

KONKURS NA NAJLEPSZE PRACE DYPLOMOWE WIMiR

VII Konkurs Na Najlepsze Prace Dyplomowe Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki 2016/2017 – prace magisterskie



Michał Rotkegel

AiR - AiM



Kamil Such

AiR - AiM



Projekt i budowa urządzenia do szybkiego prototypowania obwodów drukowanych

Design and construction of device for rapid prototyping of the printed circuit boards

promotor: **prof. dr hab. inż. Mariusz Giergiel** – Katedra Robotyki i Mechatroniki

Streszczenie: W pracy przedstawiono realizację projektu oraz budowę urządzenia do szybkiego prototypowania obwodów drukowanych. Maszyna została zaprojektowana przede wszystkim z myślą o zastosowaniach amatorskich, hobbyistycznych oraz do jednostkowej produkcji w niewielkich firmach. Obecnie na rynku trudno jest znaleźć na rynku rozwiązanie w postaci urządzenia, które byłoby niedrogie, proste w obsłudze i nie ograniczało użytkownika do korzystania z laminatów o konkretnych wymiarach. W ramach pracy zostały opisane elementy składowe urządzenia, takie jak: osprzęt elektroniczny, elementy wykonawcze, oprogramowanie oraz konstrukcja mechaniczna, wraz z uzasadnieniem przyjętych rozwiązań. Praca zawiera także opis czynności konfiguracyjnych oraz przebieg procedury obsługi urządzenia. Zostały zaprezentowane również testy wykonane na gotowej maszynie, łącznie z wnioskami i wdrożonymi na ich podstawie rozwiązaniami. Na koniec dokonano podsumowania całej pracy oraz przedstawiono dalsze możliwe kierunki rozwoju projektu.

Cel i zakres pracy

Zaproponowanie rozwiązania w postaci w pełni funkcjonalnego urządzenia, o niskim koszcie produkcji, pozwalającego na szybkie wykonywanie dwustronnych prototypowych obwodów drukowanych zarówno pod montaż elementów przewlekanych (THT), jak i do montażu powierzchniowego (SMD). Zakres pracy obejmuje projekt (sformułowanie założeń, dobór konstrukcji, układów elektronicznych, oprogramowania oraz wykonanie modelu urządzenia), oraz fizyczne wykonanie maszyny (budowa urządzenia, przeprowadzenie testów, weryfikacja zastosowanych rozwiązań poprawa).

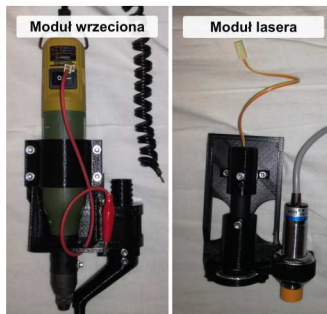
Założenia projektowe:

- Użycie bezpłatnego oprogramowania o otwartym kodzie źródłowym,
- Zapewnienie wysokiej precyzji ruchów roboczego oraz wysokiej sztywności konstrukcji,
- Zastosowanie modułowej elektroniki, elementów ogólnodostępnych oraz wykorzystanie technologii druku 3D,
- Identyfikacja sposobu przeniesienia napędu na osie,
- Możliwość wykonywania płytek dwustronnych,
- Możliwość szybkiego przezbrojenia,
- Zapewnienie możliwości zdalnego sterowania urządzeniem,
- Niski koszt wykonania.

Technologie wytwarzania obwodów drukowanych

Urządzenie umożliwia wykonywanie obwodów drukowanych w dwóch technologiach. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu wymiennych narzędzi roboczych w postaci modułu wrzeciona i modułu lasera.

W przypadku pracy modułu wrzeciona płytka drukowana jest wykonywana poprzez mechaniczne usunięcie wierzchniej warstwy miedzi przy użyciu frezu. Drugim sposobem produkcji obwodów drukowanych jest metoda fotochemiczna. W metodzie tej wykorzystuje się moduł lasera do naniesienia wzoru ścieżek na płytkę pokrytą lakierem światłoczułym, następnie naświetlony obwód wywołuje się i wytrawia w odpowiednich roztworach.



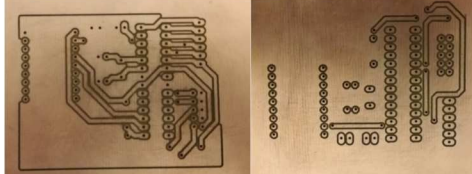
Testy

Po zbudowaniu urządzenia została przeprowadzona seria testów, która potwierdziła możliwość wykonywania obwodów drukowanych zarówno pod montaż THT, jak i SMD.

W wyniku eksperymentów z modułem wrzeciona uzyskano prędkość posuwu narzędzia dla frezu dwupińrowego 0,5[mm] równą 100[mm/min]. W czasie testowania modułu lasera uzyskano obwód drukowany, w którym odległości między ścieżkami wynosiły 0,15[mm], a prędkość posuwu narzędzia roboczego wynosiła 200[mm/min]. Podczas testów została również sprawdzona możliwość wykonywania płytek dwustronnych. Wyfrezowane pady po obu stronach płytki pokrywały się z odpowiadającymi im otworami, co potwierdza możliwość wykonywania płytek dwustronnych na urządzeniu.



