

BREZPLAČNO PROJEKTIRANJE PCB V LINUX

Free PCB planning in Linux

Žiga Lausegger, prof.
Branko Vrečar, dipl. inž. el.
Šolski center Kranj, Srednja tehniška šola
ziga.lausegger@gmail.com
vrecarb@gmail.com

Povzetek

Danes tehniška komunikacija v celoti poteka v digitalni obliki. Tako je tudi v elektroniki, kjer se najprej sprojektira shema elektronskega vezja, nato pa na podlagi sheme še tiskanina (PCB). Dijaki na srednji tehniški šoli spoznajo preprosta elektronska vezja, ki ponavadi niso težka za projektiranje - zadostuje že dvoslojni PCB. Projektiranje dvoslojnih PCB podpira "freeware" licenca programa EAGLE. Gre za profesionalno CAD programsko opremo za risanje elektronskih shem in PCB, ki brez težav deluje na Linux operacijskih sistemih. Poleg EAGLE na Linux operacijskih sistemih najdemo prostodostopne programe, npr. LinuxCNC, Gerbv, Kcharselect, Pcb2gcode in druge. Ti olajšajo postopek izdelave elektronskega vezja in ne predstavljajo stroška, kar je idealno za dijake, ki po šolanju nameravajo ustanoviti "startup" podjetje. Prispevek opisuje postopek namestitve in uporabe prostodostopnih orodij za projektiranje PCB na Linux operacijskem sistemu ter postopek priprave datotek za proizvodnjo. Na koncu je podan praktični primer ponovne uporabe starih računalnikov z naloženim Linux operacijskim sistemom in orodji za projektiranje PCB.

Ključne besede: EAGLE, Linux, LinuxCNC, Gerbv, Pcb2gcode.

Abstract

Nowadays technical communication is taking place entirely in a digital form. This is also the case in electronics, where schematics are planned first and printed circuit boards (PCB) are planned afterwards. On a technical secondary school students learn simple electronic circuits, that are not hard to plan - only two signal layers are needed on the PCB. EAGLE, a professional CAD program for drawing electronic schematics and planning PCB, also offers two signal layers in its "freeware" licence. This program also works on Linux operating systems. Next to EAGLE there are other free tools like LinuxCNC, Gerbv, Kcharselect, Pcb2gcode among others, which make planning of electronic circuit easier with no costs. This is great for students, who intend to open a startup company after finishing school. In this article, a setup and different applications of free tools for PCB planning are described, as well as ways of preparing files for manufacturing. At the end, there is an example of using Linux together with free tools for recycling older computers and re-using them in PCB planning.

Keywords: EAGLE, Linux, LinuxCNC, Gerbv, Pcb2gcode.

1 Uvod

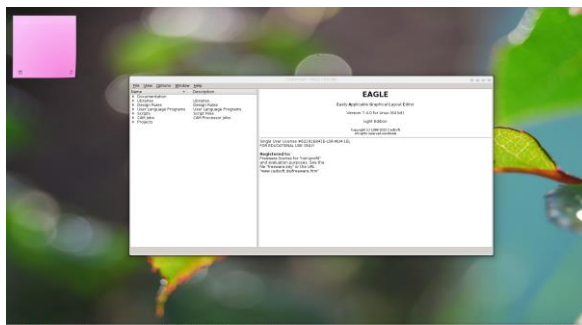
Dijaki, vpisani na programe elektronike, se že od začetka izobraževanja učijo branja, razumevanja in risanja preprostih elektronskih vezji. Pri teoretičnih urah risanje vezij poteka prostoročno v zvezke, pri laboratorijskih vajah pa zahtevamo delavniška poročila. Slednja so bila v preteklosti narisana s kemičnim svinčnikom in ravnilom ter dokumentirana s tehniško pisavo. Postopek priprave takega poročila je zahteven in časovno potraten, zato se danes poslužujemo pisanja v digitalni obliki, s pomočjo CAD programske opreme.

