

**UNIVERZITET U BEOGRADU
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

Katedra za elektroniku

Predmet: Sistemi u realnom vremenu



**Sistem za upravljanje akvizicijom AD konvertora na razvojnoj
ploči sa mikrokontrolerom MSP430F**

Izveštaj - Projektni zadatak 24

Student: Uroš Cvjetinović
Broj indeksa: 0093/2016
cu160093d@student.etf.bg.ac.rs

Beograd, avgust 2020

Sadržaj

POSTAVKA ZADATKA	3
REZIME	3
BLOK ŠEMA SOFTVERA SISTEMA	4
ARHITEKTURA HARDVERA SISTEMA	5
TASTERI.....	5
LED DISPLEJ.....	6
AD KONVERTOR	6
POTENCIOMETRI.....	6
ARHITEKTURA SOFTVERA SISTEMA.....	7
TASKOVI.....	7
xTask1	7
xTask2	9
xTask3	9
xTaskTimer	10
Prekidna rutina AD konvertora.....	10
vTimerLEDCallback	10
Glavni program	10
ZAKLJUČAK.....	11
LITERATURA	11

POSTAVKA ZADATKA

$(24)_{10} = (011000)_2$ **AB==01**

Prvi zadatak projekta je da startuje akviziciju kanala A14, A15, A8 i A9 AD konvertora na svakih 1000 ms i to pomoću:

C==1 - taska xTaskTimer koji koristi vTaskDelayUntil.

Potrebno je implementirati odloženu obradu prekida (*deffered interrupt processing*) AD konvertora, tako što se rezultat konverzije u prekidnoj rutini upisuje u red sa porukama (Queue) i obaveštava se task xTask1 o prispeću nove poruke putem:

D==0 - direktne notifikacije taskova (*Direct-to-task notification*) u vidu grupe događaja.

Poruka treba da sadrži informaciju o kanalu koji je očitana i gornjih 9 bita rezultata AD konverzije.

Task xTask1 čuva poslednju očitane vrednost za svaki kanal.

Task xTask2:

E==0 – ispituje tastere S1-S4 i na pritisak odgovarajućeg tastera

Obaveštava task xTask1 putem:

D==0 – direktne notifikacije taskova (*Direct-to-task notification*) u vidu grupe događaja

O kanalu čije očitane vrednosti rezultata konverzije treba da šalje tasku xTask3. Svaki put kada stigne nova vrednost sa AD konvertora task xTask1 smešta odgovarajući podatak u red sa porukama na kojem čeka task xTask3.

