanowi zabezpieczenie przed elektrostatyką oraz zakłóceniami (tworząc obwód RC z C4).





Rys. 3. Schemat montażowy płytki głównej manipulatora

Podczas prób okazało się, że układ jest czuły na pole w. cz. pochodzące z pracującej radiostacji. Taka sytuacja może wystąpić w przypadku słabego uziemienia, promieniowania z przewodu antenowego lub anteny umieszczonej blisko radiostacji (praca terenowa, anteny balkonowe). Objawia się ona samopodtrzymaniem nadawania kropek lub kresek w sytuacji, gdy już odsunęliśmy palce od manipulatora. W takiej sytuacji można przetestować inne wartości elementów, np. C4 = 22 nF, R6 = 47 k, C11 = 33 pF. Elementy C12, C14 są standardowo niemontowane, a R12 jest zworą, można zatem wykorzystać te miejsca do eksperymentów i zbudowania innej konfiguracji filtru, jeśli będą kłopoty podczas nadawania.

Dotknięcie sensora powoduje pojawienie się stanu wysokiego na wyjściu układu U1. Wskutek tego zostaje otwarty tranzystor Q3 i zwarta do masy linia odpowiedzialna za nadawanie kresek.

Linie sygnałowe kresek i kropek wyposażone są w dodatkowe filtry dolnoprzepustowe (C5, L1, C6 i C8, L2, C9). Zastosowano je tutaj na wszelki wypadek, mają one na celu zabezpieczyć układ manipulatora od sygnałów w.cz. Przydatne mogą być zwłaszcza na wyższych pasmach, gdzie przewód łączący manipulator z radiostacją może już działać jak skuteczna antena. Wyjście sygnału z manipulatora zrealizowane jest poprzez gniazdo minijack stereo.

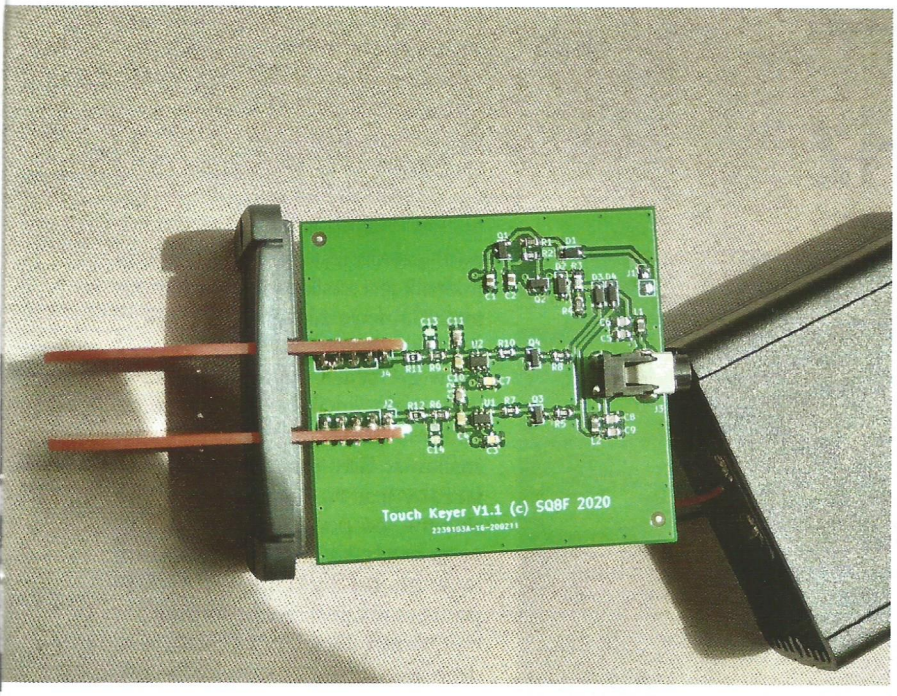
Łopatki manipulatora zostały przygotowane w postaci standardowej płytki PCB z laminatu FR-4, z umieszczonym na niej polem dotykowym. Kształt laminatu dobrano do zwyczajowego kształtu łopatek, z uwzględnieniem wymiarów wybranej obudowy manipulatora. Na **rysunku 2** przestawiono projekt tej płytki. Zawiera on jednocześnie dwie łopatki, które należy rozciąć przed montażem.