2 EAGLE licence

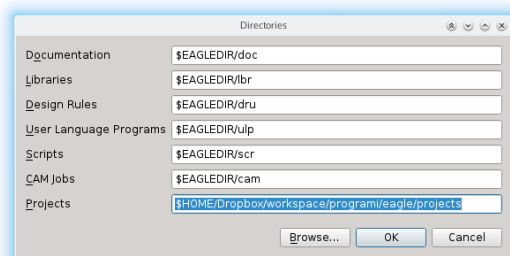
Pod CAD programsko opremo spada tudi EAGLE, ki ponuja “freeware” licenco (Cadsoft, 2015), po funkcionalnostih enako plačljivi licenci “light”. Slednja ponuja eno stran za risanje elektronske sheme in dvoslojno površino velikosti 100 x 80 mm za projektiranje tiskanine (PCB), kar je več kot dovolj za projektiranje elektronskih vezij, obravnavanih v srednji šoli. Dijaki, ki bi po izobraževanju želeli postati profesionalni projektanti, lahko dokupijo EAGLE “standard” licenco z 99 stranmi za projektiranje elektronskih shem in šeststojno površino velikosti 160 x 100 mm za projektiranje PCB. Omenjena licenca stane zgolj 690 €. Za najbolj zahtevne je na voljo EAGLE “professional” licenca z 999 stranmi za projektiranje elektronskih shem in šestnajststojna površina velikosti 4 x 4 m za projektiranje PCB. Ta licenca stane 1385 €, kar ni malo, se pa z uporabo operacijskega sistema Linux popolnoma odpravi strošek nakupa operacijskega sistema in licenco si je lažje privoščiti.

3 Namestitev EAGLE na Linux

Na Šolskem centru Kranj dijaki spoznajo operacijski sistem Arch Linux (Arch Linux, 2015), na katerega namestijo tudi EAGLE. Namestitev poteka iz “Arch user repository” (AUR) (AUR, 2015), od koder dijaki najprej prenesejo stisnjeno datoteko s končnico “.tar.gz”. Datoteko nato razširijo z ukazom “tar -xzf *.tar.gz“, se premaknejo v novonastalo mapo in z ukazom “makepkg -si” namestijo program. V kolikor na Linux uporabljamo namizja KDE, GNOME, XFCE ali LXDE, se EAGLE zagonska ikona pojavi tudi v start meniju. V nasprotnem primeru EAGLE še vedno lahko zaženemo preko terminala – uporabljamo ukaz “eagle”.



(a)



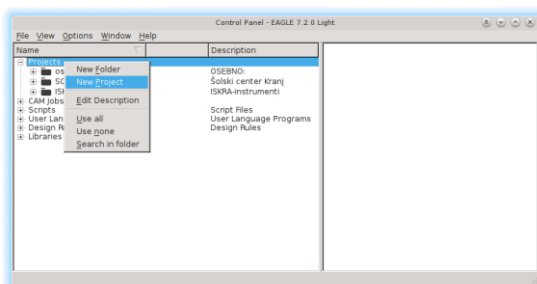
(b)

Slika 1: (a) EAGLE grafični programski vmesnik in (b) nastavitve delovne mape

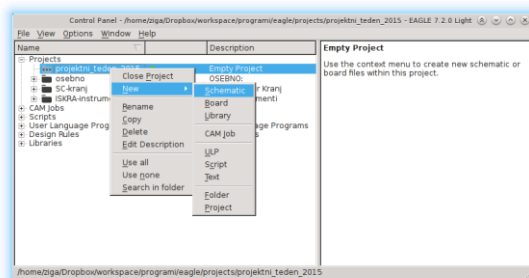
4 Osnovne EAGLE nastavitve in risanje elektronske sheme

Po prvem zagonu programa EAGLE je priporočljivo slediti povezavi “Options/Directories” v glavni menijski vrstici in pod rubriko “Projects” nastaviti pot do delovne mape, slika 1 (b). V slednji se bodo shranjevali naši bodoči projekti. V kolikor delovna mapa ne obstaja, bo ustvarjena ob pritisku na gumb “OK”. Če v delovno mapo premaknemo katerikoli EAGLE projekt, bo ta dosegljiv za urejanje v programu.

