

CNC ROUTER FOR PCB

Rastislav Gerják

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xgerja00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Vyroubal

E-mail: vyroubal@feec.vutbr.cz

Abstract: Both additive and subtractive manufacturing methods are controlled by instructions in G-code, making it possible to utilize both technologies in one modular device. Main objective is to design, construct, and calibrate multipurpose machine based on RepRap 3D printer, which will be able to use attached spindle to precisely mill light materials. Particular emphasis is given to ability to carve a pattern and drill holes in plated substrate in order to create functional PCB by incision.

Keywords: 3D printer, RepRap, CNC, drill, mill, PCB

1. ÚVOD

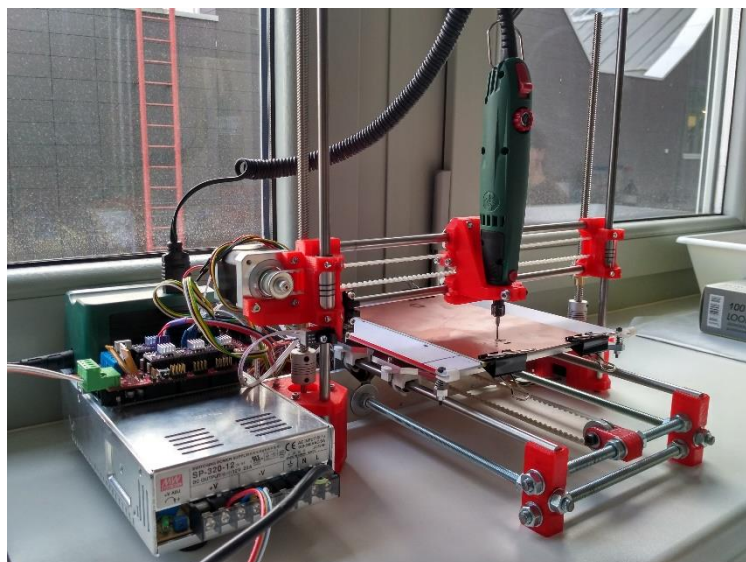
3D tlačiarne sú zariadenia, ktoré využívajú FDM technológiu na tvorbu aditívnych vrstiev. Donedávna boli 3D tlačiarne mohutné a drahé stroje, známe len pre malé okruhy profesionálov. Avšak v roku 2005 bol založený projekt RepRap. Hlavnou myšlienkou bolo navrhnúť 3D tlačiareň, ktorá bude schopná vytlačiť čo najviac vlastných súčiastok, čo spôsobilo, že sa tieto zariadenia stali cenovo dostupné pre využitie dizajnérmi, inžiniermi, amatérskymi nadšencami, školami a dokonca aj bežnými spotrebiteľmi. V dnešnej dobe sú RepRap tlačiarne najrozšírenejším druhom tlačiarňami na celom svete. Licencia open-source navyše zabezpečuje prístup k rôznym typom konštrukcií, návodom, vylepšeniam a rozšíreniam. [1]

Jedným z takýchto rozšírení je doplnenie 3D tlačiarne o funkcie subtraktívnej technológie pomocou vretena, schopného vŕtania a obrábania ľahších materiálov. Disponovanie takouto CNC technológiou poskytuje užívateľovi mnohé vymoženosti, z ktorých perspektívnou sa javí predovšetkým schopnosť jednoduchšej tvorby vlastných dosiek plošných spojov, čo eliminuje prítomnosť chemikálií a mnohých procesných krokov klasickej leptacej metódy.

2. KONŠTRUKCIA ZARIADENIA

Výber samotnej konštrukcie podliehal niekoľkým kritériám. Dizajn sa musel javiť ako stabilný a vhodný pre požadované aplikácie, pričom dôležitosť bola kladená predovšetkým na nízku cenu a dostupnosť zdrojov. Nakoniec bol na základe disponibilných súčiastok východiskom vlastný návrh CNC routeru v CAD systéme SolidWorks, inšpirovaný karteziánskymi RepRap 3D tlačiarňami Prusa i3 a K86.

