Mikroprocesorska elektronika

Predavanje I

Sadržaj predavanja

- Osnovne informacije o predmetu
- Uvod u emebeded sisteme
- Struktura embeded sistema
- Klasifikacija embeded sistema

Osnovne informacije o predmetu

- Kurs se sastoji iz predavanja i računarskih vežbi
- Računarske vežbe su obavezne
- Da bi se položio ispit moraju se:
  - Položiti dva teorijska kolokvijuma
  - Položiti dva računarska kolokvijuma
- Način formiranja ocene
  - Teorijski deo = 50 % (minimum 25 %)
  - Računarski deo = 50 % (minimum 25 %)

Uvod u embeded sisteme

Definicija embeded sistema

- Embeded sistem se uopšteno može opisati kao uređaj koji sadrži tesno povezane hardverske i softverske komponente projektovane sa ciljem ostvarivanja jedne ili više unapred definisanih funkcija
- Najčešće čini deo većeg sistema, nevidljiv je za krajnjeg korisnika
- Nije namenjen da može da se programira i modifikuje od strane korisnika
- Očekuje se da će raditi sa minimalnom ili bez ikakve interakcije sa čovekom
- Dve karakteristike su prisutne u većini embeded sistema:
  - Reaktivno ponašanje
  - Rad pod vrlo velikim ograničenjima

Reaktivni ponašanje

- Većina embeded sistema interaguje direktno sa svojim okruženjem i procesima
- Odluke je potrebno donositi tokom samom rada, na osnovu trenutnih vrednosti ulaza u sistem
- Ovo zahteva da embeded sistemi budu reaktivni, reagujući u realnom vremenu na promene ulaza, na taj način obezbeđujući korektnu funkcionalnost