Po nastavitvi delovne mape v glavnem oknu ustvarimo nov projekt, kar storimo z desnim miškinim klikom na “Projects” in izbiro možnosti “New Project”, slika 2 (a). Pojavi se projekt, katerega dvo-kliknemo, da na njem zasveti zelena luč. To pomeni, da je projekt odprt in lahko pričnemo z urejanjem. Za začetek risanja elektronske sheme projekt kliknemo z desnim miškinim gumbom in v meniju sledimo povezavi “New/Schematic”, slika 2 (b).



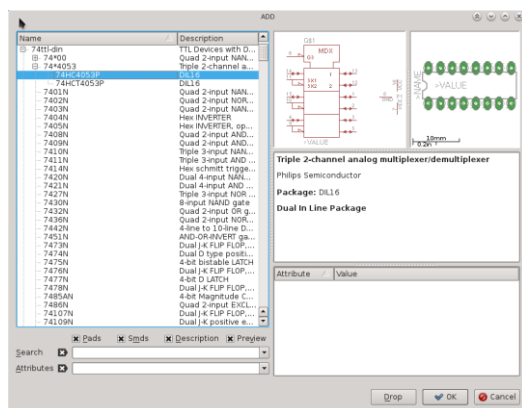
(a)



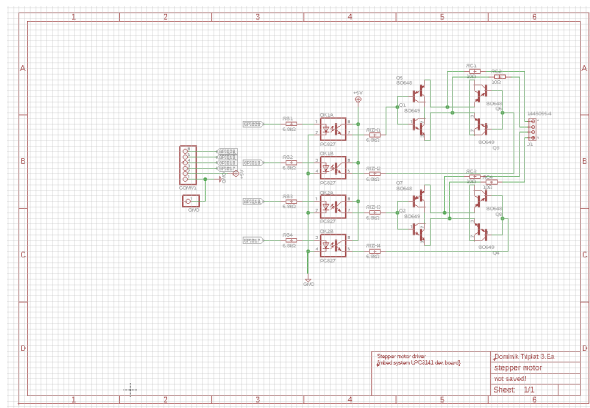
(b)

Slika 2: (a) Kreiranje novega projekta in (b) kreiranje nove električne sheme

Odpre se okno za risanje elektronske sheme, vedno sestavljene iz elektronskih elementov in medsebojnih povezav. Pred vstavljanjem elementov v shemo je potrebno v program uvoziti knjižnice z elementi. V glavni menijski vrstici sledimo povezavi “Library/Use”, označimo vse knjižnice, ki se nahajajo v EAGLE sistemski mapi “/opt/eagle/lbr/” in jih uvozimo v trenutni projekt. Knjižnice lahko skopiramo v projektno mapo in zagotovimo prenosljivost projekta na druge računalnike. Ko so knjižnice uvožene, v levi orodni vrstici kliknemo gumb “Add” in odprl se bo iskalnik po knjižnicah. S klikanjem na knjižnice nato dostopamo do njihovih elementov, ki so sestavljeni iz shematskega dela ter najmanj enega paketa, slika 3 (a).



(a)



(b)

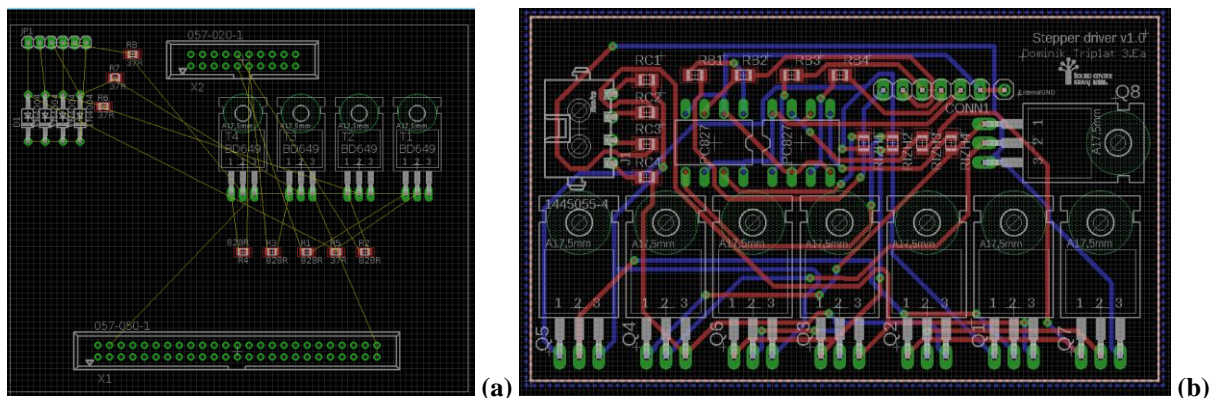
Slika 3: (a) Iskalnik po knjižnicah in elementih ter (b) končana shema s povezanimi elementi, delavniškim okvirjem in izpolnjeno glavo