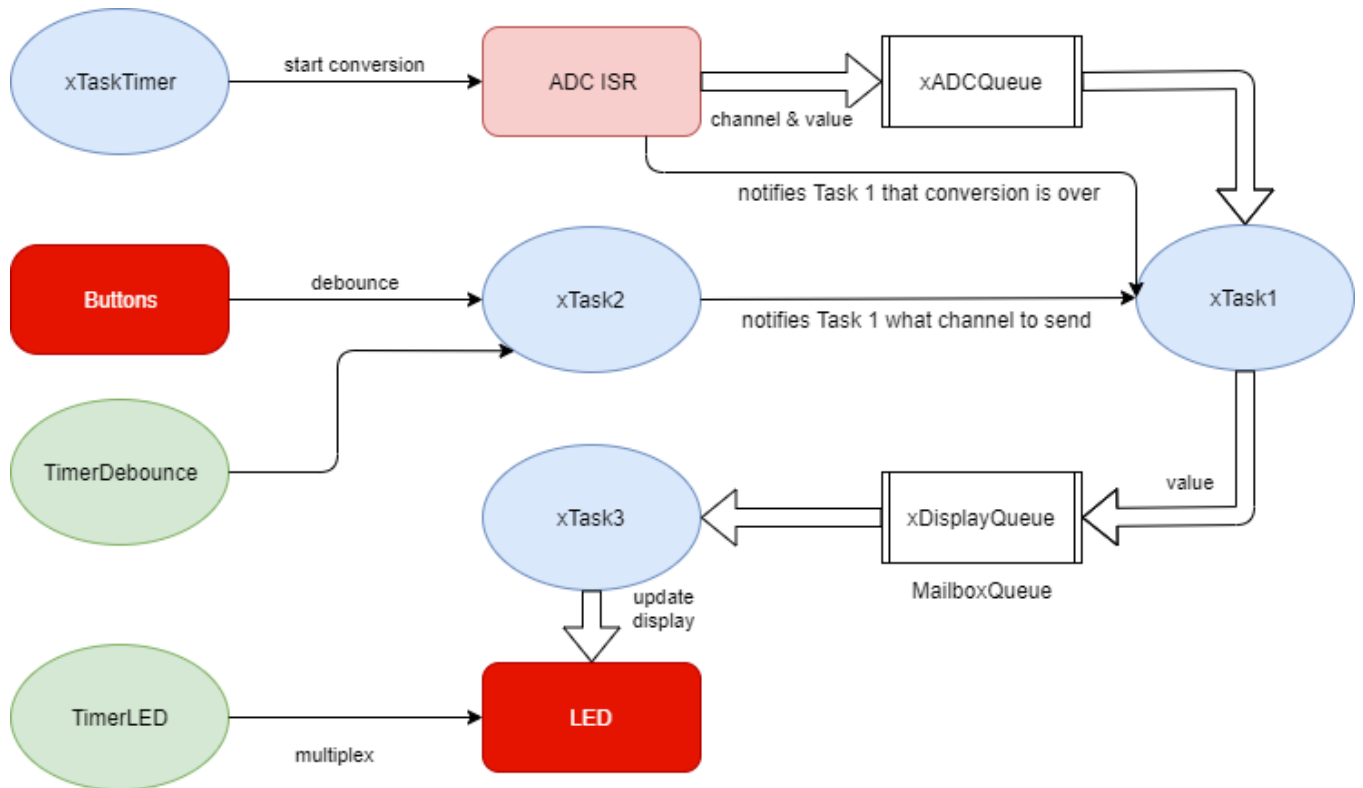
Task xTask3 računa razliku između uzastopnih vrednosti očitane kanala i prikazuje na:

F==0 – multipleksiranom LED displeju.

