

УНАПРЕЂЕЊЕ РАДА CNC МАШИНЕ КОРИШЋЕЊЕМ *GRBLHAL* БИБЛИОТЕКЕIMPROVING CNC MACHINE PERFORMANCE USING *GRBLHAL* LIBRARY

Никола Марковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду изложено је унапређење *CNC* машине по питању брзине и перформанси. За управљање је коришћена *Clicker 4* развојна плоча са *STM32F407* контролером и одговарајућим драјверима. Такође, приказане су и предности *grblHAL*-а у односу на оригинални *GRBL*.

Кључне речи: *grblHAL*, управљачка електроника, драјвери за корачне моторе.

Abstract – This paper presents the improvement of a *CNC* machine in terms of speed and performance. A *Clicker 4* development board with the *STM32F407* controller and corresponding drivers was used for control. Additionally, the advantages of *grblHAL* over the original *GRBL* are also demonstrated.

Keywords: *grblHAL*, control electronics, step-motor drivers.

1. УВОД

GRBL је софтвер који омогућава управљање *CNC* машинама користећи *G-code*. Покреће се на 8-битним микроконтролерима, као што је *Arduino*, и служи за претварање *G-code* команди у покрете *CNC* машине. *GRBL* је познат по својој једноставности, поузданости и могућности рада на приступачним хардверским платформама. Поред ефикасног управљања *CNC* машинама, главна предност *GRBL*-а је то што је бесплатан за коришћење, што га чини доступним широкој заједници хобиста и професионалаца. Самим тим, омогућено је креирање јефтиних *CNC* система, што је одиграло велику улогу у популаризацији *CNC* машина међу хобистима и малим произвођачима.

Како је 8-битни *GRBL* достигао своје границе на *Arduino*, почело се радити на преласку на неку другу хардверску платформу тј. на неке од све бројнијих, јефтиних 32-битних контролера, посебно на *ARM* базиране микроконтролере. Из тог разлога, задатак овог рада јесте реализација управљања *CNC* машином помоћу библиотеке *grblHAL* и контролера *STM32F407*.

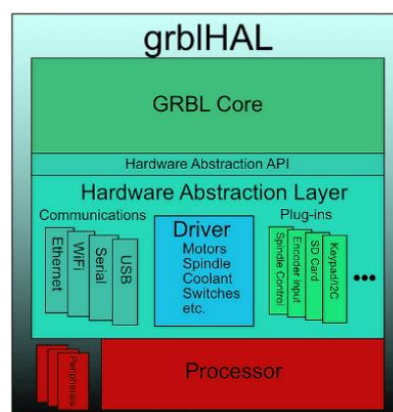
2. *GRBL* БИБЛИОТЕКА

Због тога што је *GRBL* био оптимизован да ефикасно користи *Atmel* микроконтролер на *Arduino*, код специфичан за машину био је помијешан са кодом

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Јован Бајић, ванр. проф.

независним од машине, што је отежавало прелазак на друге хардверске платформе. Такође, свака нова функција која је додата или грешка исправљена у једној верзији, морала би се прилагодити другим портovima. Није постојала главна верзија изворног кода из које би се могле изградити све различите 32-битне верзије. Прелазак на нови микроконтролер или чак на другачију варијанту, унутар исте породице, захтијевао је дубоко разумевање функционисања *GRBL*-а [1]. Решење тог проблема било је да се *GRBL* подијели на два дијела: један који садржи сав процесорски зависан код – слој апстракције хардвера (*HAL*) и други који не садржи – *GRBL* језгро. Тако је настао *grblHAL*. *HAL* садржи код који иницијализује процесор, управља тајмерима, *PWM* хардвером, портovima, адресама улазно-излазних прикључака, комуникацијом итд. *GRBL* језгро комуницира само са *HAL*-ом. Пребацивање *grblHAL*-а на нови микроконтролер траје неколико недеља, па чак и дана у неким случајевима, јер је *HAL* слој релативно мали. Подјела *grblHAL*-а на *GRBL* и *HAL* дио, као и сама организација *grblHAL*-а приказана је на слици 1.

Слика 1. Организација *grblHAL*-а [1]

Пребацивање *grblHAL*-а на нови микроконтролер је једноставно. Један драјвер фајл дефинише хардверску апстракцију за циљни процесор. Програмери могу почети са постојећим драјвером или *ARM* шаблоном драјвера. Пошто се већина кода, који треба да модификују, налази у драјвер фајлу, не морају да разумију *GRBL* језгро.