Izbrane elemente enega za drugim s klikom na gumb “OK” prenesemo v elektronsko shemo, kjer so vidni le shematski deli elementov, medtem ko so paketi vidni le v oknu za

projektiranje PCB. Shemo nato povežemo z uporabo funkcije “Net” v levi orodni vrstici in ji dodamo delavniški okvir z izpolnjeno glavo, slika 3 (b).

5 Projektiranje PCB

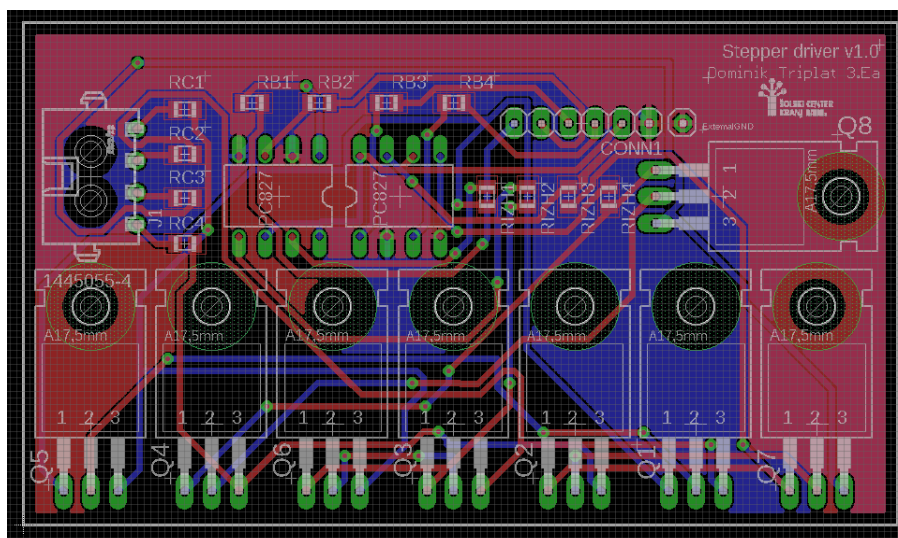
V glavnem meniju sledimo povezavi “File/Switch to board” in odpremo okno za projektiranje PCB, ki pa ne bo prazno, saj bo vsebovalo pakete tistih elementov, ki smo jih vstavili v elektronsko shemo. Sledi razporejanje paketov po pravilih za projektiranje visokohitrostnih tiskanic, slika 4 (a), in povezovanje paketov z uporabo funkcije “Route manually”. Slednja občasno zahteva prehod iz zgornjega sloja (rdeče barve) na spodnji sloj (modre barve). Na prehodu med sloji nastane skožna pokovičena luknja (zeleno barve), imenovana tudi VIA, slika 4 (b).



Slika 4: (a) Razporejeni paketi, (b) povezava paketov s funkcijo “Route manually” in vstavljeni logotip Šolskega centra Kranj v desnem zgornjem kotu

5.1 Vstavljanje potencialnih ravnin

Ko smo zadovoljni s povezavami na zgornjem in spodnjem sloju, lahko določene povezave nadomestimo s potencialnimi ravninami, slika 5. Ponavadi za potencialne ravnine izberemo zemeljski potencial, ki večino elektromagnetnih valovanj (EMV) spelje v zemljo, stran od pomembnih signalov. Na tak način odpravimo veliko motenj.