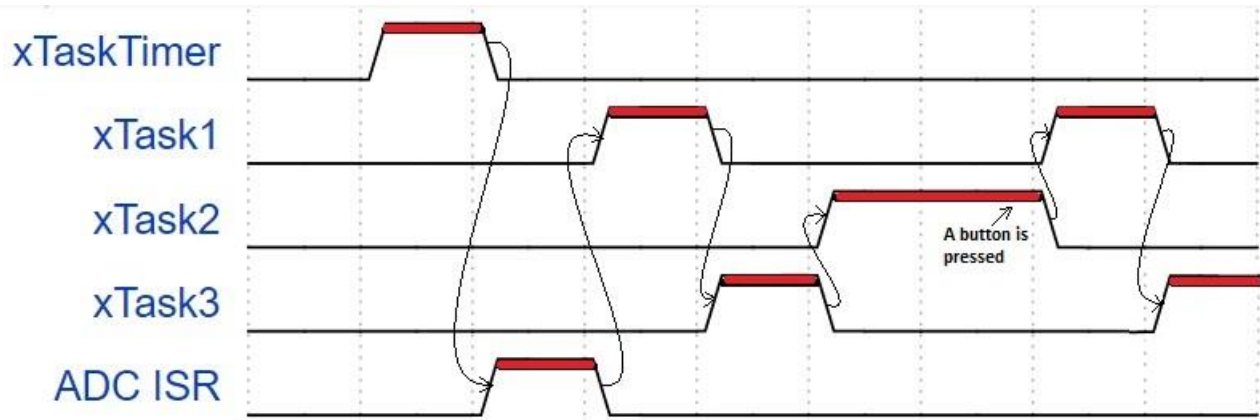
REZIME

Za realizaciju ovog projekta korišćen je mikrokontroler MSP430F5438A koji u sebi sadrži 12-bitni AD konvertor, i razvojna ploča RS_MSP430F5438A. Od periferija korišćeni su tasteri i LED displej, proizvođača Texas Instruments. Korišćen mikrokontroler pripada familiji ultra low power mikrokontrolera. Koristi 16-bitni RISC processor, 16-bitne registre i generatore konstanti koji doprinose njegovoj efikasnosti. Blok šema softvera sistema korišćenog za izradu projekta prikazana je na slici 1.

