



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

*Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i
inteligentne sustave*



Laboratorij računalnog inženjerstva 2

**Operacijski sustavi za ugradbena računala – CMSIS-RTOS
sučelje za procesor ARM Cortex M**

Laboratorijska vježba

Uvod

Ugradbena računala koriste se za obavljanje niza različitih funkcija: upravljanje, prikupljanje i obradu podataka, komunikaciju i sl. Budući da su u početku ugradbena računala imala dosta malu računalnu moć i koristila se uglavnom za obavljanje jedne funkcije, za svaki takav sustav pisala se posebna programska potpora prilagođena mogućnostima sklopovlja. Današnji sustavi imaju znatno veću računalnu moć, uglavnom obavljaju više različitih funkcija, a sve značajniji su zahtjevi za skraćivanje vremena i smanjenje troškova izrade. U takvim slučajevima nužno je koristiti operacijski sustav koji pruža veću fleksibilnost te povećanjem razine apstrakcije pojednostavljuje proces izrade programske potpore.

Danas postoji cijeli niz operacijskih sustava posebno prilagođenih ugradbenim sustavima s podrškom za rad u stvarnom vremenu (engl. *real-time operating system* – *RTOS*). CMSIS-RTOS [1] je generičko RTOS sučelje za sustave temeljene na procesoru ARM® Cortex®-M [5]. Ono pruža standardizirani API za programske komponente koje zahtijevaju RTOS funkcionalnost. U ovoj vježbi upoznat ćete se s CMSIS-RTOS sučeljem i funkcionalnostima koje pruža: mehanizme višedretvenosti i sinkronizacije, mrežno povezivanje, napredno upravljanje memorijom, praćenje protjecanja vremena, upravljanje prekidima na korisničkoj razini itd. Na CMSIS-RTOS sučelju se temelje vrlo zastupljeni operacijski sustavi za ugradbena računala i IoT kao što su Keil RTX [2], FreeRTOS [3] i ARM Mbed [4].,

Zadatak

U ovoj laboratorijskoj vježbi Vaš je zadatak koristeći alat Keil uVision5 upoznati se sa osnovnim značajkama sučelja CMSIS-RTOS na simulaciji platforme STM32 Nucleo-64 s mikrokontrolerom STM32F103RB te razviti jednostavan višedretveni sustav koji se sastoji od:

- 3 periodičke dretve (D1-D3) s periodama 2, 4 i 8 sekundi, dok posao traje 0,5s.
- 5 neperiodičkih dretvi (D4 – D8) koje obavljaju poslove po zahtjevu:
 - DIP¹ sklopke aktiviraju ili deaktiviraju svaku pojedinu dretvu.
 - PUSH tipkala dodaju novi posao za pojedinu dretvu.
 - Obrada svakog posla traje fiksno 0,5 sekundi.

Promjena stanja DIP sklopki i PUSH tipkala dovodi do prekida te je potrebno implementirati prekidne rutine koje će dohvatiti odgovarajuće podatke. Stanje dretvi prikazuje se na LEDicama (upaljene kad dretva obavlja posao, ugašene kad nije aktivna). Za realizaciju ovakvog sustava potrebno je koristiti dretve, semafore, brojače i prekide.

Pseudokod rješenja:

```
sem_t sem[5];
int posao[5];

Glavna_dretva(){
    Postavi_prioritet(self, MAX);
    stvori_dretve(3, periodičke);
    stvori_dretve(5, neperiodičke);
    for (i: 0 to 7)
        postavi_prioritet(dretva(i), i); //padajući prioritet
```