Slika 5: GND potencialne ravnine, ki EMV spravijo stran od signalov in tako odpravijo motnje v vezju

5.2 Vstavljanje slik

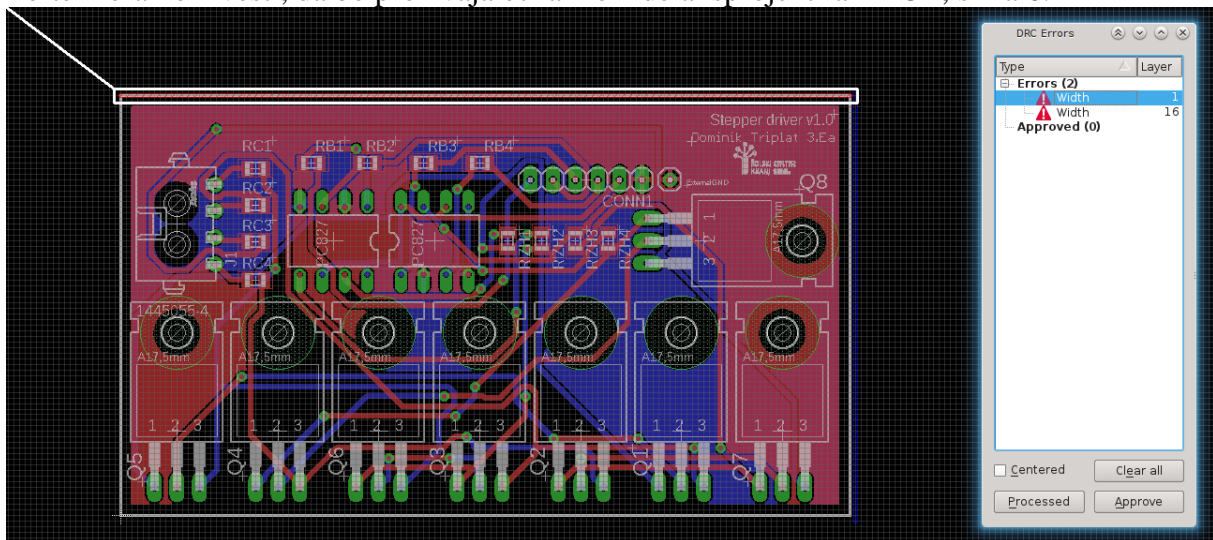
V PCB lahko uvozimo slike formata “.bmp”, kar je uporabno za dodajanje npr. logotipa Šolskega centra Kranj, slika 4 (b). Za vstavljanje slike v glavni orodni vrstici kliknemo “Run ULP” in izberemo skripto “import-bmp.ulp”, ki nas vodi skozi nadaljnje korake.

5.3 Odpravljanje napak z DRC

Ko zaključimo s projektiranjem PCB, je potrebno pripraviti dokumentacijo za proizvodnjo. Ker je dokumentacija obsežna, je pred njeno pripravo priporočljivo preverjanje napak preko funkcije “Design Rules Check” (DRC). Funkcija omogoča vnos proizvodnih zmožnosti za izdelavo PCB in preverjanje skladnosti teh zmožnosti s sprojektiranim PCB. Za proizvodne zmožnosti predlagam, da se obrnete neposredno na proizvajalca vaših PCB. Zahteve, ki jih moramo nastaviti so npr.:

- najmanjša velikost svedra,
- najmanjša velikost rezkarja,
- najmanjša razdalja za nanašanje stop-laka med elementi,
- najtanjša možna povezava, ki je rezkar še ne razcefra ...

Po vnosu proizvodnih zmožnosti zaženemo DRC, ki na desni strani izpiše seznam popravkov. Le-te moramo izvesti, da bo proizvajalec lahko izdelal sprojektirani PCB, slika 6.



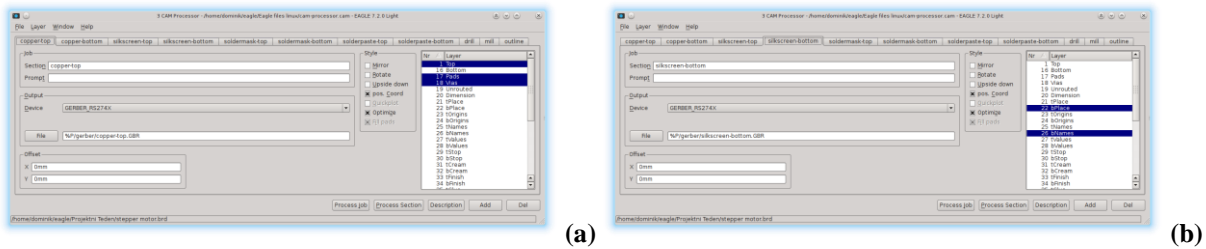
Slika 6: DRC seznam popravkov na desni strani

6 CAM procesor in gerber datoteke

Ko DRC ne izpiše nobenega popravka več, lahko pripravimo proizvodno dokumentacijo, ki jo bomo poslali proizvajalcu PCB.