2.1. Предности *GrblHAL*-а

GrblHAL је 32-битна верзија *GRBL*-а (који ради на 8-битним *Arduinima*). Док је *Arduino* са *GRBL*-ом врло јефтина платформа за изградњу *CNC* машина, 8-битни

Табела 1. Поређење Grbl-a и GrblHAL-a

	Grbl	GrblHAL
Подржани микроконтролери	ATmega328	STM32, ESP32
Број оса	3 осе	До 6 оса
Перформансе	Спорији процесор	Бржи процесор
Комуникациони протоколи	USB	USB, WiFi, Ethernet
Лакоћа подешавања	Једноставно, стабилно	Напредније, али сложеније за подешавање
Погодност за почетнике	Веома погодно	Више за напредне кориснике
Компатибилност са софтвером	Одлична подршка за једноставне пројекте	Шира подршка за сложеније пројекте
Цијена хардвера	Јефтинији	Скупљи хардвер
Меморијски капацитет	32KB Flash, 2KB SRAM	STM32F4: 1MB Flash, 192KB Sram

процесор озбиљно ограничава његове могућности. Са *grblHAL*-ом који ради на 32-битним *ARM* процесорима, доступне су много боље перформансе и знатно више функција. За почетак, подржано је више од 3 осе, а могуће су знатно веће брзине корака. Поред тога, *grblHAL* подржава многе додатке који омогућавају додавање нових функција. Поређење *Grbl-a* и *GrblHAL-a* је приказано у табели 1.

Покретањем на 32-битним микроконтролерима, *grblHAL* доноси бројне предности:

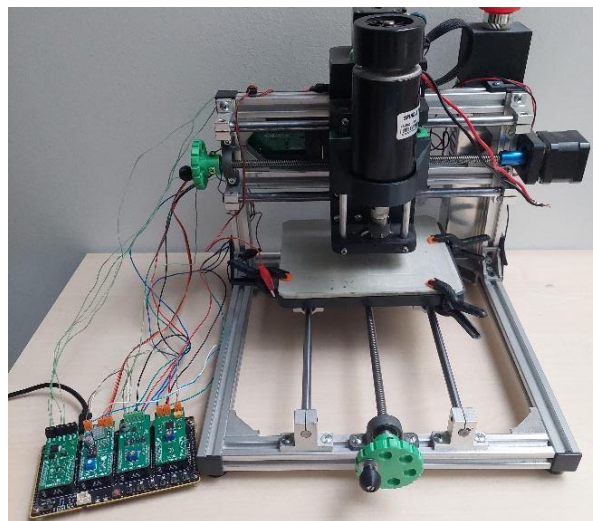
- више перформансе - оригинални *Arduino* ради на 16MHz, док 32-битни *ARM* чипови могу радити знатно брже,
- више меморије - много већи простор за програме омогућава значајно више функција,
- ниски трошкови - *grblHAL* је бесплатан, а процесори на којима ради су веома јефтине,
- конзистентност - *GCode* је конзистентан на свим платформама које подржавају исте функције,
- брзо портовање на нове микроконтролере и варијанте подржаних чипова,
- *grblHAL* има архитектуру са додатним модулима (*Plug-in*),
- лака прилагођавања функција за специфичне апликације и машине.

3. ПРОЈЕКТОВАЊЕ CNC СИСТЕМА ЗАСНОВАНОГ НА GrblHAL-U

За пројектовање минималног *CNC* система неопходно је неколико компонента [2]:

- контролер,
- корачни мотори,
- обрадни мотор,
- драјвери за моторе,
- обрадни алат,
- напајање.

Одговарајућим повезивањем ових компонента и прилагођавањем *grblHAL* софтвера датом контролеру могуће је остварити функционисање *CNC* машине. На слици 2. приказан је изглед *CNC* машине са повезаним контролером и драјверима.



Слика 2. Компоненте неопходне за повезивање минималног *CNC* система [2]

4. КОНТРОЛЕР И ДРАЈВЕРИ

На самом почетку потребно је одлучити који контролер ће се користити у раду. Контролера који имају подршку за *grblHAL* је све више и више, а због брзине и перформанси одлука је пала на *STM32* фамилију микроконтролера. *STM32* контролери су јако популарни, па самим тим постоји много развојних плоча на којима су уграђени (најпопуларније су *Nucleo* плоче).