Montaż

Rysunek 3 przedstawia schemat montażowy płytki głównej manipulatora. Wszystkie podzespoły, z wyjątkiem złączy, to elementy do montażu powierzchniowego. Elementy umieszczone są tylko na górnej części płytki. Najtrudniejsze w montażu są układy scalone U1 i U2, ze względu na małe rozmiary i gęsty raster wyprowadzeń. Płytka drukowana została dopasowana do obudowy TEKAL 11.30 (biała) lub TEKAL 11.29 (czarna). Wewnątrz obudowy należy przymocować (przykleić) koszyk na baterie AAA. Powinien się on znaleźć mniej więcej na środku dolnej ścianki. Baterie oprócz zasilania realizują także funkcję balastu. Mimo to cały manipulator jest stosunkowo lekki i może poruszać się po stole w trakcie nadawania. W takim przypadku można umieścić wewnątrz dodatkowe obciążenie (np. ciężarki wędkarskie, duże śruby lub nakrętki metalowe) oraz zastosować antypoślizgowe nóżki.

Montaż łopatek manipulatora wymaga pewnej uwagi. W celu zachowania estetyki należy najpierw wyciąć w przedniej ściance otwory, przez które przejdzie węższa część łopatki. Łopatki należy tak ułożyć miejscami, aby podczas pracy telegrafią palec dotykał bezpośrednio pola sensora (a nie poprzez laminat). Następnie łopatkę należy przylutować do płytki głównej z użyciem kątowej listwy kołkowej. Ważna jest kolejność czynności, bo łopatka z przylutowaną listwą nie przejdzie przez otwór w płycie czołowej (lub otwór będzie musiał być dużo większy i mniej estetyczny). W celu osiągnięcia dużej sztywności konstrukcji zdecydowano się na jak najbliższe usytuowanie łopatek względem punktów lutowniczych na płytce, konieczne będzie zatem w trakcie montażu usunięcie z listwy kołkowej elementu plastikowego (po przylutowaniu do łopatki). Rekomendowana pozycja łopatek jest zaznaczona na płytce głównej w postaci dwóch szerokich linii. Można ich użyć jako referencji do wykonania otworów w ściance czołowej obudowy.

Przewody od koszyka z bateriami trzeba przylutować do pinów złącza J1 z zachowaniem polaryzacji (plus do pinu 1). Należy zostawić zapas długości przewodów, który umożliwi wyjęcie płytki z obudowy bez konieczności ich wylutowania czy demontowania koszyka z bateriami.



W tylnej ściance obudowy trzeba wywiercić otwór pasujący do średnicy i umiejscowienia gniazda jack. Pozycja gniazda koliduje nieco z rantem tylnej ścianki. W zależności od zastosowanego wtyku przyłączeniowego (wielkości jego obudowy), trzeba będzie nieco sfrezować rant, aby dało się prawidłowo włożyć wtyczkę.