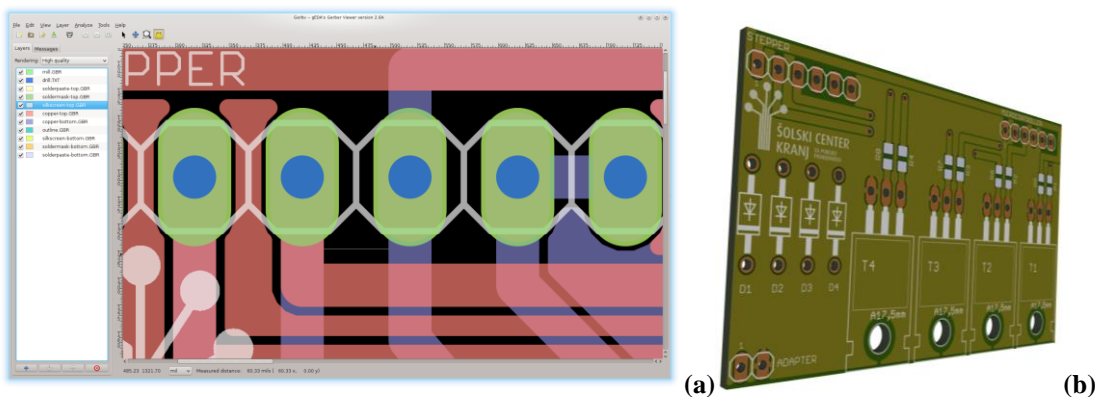
EAGLE vsebuje sloje z različnimi funkcijami. Sloji v oknu za projektiranje PCB so drugačni od tistih v oknu za risanje elektronske sheme. Na enem sloju so npr. sledi za električne povezave na zgornji strani PCB, medtem ko so na drugem sledi za električne povezave na spodnji strani PCB. Obstajajo tudi sloji z oznakami, imeni, vrednostmi, navodili za strojno nanašanje spajke ali navodila za nanašanje lepila za vse pakete na PCB. Za srednješolska vezja ni potrebno izvažanje vseh slojev; potrebujemo le 16 slojev, ki jih najprej pretvorimo v “Gerber” format. To storimo z vgrajenim CAM procesorjem, do katerega dostopamo s klikom

na "CAM Processor" v glavni orodni vrstici. CAM procesor najprej nastavimo, slika 7 (a, b), nato pa kliknemo "Process Job", da sprocesiramo nastavljene sloje in proizvedemo "gerber" datoteke.



Slika 7: (a) Nastavitev CAM procesorja za zgornji sloj električnih povezav in (b) oznak elementov ter napisov na spodnji strani PCB

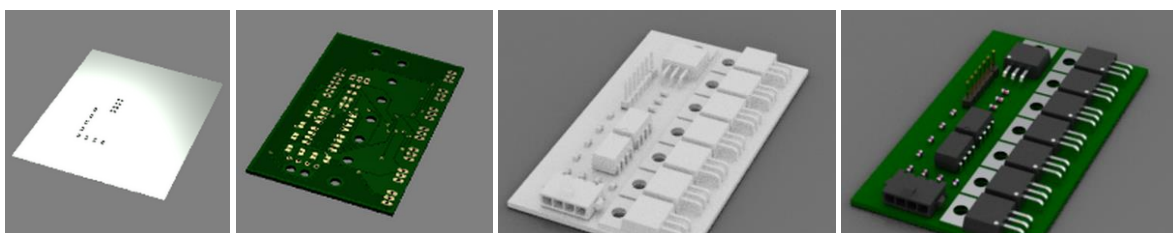
Slednje je potrebno prekontrolirati preden jih pošljemo proizvajalcu. 2-D kontrolo "gerber" datotek lahko opravimo s prostodostopnim Linux programom Gerbv, slika 8 (a), 3-D kontrolo pa preko oblačne storitve 3-D Gerber Viewer, slika 8 (b).