BLOK ŠEMA SOFTVERA SISTEMA



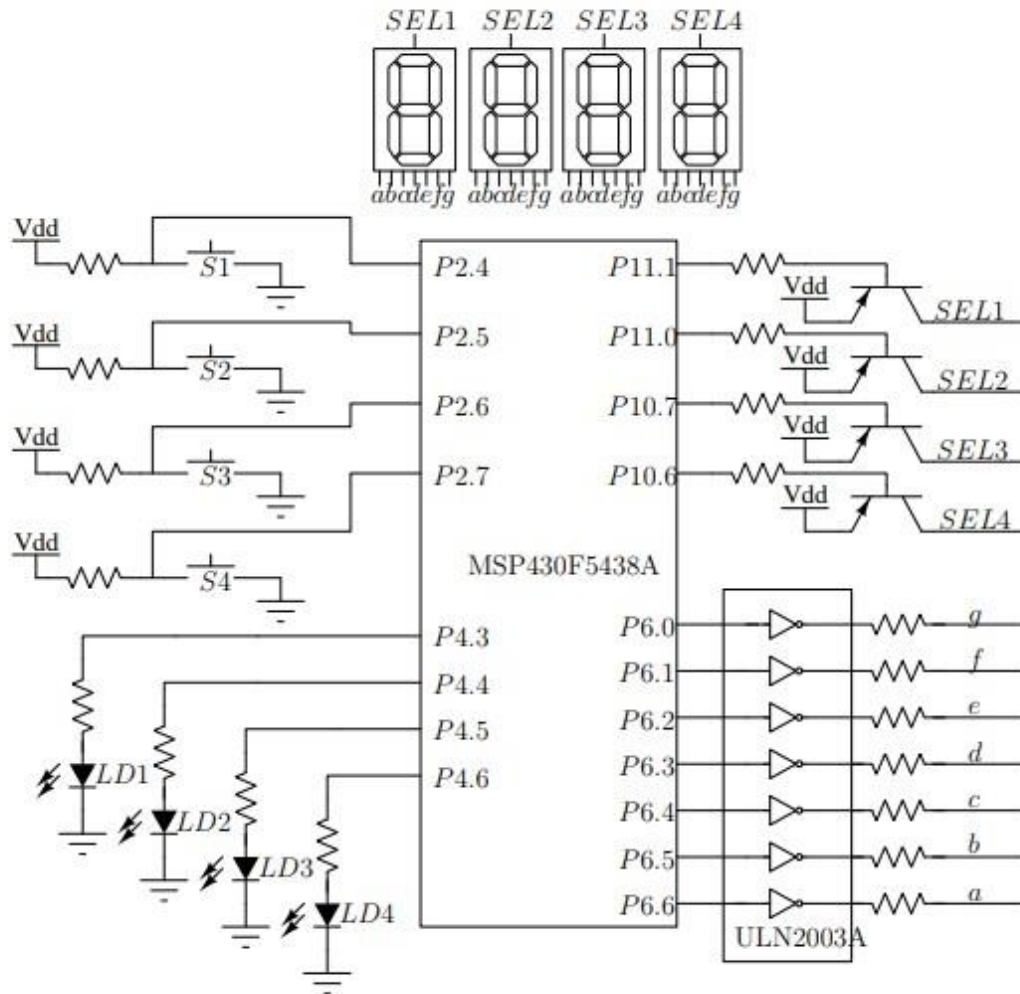
Slika 1 - Blok šema sistema



Slika 2 - Vremenski dijagram

ARHITEKTURA HARDVERA SISTEMA

Kao što je već napomenuto, dodatan hardver korišćen za izradu projekta podrazumeva tastere S3 i S4, LED displej, AD konvertor, 4 potencijometra koji se koriste pri AD konvertziji. Razvojna ploča je povezana sa računarom pomoću serijske komunikacije.



Slika 3 - Hardver sistema

TASTERI

Korišćeni tastari (S1, S2, S3 i S4) povezani su na PORT2 mikrokontrolera, pinove 4, 5, 6 i 7, respektivno. Drugi task ispituje da li je neki od tastera pritisnut i ako jeste obavestiti prvi task preko direktne notifikacije. Pritiskom na taster S1, S2, S3 i S4 menja se potencijometar čija će se vrednost obrađivati pri ispisu na LED displej.

LED DISPLEJ

Na korišćenoj ploči nalazi se četvorocifreni multipleksirani sedmosegmentni LED displej. Svaka cifra kontrolisana je odgovarajućim SEL signalom koji određuje da li je displej uključen. Selekcioni signali se dobijaju sa porta 10 (pinovi 6 i 7) i porta 11 (pinovi 0 i 1) mikrokontrolera.

Pinovi porta 6 su signali povezani na segmente svake cifre. Kontrolom nivoa na ovim pinovima određuje se stanje svakog segmenta za svaku cifru četvorocifrenog displeja.

AD KONVERTOR

12-bitni AD konvertor je modul koji se nalazi u samom mikrokontroleru.

Po zadatku, akvizicija se vrši sa kanala A14, A15, A8 i A9. Ovi kanali povezani su redom na potencioetre P1, P2, P3 i P4 sa razvojne ploče. Rezultati konverzije smeštaju se redom u registre ADC12MEM0, ADC12MEM1, ADC12MEM2 i ADC12MEM3.

POTENCIOMETRI

Potencioetri P1, P2, P3 i P4 povezani su na port 7 (pinovi 6 i 7) i port 5 (pinovi 0 i 1). Povezani su sa AD konvertorom tako da se promenom položaja potencioetra menja napon na ulazu AD konverotra, pa samim tim i odgovarajuća konvertovana vrednost.

ARHITEKTURA SOFTVERA SISTEMA

Funkcionalnost sistema postignuta je zahvaljujući objektima Real Time operativnog sistema (korišćenje prekidnih rutina, redova s porukama, notifikacija). Kod je pisan na programskom jeziku C. Za realizaciju zadatka korišćene su sledeće funkcije:

Taskovi: xTask1, xTask2, xTask3, xTaskTimer;