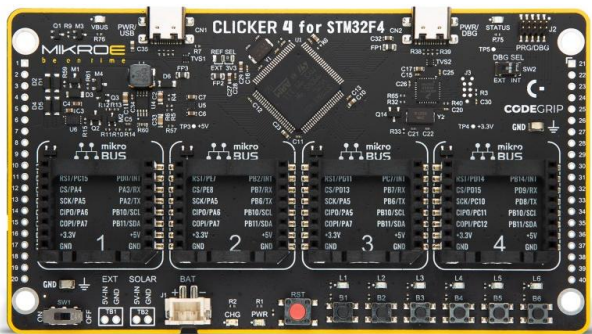
Међутим, за израду овог рада изабрана је развојна плоча *Clicker 4* за *STM32F4* која је произведена у српској компанији *Микроелектроника*. Разлог за бирање ове плоче је то што иста компанија производи и велики број драјвера потребних за покретање мотора. Сви драјвери су прављени по *mikroBus* стандарду, а

Clicker 4 посједује четири mikroBus конектора, па је повезивање драјвера са плочом изузетно једноставно.

4.1. Clicker 4 за STM32F4

Clicker 4 за STM32F4 представља компактну развојну плочу дизајнирану као комплетно рјешење које се може користити за брзо прављење сопствених уређаја са јединственим функционалностима. Опремљена STM32F407VGT6 микроконтролером и четири mikroBUS конектора за повезивање click плочица, представља савршено рјешење за брзи развој различитих типова апликација.

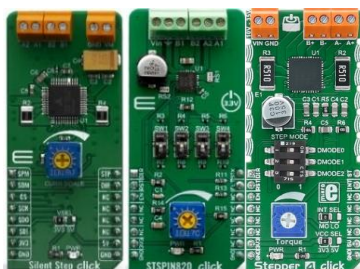
Повезивање спољњих уређаја може се остварити преко два 1x20 pin header-а или преко четири унапријеђена mikroBUS конектора који омогућавају повезивање огромног броја click плочица. Да би се омогућило повезивање развојног система Clicker4 и самих мотора који се налазе на CNC машини, користе се одговарајуће click плочице. То су уређаји који служе као драјвери за покретање мотора. На самој CNC машини налазе се четири мотора, па су због тога потребна четири драјвера тј. click плочице. Изглед Clicker 4 развојне плоче приказан је на слици 3.



Слика 3. Развојни систем Clicker 4 [3]

4.2. Драјвери за моторе

Микроелектроника има велики избор драјвера за моторе. Тренутно имају више од 40 различитих драјвера за корачне моторе. Подијељени су по фамилијама, па постоје Stepper, Multi Stepper, Silent Step, STSPIN фамилија итд. Приликом израде рада, на располагању је било пет различитих драјвера за корачне моторе. То су Stepper 4, Stepper 11, STSPIN820, Silent Step и Silent Step 3. Сваки од ових драјвера је намијењен за покретање биполарних корачних мотора и сваки има своје предности и мане које су приказане у табели 2. Одлучено је да се користи по један драјвер из сваке фамилије и то су Stepper 4 click, STSPIN820 click, Silent Step click. На слици 4. је приказан сваки од њих.



Слика 4. Изглед коришћених драјвера [3]

Табела 2. Поређење драјвера за корачне моторе

	Предности	Мане
Stepper 4 click	Максимална струја 2А (струјни скок до 4А)	Само 1/32 микрокорака
Stepper 11 click	Максимална струја до 3А	Само 1/32 микрокорака
STSPIN820 click	Висока прецизност због 1/256 микрокорака и мала дисипација снаге	Мала струја до 1,5А што ограничава коришћење већих мотора
Silent Step click	Висока прецизност због 1/256 микрокорака	Мала струја до 1,2А и комплексније подешавање због SPI модула
Silent Step 3 click	Висока прецизност због 1/256 микрокорака	Комплексније подешавање због SPI модула

4.3. Управљање обрадним мотором

За управљање обрадном главом машине је такође потребан неки драјвер. Микроелектроника и за ту примјену има велики избор драјвера, као што су нпр. PROFET или Relay click плочице. Основна разлика је што PROFET драјвери користе снажне MOSFET транзисторе за управљање, док Relay драјвери користе механичке релеје. Главна предност PROFET драјвера је њихова брзина, а предност Relay драјвера је рад на ниским фреквенцијама и примјенама гдје је потребна велика снага. За израду овог рада користи се PROFET 2 click, приказан на слици 5. На плочи се налази коло BTS7080-2EP које има способност управљања оптерећењима до 3А. Овај драјвер подржава спољашње напајање за BTS7080-2EP, које може бити повезано на улазни терминал означен као VIN и требало би да буде у опсегу од 4.1V до 28V.