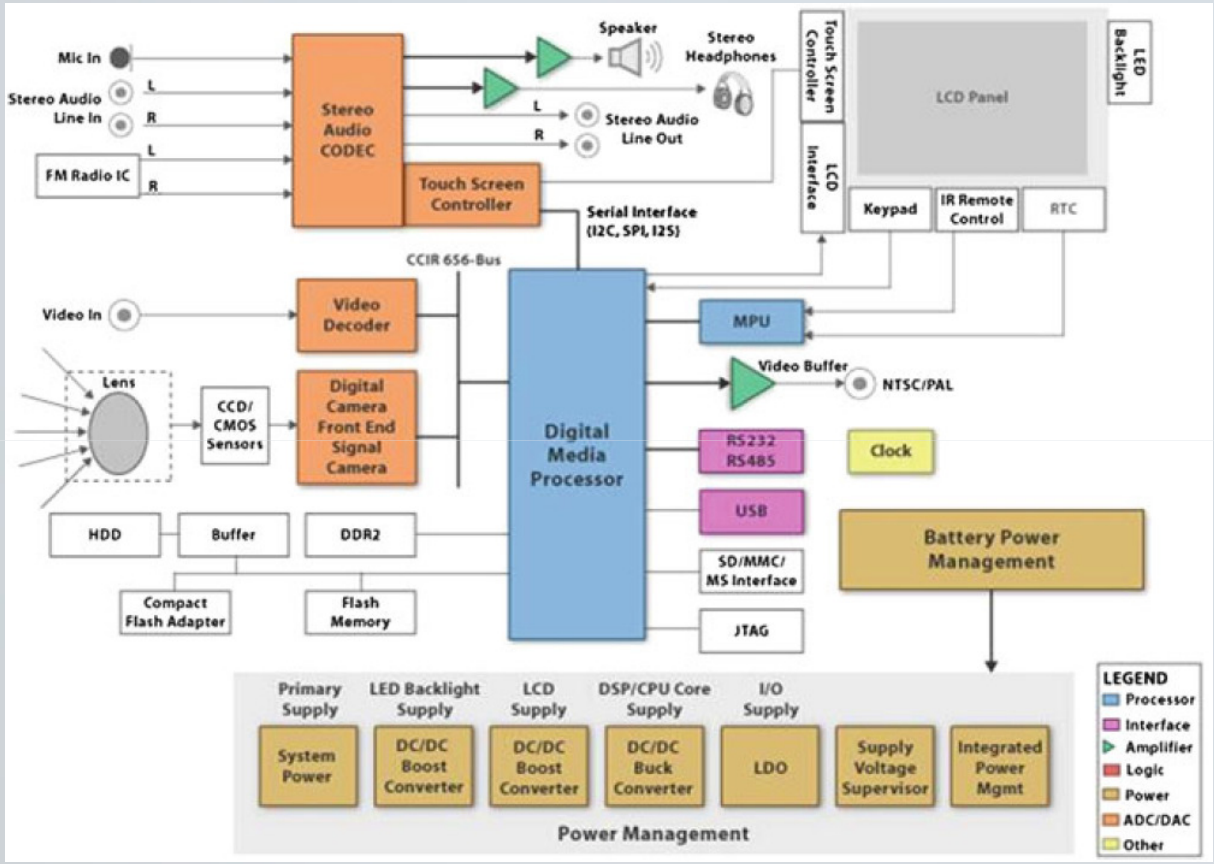
Rad pod velikim ograničenjima

- Embeded sistemi rade u okruženjima koja se karaterišu velikim ograničenjima
- Raspoloživa količina memorije, procesorske moći i energije su tipično ograničeni
- Zahtevi proizvodnje, povezani sa brojem fabrikovanih uredjaja, postavljaju veliko ograničenje u pogledu cene fabrikacije

Struktura emebeded sistema

Struktura savremenog embeded sistema I

- Većina savremenih emebeded sistema bazirana je na mikroprocesorima
- Usled složenosti aplikacija one se uglavnom realizuju pomoću većeg broja interagujućih embeded sistema
- Generički multimedijalni uređaj, prikazan na slici desno, sastoji se iz:
  - sistema za obradu audio signala
  - sistema za obradu video signala
  - sistema za smeštanje podataka
  - korisničkog interfejsa
  - sistema za napajanje
- Svaki od ovih sistem realizovan je kao odvojeni embeded sistem koji je integrisan u ciljnu aplikaciju



Struktura savremenog embeded sistema II

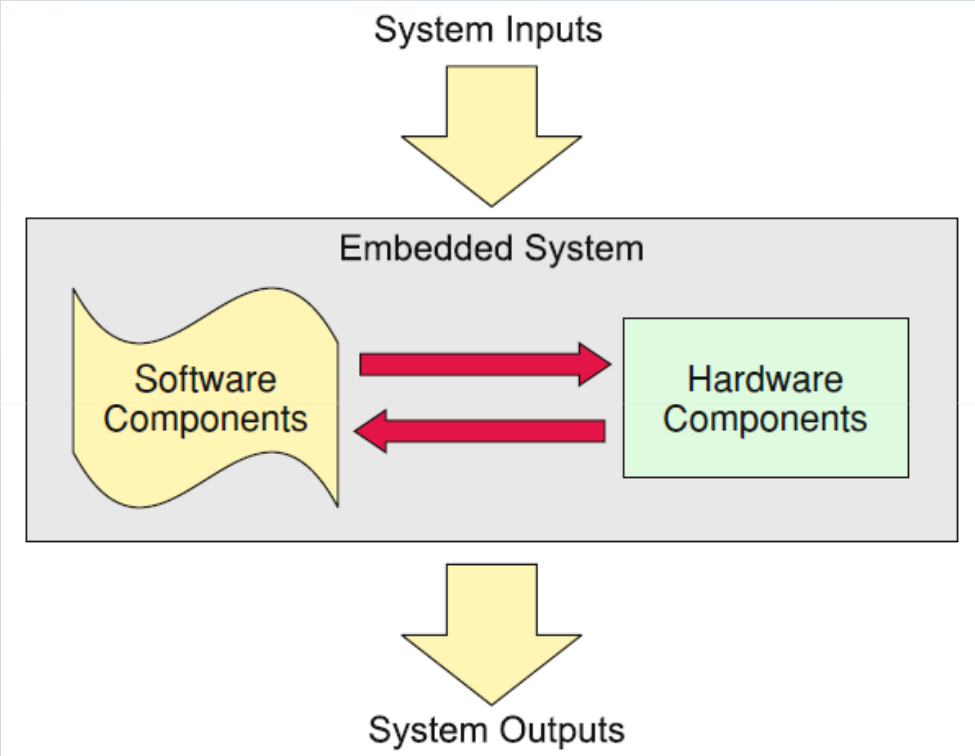
- Prethodni slajd ilustrovao je koncept embeded sistema za vrlo specifičnu aplikaciju