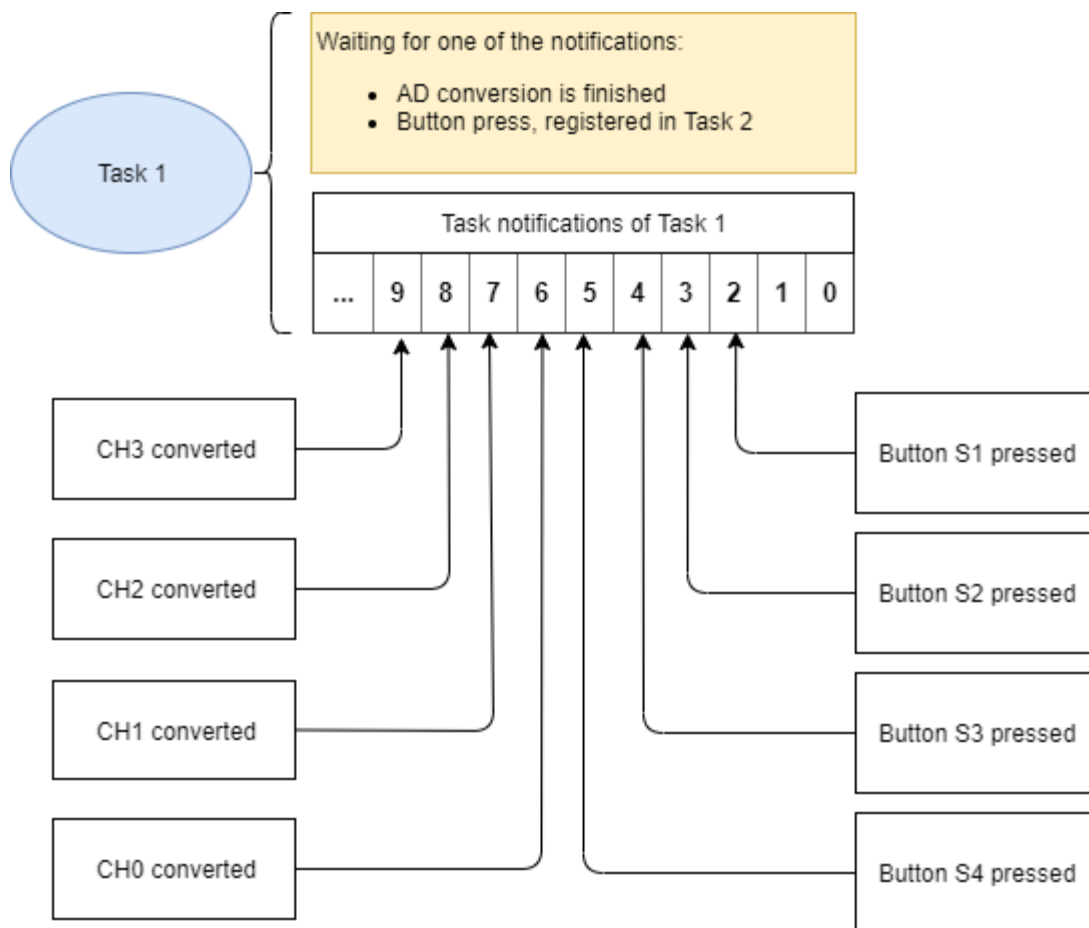
vTimerLEDCallback rutina, vTimerDebounceCallback rutina;

Prekidna rutina AD konvertora;