Korešpondujúc s politikou hnutia RepRap, kostra routeru pozostáva z unikátne navrhnutých dielov materiálu PLA vytlačených na komerčnej 3D tlačiarňi, vzájomne pospájanými pomocou závitových a hladkých oceľových tyčí. Nevyhnutné sú dva diely frézovaného duralu ktoré stabilne držia jednotlivé osi a podložku pokope. Router je založený na XZ-Y kinematike. Vŕtacia hlava sa pomocou krokových motorov Nema17 pohybuje po X a Z osi, pričom pohyb po Y osi je zabezpečený pohybom podložky, taktiež iniciovaný krokovým motorom. Točivý moment motora je do samotného posuvu mechanických častí X a Y osi prevedený synchronnými remeňmi, zatiaľ čo precízny vertikálny posuv je získaný pomocou trapézových vodiacich tyčí. Kompletne zostrojený funkčný DPS router je zobrazený na obrázku 1.



Obrázok 1: Zostrojený DPS router

3. ELEKTRONIKA A SOFTVÉR

Riadiacou jednotkou routeru je vývojová platforma Arduino Mega Rev3 2560, doplnená o RepRap Arduino Mega Pololu Shield, skrátene RAMPs 1.4, ktorý je navrhnutý tak, aby bol schopný prepojiť všetku potrebnú elektroniku pri zachovaní malých rozmerov a nízkej ceny. Dôležité sú taktiež ovládače mikro-krokovania motorov s prúdovou reguláciou a tzv. endstopy, ktorých poloha určuje východiskový bod pracovnej zóny pre všetky osi. V tomto prípade ide o optické závory, kde spínanie je zabezpečené prerušením lúča pomocou dedikovaných protikusov. Celá elektronika je napájaná z 12V priemyselného zdroja.

Prevádzka routeru je riadená rovnakým princípom ako RepRap 3D tlačiareň, ako operačná logika je preto použitý mierne upravený RepRap firmvér Repetier. Na rozdiel od iných firmvérov, Repetier poskytuje možnosť vygenerovať konfiguračný súbor pre Arduino pomocou interaktívneho formulára na internetovom portáli výrobcu.

3.1. NÁVRH DPS

Na tvorbu návrhov DPS je využívaný program CadSoft Eagle. Tento softvér disponuje editorom schém, editorom spojov, autorouterom a rozsiahlou knižnicou súčiastok. Samotný design motívu je pri voľne šíriteľnej verzii rozmerovo obmedzený a zároveň podporuje iba 2 signálové vrstvy spojov, čo je však postačujúce, nakoľko táto technológia nepočíta s pokovením otvorov. [2]

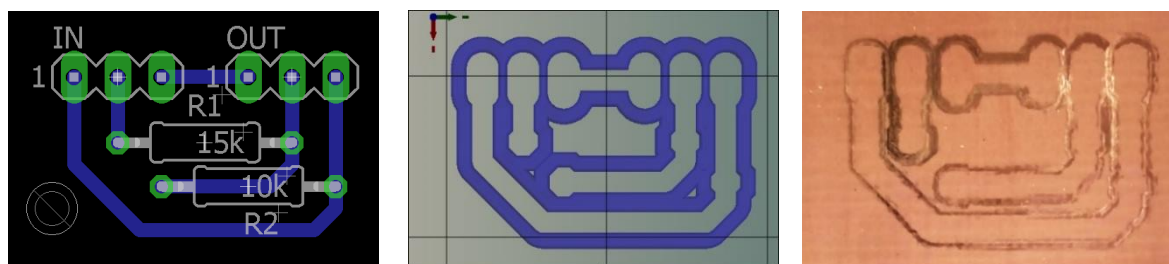
Okrem spomínaných vlastností bola voľba programu založená aj na kompatibilitate s pluginom PCB-GCODE od John Johnson Software, LLC. Tento plugin poskytuje intuitívne užívateľské rozhranie pre kalibráciu a vygenerovanie predlôh na frézovanie okrajov vodivých ciest a vŕtanie otvorov. [3]