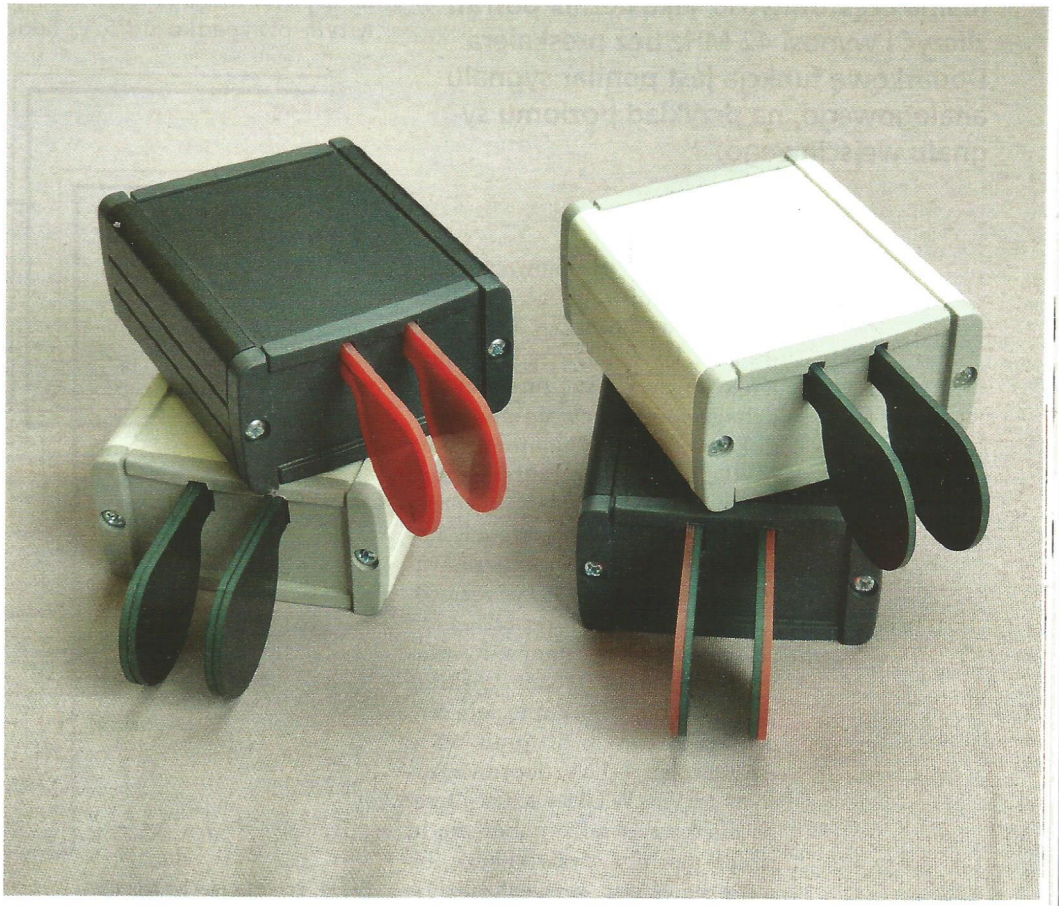
Możliwe modyfikacje

Po przetestowaniu manipulatora w domu oraz w klubie, pojawiły się różnego rodzaju uwagi dotyczące możliwych jego usprawnień. Autor pozostawia je do rozważenia osobom decydującym się na odwzorowanie konstrukcji.

Najczęściej poruszaną kwestią była zbyt mała waga (testowany był egzemplarz, w którym balast stanowiły tylko baterie), w efekcie której manipulator przesuwał się po stole w trakcie pracy. Jak już wspomniano, można próbować go dociążyć dodatkowymi elementami wewnątrz, zastosować gumowe lub silikonowe nóżki czy przymocować do dodatkowej, ciężkiej podstawy. Tutaj konstrukcje klasyczne, wykonane w całości z metalu, mają zdecydowaną przewagę.

Innym zjawiskiem, dokuczliwym przy pracy z dużymi prędkościami, jest pewna elastyczność łopatek. Z jednej strony wyzwolenie nadawania nie wymaga praktycznie żadnej siły, z drugiej osoby przyzwyczajone do klasycznych manipulatorów (i nacisku sprężyn) używają jej nieco więcej, niż potrzeba. Powoduje to lekkie wyginanie się łopatek, a co za tym idzie, „podążanie" łopatki za palcem podczas jej zwalniania. Klasyczny manipulator otwiera w tym momencie obwód, natomiast ta konstrukcja ciągle nadaje, aż łopatka się wyprostuje i palec przestanie się z nią stykać. Może to spowodować nadanie kolejnego, niepożądanego fragmentu znaku (kreski lub kropki). Niewątpliwie jest to kwestia przyzwyczajenia się do manipulatora dotykowego. W skrajnych przypadkach można próbować usztywnić łopatki. Jednym ze sposobów może być podwojenie ich grubości poprzez użycie dwóch płytek PCB do stworzenia jednej łopatki. Płytki należy ze sobą skleić, a od wewnętrznej strony łopatki należy odciąć ścieżkę łączącą z sensorem (tak, aby tylko jeden z nich, zewnętrzny, był podłączony do płytki głównej). Prostszym sposobem może być wklejenie pomiędzy łopatki jakiegoś łącznika z materiału nieprzewodzącego (plastik, drewno). W efekcie tego jedna łopatka stanie się usztywnieniem dla drugiej.

Podczas pracy układ w żaden sposób nie sygnalizuje, czy działa. Dla niektórych może być pomocne dołączenie do obwodu zasilania lub do wyjść układów U1 i U2 diod LED (z dobranym rezystorem) w celu sygnalizacji. Można je umieścić w dogodnym miejscu na obudowie. Należy pamiętać jednak o tym, że nawet pojedyncza dioda LED znacznie zwiększy pobór prądu i skróci okres pomiędzy wymianą baterii.

Na koniec pozostaje zachęcić do odwzorowania prezentowanej konstrukcji i wykorzystania jej do nauki i pracy telegrafią. Nadawanie na własnoręcznie wykonanym manipulatorze może tylko zwiększyć radość z przeprowadzonych łączności.

Paweł Hadam SQ8F