TASKOVI

xTask1

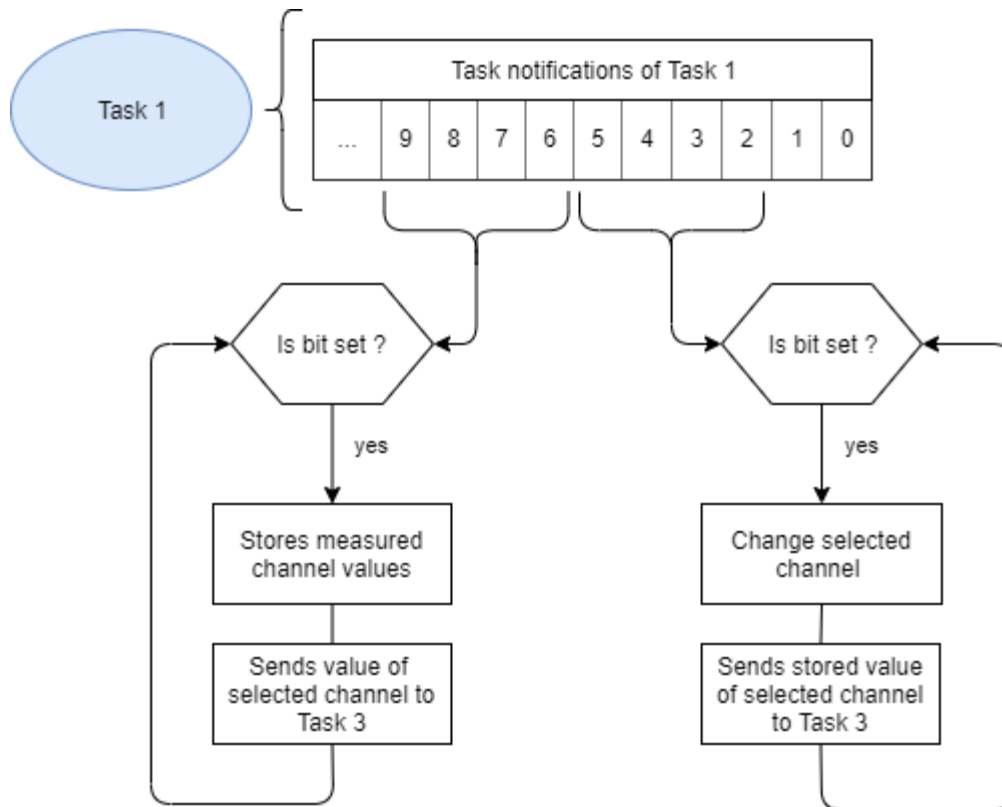
xTask1 je task visokog prioriteta (High priority task). On čeka na notifikaciju iz prekidne rutine AD konvertora ili od xTask2, kao što je ilustrovano na *slici 4*.



Slika 4 – Notifikaciona vrednost Taska 1

Prekidna rutina prosleđuje tasku u paru poreklo vrednosti i vrednost konverzije AD konvertora, po završetku konverzije obaveštava xTask1 da preko direktne notifikacije taska da je poslao podatke upisivanjem u šesti bit notifikacione vrednosti Taska 1.

Task 2 obaveštava Task 1 o pritisku na jedan od tastera S1, S2, S3 i S4, setovanjem bitova 2, 3, 4 i 5, respektivno, notifikacione vrednosti Taska 1.



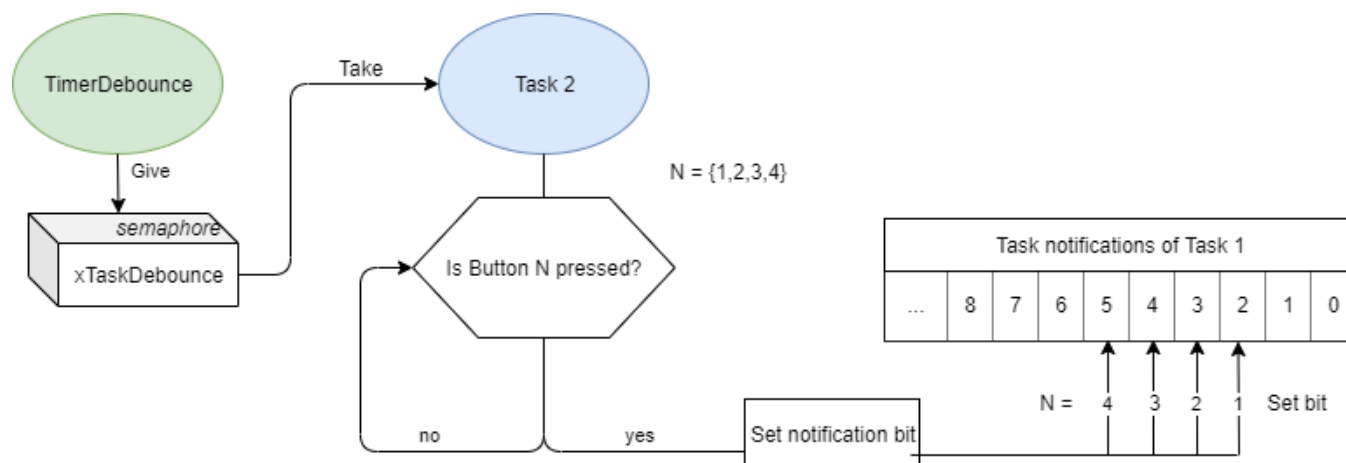
Slika 5 – Izvršavanje taska 1 zavisno od događaja