¹ Za sklopke, tipke i LEDice odaberite GPIO pinove po vlastitom nađenju u skladu s uputama u [6].

```

}

Periodička_dretva(i){
    upali_led(i);
    radi_posao(); //radno čekanje 500 ms
    ugasi_led(i);
    spavaj_do_isteka_perioda(i);
}

Neperiodička_dretva(i){
    Čekaj_semafor(i);
    ako(posao[i]==0)
        spavaj(50); //spavanje po 50 milisekundi dok nema posla
    dok(posao[i]>0)
        upali_led(i);
        odradi_posao();
        ugasi_led(i);
        posao[i]--;
}

Prekidna_rutina_DIP(){
    m= dohvati_uključenu_sklopku();
    postavi_semafor(m);
}

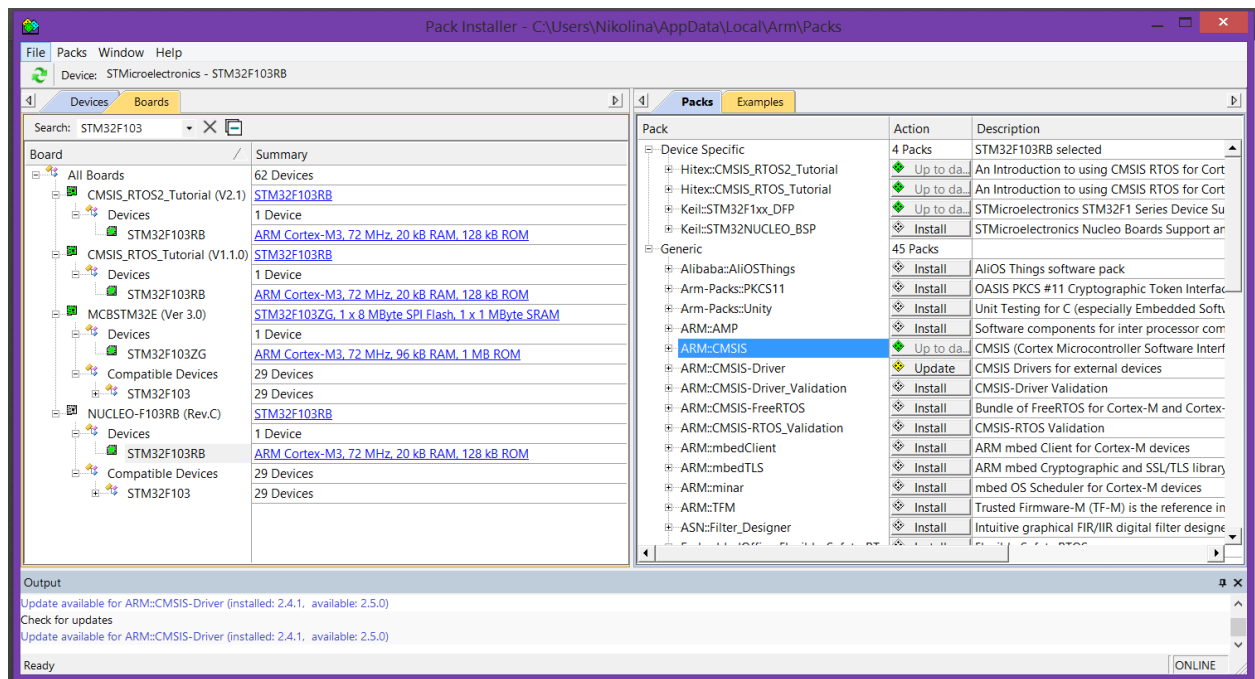
Prekidna_rutina_PUSH(){
    b= dohvati_pritisnuti_gumb();
    posao(b)++;
}