Slika 8: (a) 2-D kontrola "gerber" datotek s pomočjo aplikacije Gerbv in (b) 3-D kontrola s pomočjo oblačne storitve 3-D Gerber viewer

7 Priprava 3D STEP formata

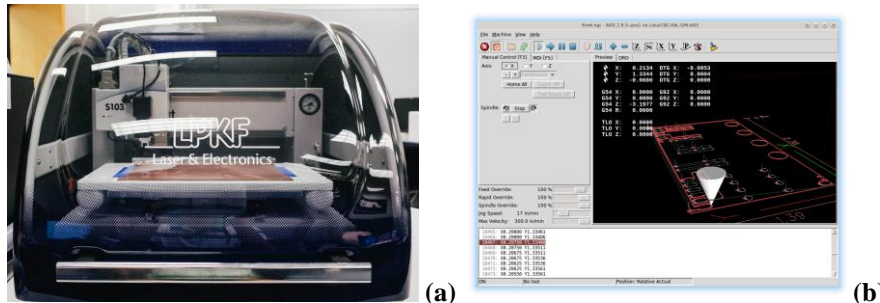
Po opravljeni kontroli "gerber" datotek je potrebno pripraviti 3-D ".step" datoteke za strojnike. Gre za 3-D model PCB, na podlagi katerega strojnik projektira 3-D model ohišja za naš PCB prototip in ga sprinta na 3-D tiskalniku. Tako dobimo kar se da kompaktno ohišje za naše vezje. 3-D ".step" format dobimo tako, da v EAGLE projektni mapi najdemo datoteko s končnico ".brd" in jo uvozimo v čarovnik, ki se nahaja v zgornjem desnem kotu oblačne storitve PCB-POOL (PCB-POOL, 2015). Spletni čarovnik bo sprocesiral našo datoteko in proizvedel različne 3-D datoteke, slika 9, ki jih lahko sprintane naročimo celo na dom. V kolikor želimo zgolj 3-D ".step" datoteko, nam za storitev ni potrebno plačati; zaprosimo zgolj, da nam povezavo do 3-D ".step" datoteke pošljejo na e-poštni naslov.



Slika 9: 3-D datoteke, ki jih proizvede čarovnik na strani PCB-POOL. Skrajno desno je datoteka ".step"

8 Simuliranje izdelave PCB

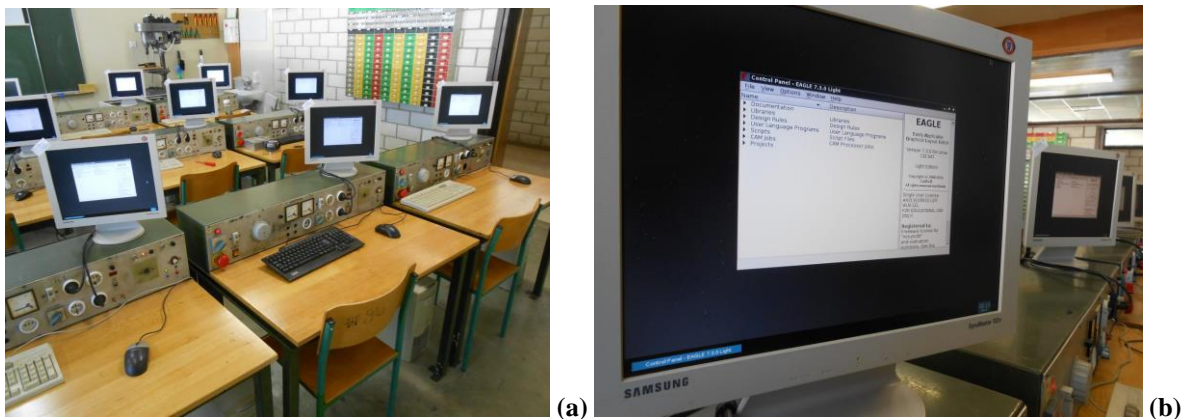
Lastniki PCB rezkarjev, npr. LPKF Protomat s63, slika 10 (a), lahko preko terminalske aplikacije "pcb2gcode" (AUR, 2015) pretvorijo "gerber" datoteke neposredno v "gkodo", ki jo lahko simuliramo v prostodostopnem simulatorju "Linux CNC", slika 10 (b). "Linux CNC" je dosegljiv na AUR (AUR, 2015) in ga namestimo po istem postopku kot EAGLE.