Task 1 je čeka na jedan od definisanih događaja. Izvršavanje Taska 1 je ilustrovano na slici 5. Task 1 ima sledeća izvršavanja zavisno od događaja:

- Setovanjem šestog, sedmog, osmog i devetog bita notifikacione vrednosti Taska 1, task 1 je obavešten o završenoj AD konverziji kanala 14, 15, 8 i 9, respektivno. Task 1 učitava vrednosti iz reda xADCQueue i memoriše, zatim proverava koji kanal je aktivan i prosleđuje njenu trenutnu vrednost trećem tasku preko reda xDisplayQueue.
- Setovanjem drugog bita notifikacione vrednosti Taska 1, task 1 je obavešten o pritisnutom tasteru S1. Task 1 menja aktivan kanal u kanal 14.
- Setovanjem trećeg bita notifikacione vrednosti Taska 1, task 1 je obavešten o pritisnutom tasteru S2. Task 1 menja aktivan kanal u kanal 15.
- Setovanjem četvrtog bita notifikacione vrednosti Taska 1, task 1 je obavešten o pritisnutom tasteru S3. Task 1 menja aktivan kanal u kanal 8.
- Setovanjem petog bita notifikacione vrednosti Taska 1, task 1 je obavešten o pritisnutom tasteru S4. Task 1 menja aktivan kanal u kanal 9.

xTask2

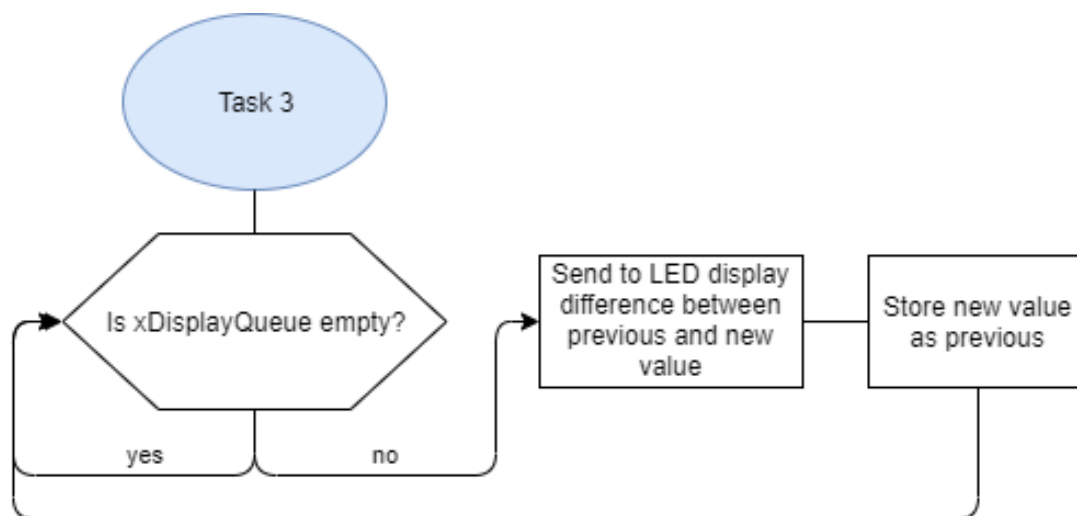
Task 2 ispituje da li je jedan od tastera pritisnut. On vrši debaunsiranje tastera i ako je taster pritisnut obaveštava Task 1 putem direktne notifikacije taska koji je taster pritisnut, tj. koji kanal da postavi na aktivan. Detekcija pritiska urađena je poređenjem prethodnog i trenutnog stanja odgovarajućeg tastera. Task 2 je najnižeg prioriteta (Low priority), i pokreće se pomoću TimerDebounce.