```

Upute za instalaciju alata Keil uVision i simulaciju platforme

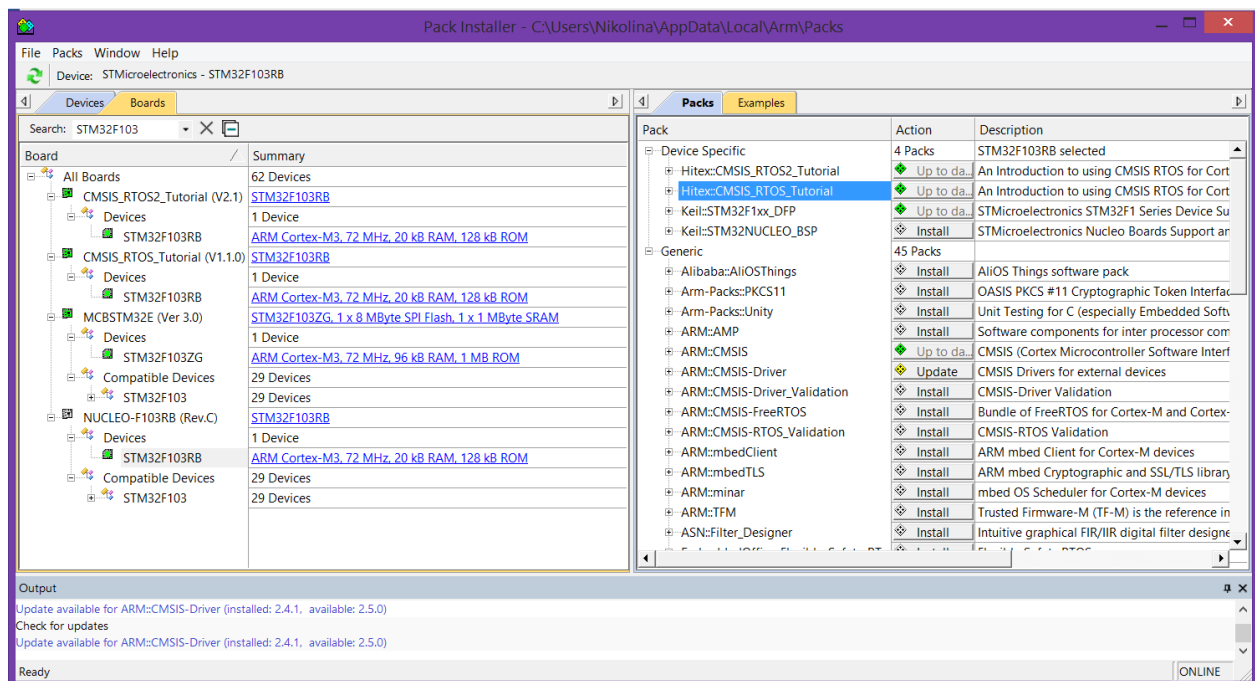
Za izvođenje ove vježbe potrebno je instalirati alat Keil MDK-ARMv5 koji uključuje Keil uVision5 razvojno sučelje sa prevoditeljem i simulatorom. Instalacijsku datoteku moguće je preuzeti s poveznice <http://www2.keil.com/mdk5/install/>. Za potrebe izvođenja vježbe dovoljna je besplatna *Lite* inačica, ali je moguće i zatražiti probnu licencu na 30 dana.

Nakon što je uVision instaliran i pokrenut, automatski se otvara sučelje za instalaciju dodatnih paketa **Pack Installer**. Pomoću ovog sučelja moguće je instalirati dodatne alate i preuzeti gotove primjere. Za izradu ove vježbe potrebno je imati instaliran paket **ARM-CMSIS** za uređaj **STM32F103RB**, slika 1.