3.2. IMPORT G-KÓDU

Na riadenie nástroja je používaný program Repetier Host. Tento softvér bol vyvinutý špeciálne pre ovládanie RepRap 3D tlačiarň pracujúcimi na Repetier firmvére. Integrovaný slicer slúži na rozdelenie virtuálnych modelov na jednotlivé vrstvy vo forme G-kódu, na základe ktorého tlačiareň nanáša polymér, dokým nevyprodukuje hotový diel. Po prednastavení operácie zariadenia na predvoľbu „CNC router“ je možné importovať predlohy motívu DPS a dier už priamo vo forme G-kódu. Motív sa v programe tvári ako depozičná vrstva pre 3D tlačiareň, ale prítomnosť obrábacieho nástroja spôsobí, že hotová DPS bude na základe inštrukcií G-kódu výsledkom postupného odstraňovania materiálu substrátu. [3][4]

4. VRTANIE MOTÍVU A DIER

Ako vrtací nástroj je použitá brúska od firmy Parkside s kónickým vrtákom. Brúska je napájaná nezávisle na ostatnej elektronike, s otáčkami motora v rozmedzí 5-20 tisíc otáčok za minútu. Plátovaný základný materiál FR-4 je pomocou obojstrannej lepiacej pásky alebo listových spôn v čo najvodorovnejšej polohe uchytený k platforme a vrták frézuje povrch niekoľkonásobnými prechodmi po okrajoch motívu v hĺbke približne 50 mikrometrov pod rovinou pokovenia. Následne sa po výmene frézovacieho vrtáka za klasický špirálový vrták vyvrtávajú montážne diery. Na záver sa pomocou brúsneho papiera alebo drôtenky z DPS odstráni nedokonalosti a hotová doska je pripravená na osadenie jak vývodových, tak aj povrchových súčiastok. Rozlíšenie tejto metódy bolo na základe použitého firmvéru stanovené na teoretickú hodnotu desiatok mikrometrov v Z osi a stoviek mikrometrov v X a Y osiach. Najväčším limitujúcim faktorom však ostávajú nedokonalosti konštrukčných prvkov a profil vrtáku. Jednotlivé procesné kroky je možné vidieť na obrázku 2.



Obrázok 2: DPS návrh v programe CadSoft Eagle (vľavo); DPS motív pre vrtanie importovaný do programu Repetier-Host (v strede); prvý pokus fabrikácie DPS pomocou routera (vpravo)

5. ZÁVER

Stavba podobného nekomerčného modulárneho zariadenia poskytuje užívateľom schopnosť využitia mnohých aditívnych aj subtraktívnych metód výroby. Pomocou malých úprav konštrukcie a softvéru môže byť pôvodná 3D tlačiareň doplnená o prakticky akúkoľvek počítačom riadenú technológiu.

Cieľom tejto práce bol návrh a následná modifikácia RepRap 3D tlačiarne na DPS router. Po zostrojení prešiel router úspešným testom prevádzky. Pre tvorbu vyhovujúcich DPS je však nutné ďalšie doladovanie a úpravy, napríklad použitie presnejšieho nástroja, stabilnejšej podložky, doplnenie zariadenia o automatickú kalibráciu vertikálnej polohy, či zakomponovanie systému odsávania odpadového materiálu. Napriek mnohým obmedzeniam, táto metóda tvorby DPS predstavuje rýchlu a jednoduchú alternatívu klasického leptania vodivého motívu na substrátoch. Navyše eliminácia chemikálií používaných pri leptaní a samotná konštrukcia z ekologicky odbúrateľného polyméru svedčí o environmentálne prijateľnom charaktere zariadenia.

REFERENCIE

- [1] PRŮŠA, Jozef a Michal PRŮŠA. Základy 3D tisku [online]. 2014 [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.prusa3d.cz/wp-content/uploads/zaklady-3d-tisku.pdf>
- [2] PCB layout software for every engineer: Features. AUTODESK [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.autodesk.com/products/eagle/features/all>
- [3] How to Transform your 3D Printer in a CNC milling machine [online]. , 25 [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: http://www.vellemanprojects.eu/downloads/0/user/usermanual_k8200_cnc_milling.pdf
- [4] JOHNSON, John T. The PCB-GCODE User's Manual: Version 3.6.0.4. 2013, , 43.