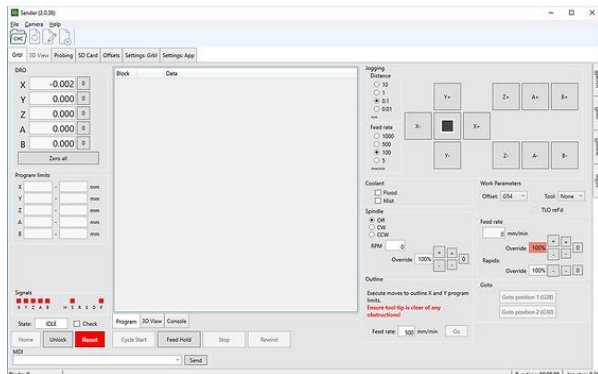
Слика 5. Изглед драјвера за обрадни мотор [3]

5. ПРОГРАМИ ЗА ПОКРЕТАЊЕ CNC МАШИНА

Како би се успјешно управљало CNC машином неопходно је користити неки од софтверских алата који имају могућност слања G-code команди. Један од таквих програма је IoSender. Прије коришћења неопходно је провјерити да ли је све повезано, јер програм функционише тако што шаље команде преко

серијске комуникације, па је неопходно да постоји *Virtual Com Port* преко кога контролер прима податке.

IoSender је софтвер који се углавном користи у комбинацији са *grblHAL* библиотеком и ради као *G-code* интерпретер [4]. Да би се покренуо задатак, потребно је учитати *G-code* и поставити осе у одговарајући положај. Такође, постоји и 3Д преглед путања алата, што помаже да се визуелно прати процес обраде. На слици 6. приказан је изглед *IoSender* програма.

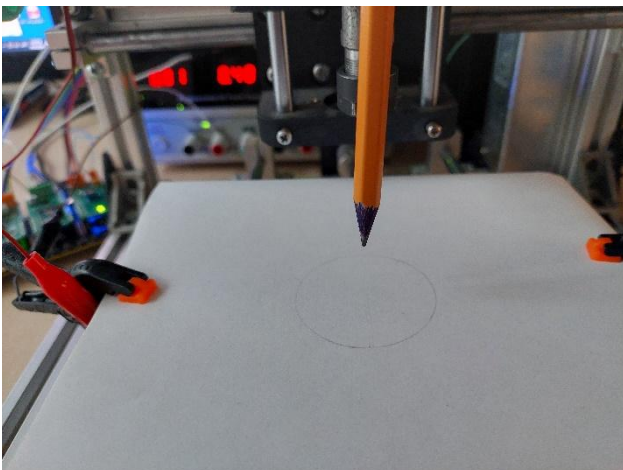


Слика 6. Изглед *IoSender* програма [4]

Слање *G-code* команди је могуће и помоћу неког од алата за серијску комуникацију. Један од таквих програма је *Docklight*. Као и код *IoSender*-а и овде је могуће слати команде.

6. ТЕСТИРАЊЕ

За тестирање функционалности *CNC* машине, као обрадни алат постављена је оловка, чији је задатак да исцрта објекат или слику, која се задаје кроз *G-code* команде. На примјеру који је приказан на слици 7, задатак је био да се исцрта кружница и може се видјети да је задатак успјешно извршен.



Слика 7. Приказ исцртане кружнице

7. ЗАКЉУЧАК

У овом раду приказана је минимална конфигурација са само неопходним компонентама. Минимална конфигурација може се унаприједити уградњом неких додатака као што су тастери за покретање и паузирање циклуса, гранични прекидачи који служе за принудно заустављање, додавање *Ethernet*-а (поузданији од *USB*-а), додавање *WiFi*-а итд. Такође је приказана

способност *grblHAL*-а да брже и ефикасније обавља задатке које добија од контролера.

8. LITERATURA

- [1] <https://www.grbl.org/what-is-grblhal> (приступљено у јуну 2024.)
- [2] <https://www.grbl.org/building-a-grblhal-machine> (приступљено у јуну 2024.)
- [3] <https://www.mikroe.com/?srltid=AfmBOorxqXSZtWdzGYirDU62e24SuYCXRxwwkqx4yT49v-GcGGvXRuy> (приступљено у јулу 2024.)
- [4] <https://www.grbl.org/single-post/one-sender-to-rule-them-all> (приступљено у августу 2024.)

Кратка биографија:



Никола Марковић рођен је у Теслићу 1999. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењена електроника одбранио је 2022. год.
контакт: nmarkovic999@gmail.com