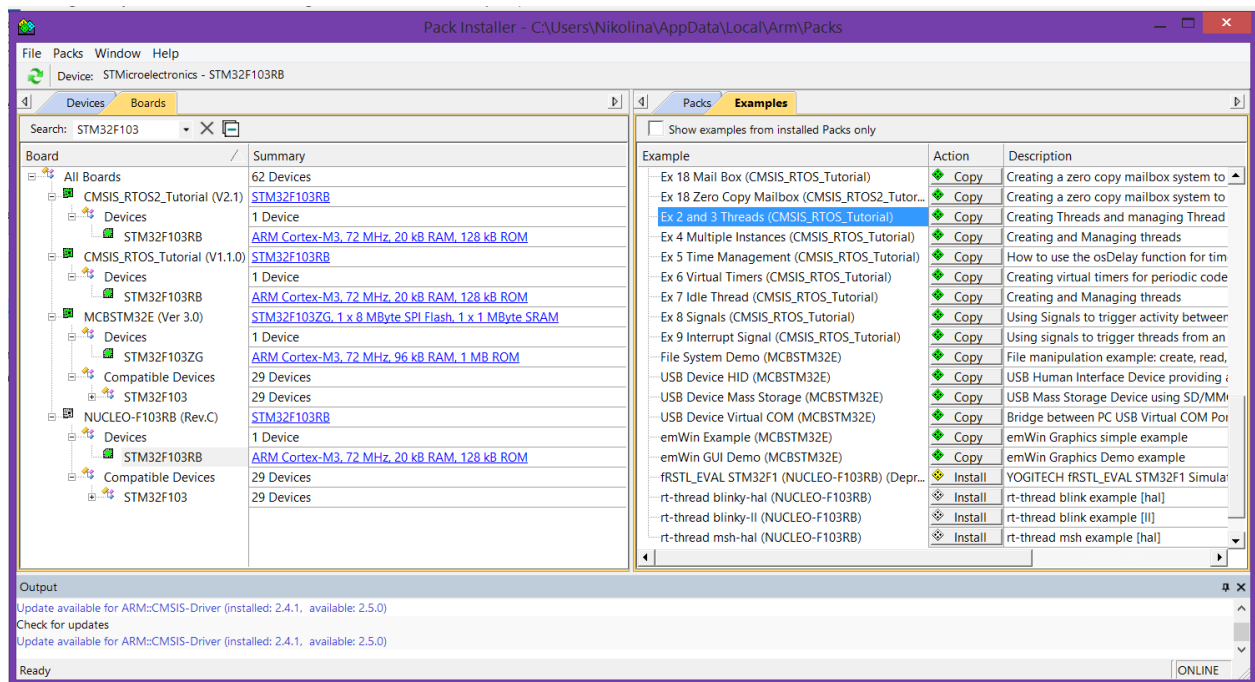


Slika 1 Sučelje Pack Installer

Kako bi uspješno riješili zadani zadatak potrebno je upoznati se sa CMSIS-RTOS sučeljem za što se preporučuje praćenje vrlo detaljnih uputa iz [6] koje će Vas korak po korak upoznati s radom u alatu Keil uVision te korištenjem sučelja CMSIS-RTOS i funkcionalnostima koje pruža: mehanizmi višedretvenosti i sinkronizacije, napredno upravljanje memorijom, praćenje protjecanja vremena, upravljanje prekidima na korisničkoj razini itd. Izvorni kôd svih primjera koji se obrađuju dostupan je za preuzimanje kroz *Pack Installer*. Kako bi se preuzeli primjeri potrebno je instalirati paket Hitex::CMSIS_RTOS_Tutorial, slika 2. Nakon instalacije primjeri su dostupni na kartici *Examples*, slika 3.



Slika 2 Pack Installer – instalacija paketa Hitex::CMSIS_RTOS_Tutorial



Slika 3 Pack Installer – preuzimanje gotovih primjera

Reference

- [1] KEIL, *CMSIS-RTOS2 Documentation*, <https://www.keil.com/pack/doc/CMSIS/RTOS2/html/index.html>
- [2] KEIL, *Keil RTX5*, <http://www2.keil.com/mdk5/cmsis/rtx>
- [3] *FreeRTOS*, <https://www.freertos.org/>
- [4] ARM, *Mbed OS5 Documentation*, <https://os.mbed.com/docs/mbed-os/v5.15/introduction/index.html>
- [5] ARM, *Cortex-M – Arm developer*, <https://developer.arm.com/ip-products/processors/cortex-m>
- [6] KEIL, *RL-ARM – CMSIS RTOS Tutorial*, https://www.keil.com/pack/doc/CMSIS/RTOS/html/CMSIS_RTOS_Tutorial.pdf