Slika 6 – Izvršavanje taska 2

xTask3

Task 3 je srednjeg prioriteta (Medium priority task). On čita vrednosti iz xDisplayQueue reda i oduzima je od prethodno pročitane vrednosti. Donja 4 bita izračunate vrednosti Task 3 ispisuje na LED displej.



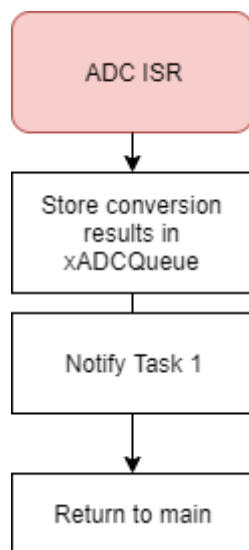
Slika 7 – Izvršavanje taska 3

xTaskTimer

Akvizicija sa kanala A14, A15, A8 i A9 AD konvertora se vrši na svakih 1000ms pomoću taska xTaskTimer koji koristi vTaskDelayUntil.

Prekidna rutina AD konvertora

Zadato je da se vrši akvizicija sa kanala A8, A9, A14 i A15 na svakih 1000ms, i tom prilikom se na najniži bit registra AD12CTL0 postavlja vrednost logičke jedinice. Resetovanje ovog bita registra ADC12CTL0 u okviru taska xTaskTimer startuje se konverzija. Prekidna rutina AD konvertora se poziva kada se izvrši konverzija na nekom od kanala. Implementirana je odložena obrada prekida korišćenjem direktne notifikacije taska i reda s porukama. Pronalazi se kanal sa kog se vrši akvizicija, pa se u strukturu upiše odgovarajuća vrednost. Informacija o ulazu, kao i pročitana vrednost šalju se u vidu reda s porukama. Poruka sadrži informaciju o kanalu koji je očitana i gornjih 9 bita rezultata AD konverzije. Za kreiranje reda sa porukama korišćena je funkcija vADCInitTaskADC koja se poziva na početku main funkcije.



Slika 8 - Prekidna rutina AD konvertora

vTimerLEDCallback

vTimerLEDCallbaack je callback rutina LED displeja. Period tajmera za multipleksiranje displeja je 5ms.

vTimerLEDCallback

vTimerLEDCallbaack je callback rutina LED displeja. Period tajmera za multipleksiranje displeja je 5ms.

Glavni program

U glavnom programu se prvo konfiguriše hardver (što podrazumeva i inicijalizaciju AD konvertora). Za AD konvertor potrebno je setovati bite 6 i 7 na portu 7, i 0 i 1 na portu 5. Zatim se kreiraju taskovi, redovi sa porukama i tajmera.

Pozivom funkcije vTaskStartScheduler ipred beskonačne petlje se startuje izvršavanje svih taskova.

ZAKLJUČAK

Cilj ovog projekta bila je implementacija naučenog gradiva na predmetu Sistemi u realnom vremenu. Za izradu projekta korišćen je mikrokontroler MSP430F5438A.

Eventualna modifikacija projekta bi mogla da podrazumeva testiranje prilikom pritiska određenih tastera na tastaturi. Takođe, ispisivanje rezultata konverzije na LED displeju, LCD displeju ili preko UART-a u zavisnosti od pritisnutog tastera bi bila zanimljiva modifikacija programa.

LITERATURA

1. Materijali korišćeni za predavanja i vežbe iz predmeta Sistemi u realnom vremenu
2. Materijali korišćeni za vežbe iz predmeta Integrirani računarski sistemi
3. [FreeRTOS User's Guide](#)