- Međutim, sličan koncept sistema može se pronaći u gotovo svakom aspektu našeg svakodnevnog života:
  - Multimedijalnim uređajima - mobilni telefoni, MP3 plejeri, PDA uređaji, digitalne kamere
  - Kućnim aparatima - mikrotalasna rerna, mašina za pranje veša i sudova, TV
  - Transportnim uređajima – kola, brodovi, vozovi, avioni
  - Medicinskim uređajima i uređajima za održavanje života – pejsmejker, ventilator, rengen
  - Sigurnosnim sistemima – ABS, airbag, električni nadzor
  - Vojnim sistemima – sistemi za navođenje projektila, radari, GPS sistemi

- Iako sveprisutni, embeded sistemi su gotovo neprimetni za krajnjeg korisnike obezbeđujući “inteligentan” rad mašina i uređaja oko nas

Struktura savremenog embeded sistema III

- Bez obzira na funkciju koju izvodi, svaki embeded sistem se na najvišem nivou može podeliti na dve, usko povezane, komponente:
  - Skup hardverskih komponenti, koje tipično uključuju neku vrstu centralno procesirajućeg uređaja realizovanog u formi mikroprocesora
  - Skup softverskih programa, poznatih pod nazivom *firmware*, koji obezbeđuju željenu funkcionalnost hardvera
- Svaki embeded sistem interaguje sa svojim okruženjem preko:
  - Ulaza u sistem, predstavljaju procesne promenljive i parametri koji se najčešće prikupljaju preko različitih senzora i ulazno/izlaznih portova
  - Izlaza iz sistema, koji predstavljaju kontrolne akcije na odgovarajućim aktuatorima ili obrađene informacije za korisnike ili druge podsisteme u okviru ciljne aplikacije.



Primer strukture embeded sistema I

- Analizirajmo strukturu embeded sistema ugrađenog u mikrotalasnu rernu

- Hardverska komponenta ovog sistema uključuju:
  - magnetron - generator mikrotalasa,
  - modul energetske elektronike – namenjen kontroli magnetrona
  - motor - za obrtanje ploče na koju se stavlja obrok
  - tastaturu – sa tasterima za izbor načina i trajanja pripremanja jela
  - sistemski displej – za prikazivanje statusnih i vremenskih informacija
  - zvučnik – za generisanje različitih audio signala
  - ugrađeni mikroprocesorski sistem – za koordinaciju rada čitavog sistema

Primer strukture embeded sistema II

- Ulazi u sistem uključuju:
  - selekciju načina pripreme jela, vreme pripreme jela i jačinu grejanja – zadate preko tastature
  - statusne informacije o stanju magnetrona
  - temperaturu jela
  - statusne signale sa različitih unutrašnjih senzora i prekidača

- Izlazi sistema uključuju:
  - prestalo vreme pripreme jela i status mikrotalasne rerne – prikazane na sistemskom displeju
  - trenutnu snagu magnetrona koja se prosleđuje sistemu za upravljanje
  - komande da li je potrebno uključiti ili isključiti rotirajuću ploču
  - signale ka zvučniku potrebne za generisanje različitih audio signala

Primer strukture embeded sistema III

- Softverska komponenta predstavlja najapstraktniji deo embeded sistema, ali je podjednako važna za ostvarivanje ukupne funkcionalnosti sistema kao i harverska komponenta

- Softverska komponenta uključuje skup različitih programa koji diktiraju sekvencu po kojoj rade hardverske komponente.