Płytki dwustronna wykonana w technologii frezowania

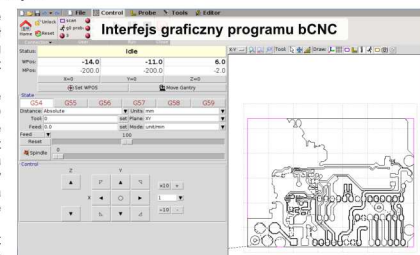


Osprzęt elektroniczny, oprogramowanie, konstrukcja

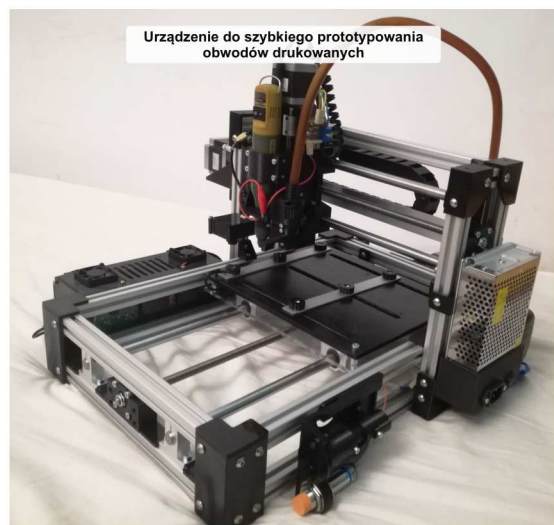
Podstawowym układem elektronicznym w urządzeniu jest mikrokontroler Arduino Uno, na którym zainstalowany jest interpreter G-kodu Grbl. Układ ten poprzez nakładkę CNC-Shield steruje pracą silników krokowych napędzających poszczególne osie urządzenia oraz zbiera dane z czujników. Komendy G-kodu są wysyłane do mikrokontrolera z minikomputera Raspberry Pi. Zastosowanie go pozwoliło wykorzystać program bCNC posiadający przyjazny dla użytkownika graficzny interfejs. Oprócz podstawowej funkcjonalności, jaką jest wysyłanie komend G-kodu do mikrokontrolera, program ten umożliwia także wykonywanie płytek dwustronnych przy użyciu obrazu z kamery zamontowanej na urządzeniu oraz dokonuje autopozycjonowania, tzn. niweluje wpływ nierówności płytki na końcowy efekt pracy. Kolejną zaletą zastosowania Raspberry Pi jest możliwość zdalnej kontroli maszyny z dowolnego komputera podłączonego do sieci WiFi. Pozostałe układy elektroniczne wchodzące w skład urządzenia to układ L298N będący sterownikiem wrzeciona, układ dopasowujący poziomy napięcie pomiędzy Raspberry i Arduino oraz płytka zamontowana na osi Z, pozwalająca na szybką wymianę modułów w urządzeniu. Całość elektroniczną zamkniętą jest w pojedynczej, wentylowanej obudowie, co jest korzystne zarówno ze względów estetycznych, jak i funkcjonalnych.

Ramę maszyny stanowią profile aluminiowe. W konstrukcji został wykorzystany również szereg elementów znormalizowanych oraz elementów ogólnie dostępnych. Istotnymi komponentami są także części wykonane na drukarce 3D w technologii FDM, zespajające konstrukcję i umożliwiające montaż całego osprzętu. Konstrukcja ma charakter otwarty. Posiada trzy niezależne osie napędzane za pomocą silników krokowych. Pole robocze wynosi 200 x 200[mm]. Urządzenie wyposażone jest w możliwość automatycznego poziomowania stołu.

Część wykonawcza zasilana jest napięciem 24[V], natomiast część sterująca napięciem 5[V]. Komunikacja z urządzeniem może odbywać się zdalnie z wykorzystaniem sieci Wi-Fi lub poprzez sprzętowy UART. Ze względu na obecność dwóch modułów roboczych w maszynie, aby zapewnić ich szybką i nieskomplikowaną wymianę, chwyt elementów do osi odbywa się z wykorzystaniem magnesów neodymowych.



Urządzenie do szybkiego prototypowania obwodów drukowanych



Podsumowanie i wnioski

Wynikiem opisanych działań jest gotowe urządzenie, które spełnia wszystkie z założeń postawionych w fazie początkowej. Maszyna posiada możliwość realizacji każdego z etapów procesu prototypowania płytek PCB. Do wykonywania układów nie zawierających małych elementów typu SMD wykorzystywana jest technologia frezowania. W przypadku układów, przy których wymagana jest wysoka precyzja i jakość wykonania stosowana jest metoda fotochemiczna z modułem lasera do naświetlania. Wykonywanie płytek dwustronnych jest realizowane z wykorzystaniem kamery oraz oprogramowania bCNC, które pozwala na uzyskanie bardzo dobrego dopasowania obu stron z uwzględnieniem zmiany położenia i orientacji. Całość kosztów wykonania urządzenia mieści się w przedziale 2000 – 2500 zł, co jest ceną bardzo konkurencyjną w stosunku do rozwiązań dostępnych na rynku.