Slika 10 (a) LPKF Protomat s63 in (b) simulacija rezanja v prostodostopnem simulatorju "Linux CNC"

9 Praktični primer uporabe Linux in EAGLE v šolstvu

Šolski center Kranj v šolskem letu 2015-2016 med popolnoma prostimi izbirnimi vsebinami ponuja plačljiv krožek Linux/EAGLE, ki dijakom omogoča učenje na področju projektiranja PCB. V istem letu smo na Šolskem centru Kranj s pomočjo Linux postavili tudi popolnoma funkcionalno delavnico 240, slika 11 (b), kjer poleg pouka elektrotehnike poteka tudi krožek.



Slika 11: (a) Učilnica 240 s popolnoma funkcionalnimi starejšimi računalniki z Linux operacijskim sistemom, (b) Openbox namizjem, EAGLE in drugimi prostodostopnimi programi za projektiranje PCB

Ker so delavnici manjkali računalniki, smo vanjo namestili starejše računalnike, ki so čakali odpis. Računalniki so prešibki, da bi poganjali operacijski sistem Windows 7 ne pa tudi Linux, ki z nezahtevnim namizjem Openbox porabi malo delovnega spomina (RAM) in procesorja (CPU). Tako računalniku ostane dovolj procesorske moči za poganjanje EAGLE in drugih prostodostopnih orodij, ki ne uporabljajo 3-D knjižnic in niso prezahtevne za stare računalnike. Kaj takega ni mogoče doseči za vodilni CAD projektirnik "Altium Designer" (Altium, 2015), ki za svoje delovanje potrebuje Windows operacijski sistem.

Delavnica 240 je primer, kako lahko z uporabo Linux in EAGLE dvignemo nivo v učilnicah elektrotehnike tudi v času, ko so finance omejene. S tem obogatimo pouk ali celo povečamo vpis na program elektronike.

10 Zaključek

Linux v kombinaciji z EAGLE in ostalimi prostodostopnimi programi predstavlja močno platformo, ki konkurira celo vodilnim programom na področju PCB projektiranja. Primer je "Altium designer" (Altium, 2015), ki je veliko dražji, a manj primeren za "startup" podjetja.

Brezplačnost Linux operacijskih sistemov in EAGLE "freeware" licence izkoriščamo na Šolskem centru Kranj, kjer smo pripravili teren za nakup prototipnega rezkarja ali 3-D tiskalnika. Z njima bomo lastne elektronske projekte v prihodnosti sami uresničili. Ker lahko uporabljamo najnovejše EAGLE različice takoj po izidu, smo vedno v stiku z novimi možnostmi programa in naše učenje je enostavno.

11 Viri

Altium, Altium Designer (online). 2015. (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: <http://www.altium.com/altium-designer/overview>.

Arch Linux, *A simple, lightweight distribution* (online). 2015 (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: <https://www.archlinux.org/>.

Arch Linux, *Packages, gerbv* (online). 2015 (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: https://www.archlinux.org/packages/community/x86_64/gerbv/.

AUR, *eagle* (online). 2015. (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: <https://aur.archlinux.org/packages/eagle/>.

AUR, *pcb2gcode* (online). 2015. (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: <https://aur.archlinux.org/packages/pcb2gcode/>.

AUR, *linuxcnc-sim* (online). 2015. (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: <https://aur.archlinux.org/packages/linuxcnc-sim/>.

Cadsoft, *Pricing table* (online). 2015. (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: <http://www.cadsoftusa.com/eagle-pricing/>.

PCB-POOL, *PCB configuration* (online). 2015. (citirano 20. 09. 2015). Dostopno na naslovu: https://www.pcb-pool.com/ppuk/order_productconfiguration_js.html.