- Na primer, kada korisnik odabere neki od unapred programiranih načina pripreme jela, softver:
  - analizira pritisnute tastere na kontrolnom panelu i identifikuje koju je opciju odabrao korisnik
  - donosi odluku o potrebnoj jačini generisanih mikrotalasa i vremenu pripreme jela
  - započinje i prekida proces mikrotalasnog ozračivanja unutar rerne, uključuje i isključuje rotiranje ploče na koju je obrok postavljen
  - generiše potrebne audio signale kojima se korisnik obaveštava da je obrok pripremljen

Primer strukture embeded sistema IV

- U toku same pripreme jela, softver:
  - nadgleda temperaturu jela i, po potrebi, prilagođava jačinu i vreme trajanja generisanih mikrotalasnih signala
  - nadgleda ispravan rad unutrašnjih komponenti i u slučaju nepravilnog rada zaustavlja proces pripreme jela da bi se izbegle moguće katastrofalne posledice

- Iako je opis rada mikrotalasne rerne izveden na sistemskom nivou, tesna međuzavisnost između aplikacije, hardvera i softvera je očigledna.

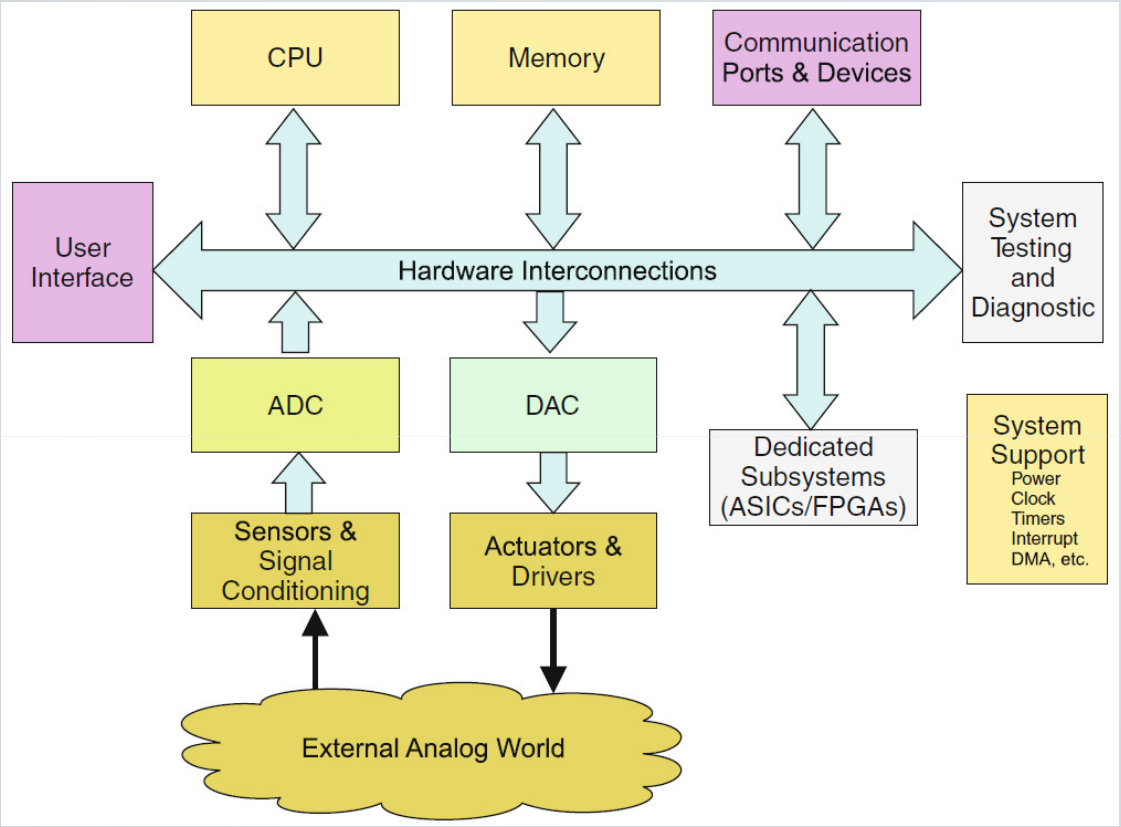
- U nastavku će hardverska i softverska komponenta biti analizirane sa većim detaljima

Hardverska komponenta embeded sistema I

- Generalno, hardverska komponenta embeded sistema uključuje sve elektronske komponente neophodne da bi sistem mogao da ostvaruje funkciju za koju je projektovan.

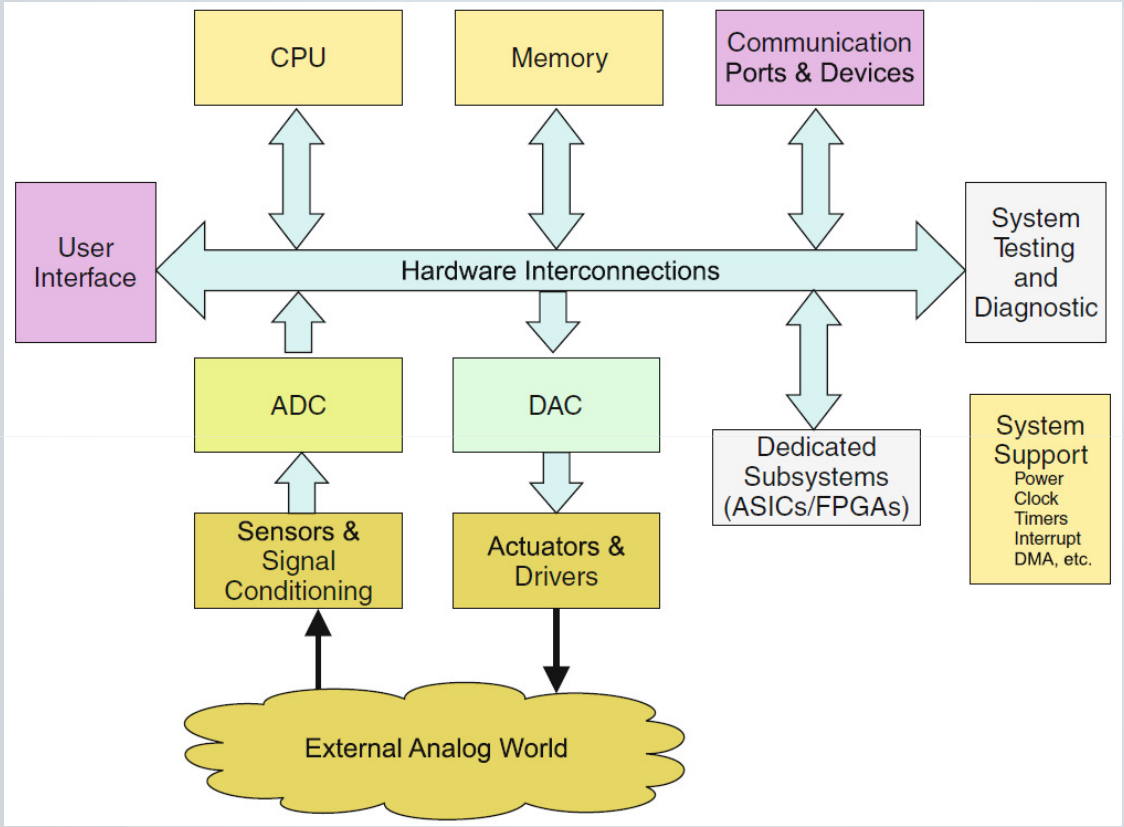
- Imajući u vidu prethodnu definiciju, jasno je da će se hardverska struktura jednog embeded sistema značajno razlikovati od strukture drugog embeded sistema, ukoliko se razlikuju aplikacije za koje su ovi sistemi projektovani

- Ipak, tri ključne hardverske komponente svakog embeded sistema su:
  - CPU - centralna procesirajuća jedinica
  - sistemska memorija
  - ulazno/izlazni podsistem - skup ulaznih i izlaznih portova preko kojih CPU komunicira sa svojim okruženjem



Hardverska komponenta embeded sistema II

- Centralni procesor (CPU) izvršava instrukcije programa (softvera) sa ciljem obrade signala koji dolaze sa sistemskih ulaza i donošenja odluka koji upravljaju radom čitavog sistema
- Sistemska memorija skladišti programe i podatke neophodne da bi čitav sistem funkcionisao
- U većini embeded sistema postoji jasna podela između programske memorije i memorije za podatke
- Programska memorija služi za smeštanje programa koji se izvršava na CPU
- Memorija podataka čuva podatke koji se obrađuju u sistemu



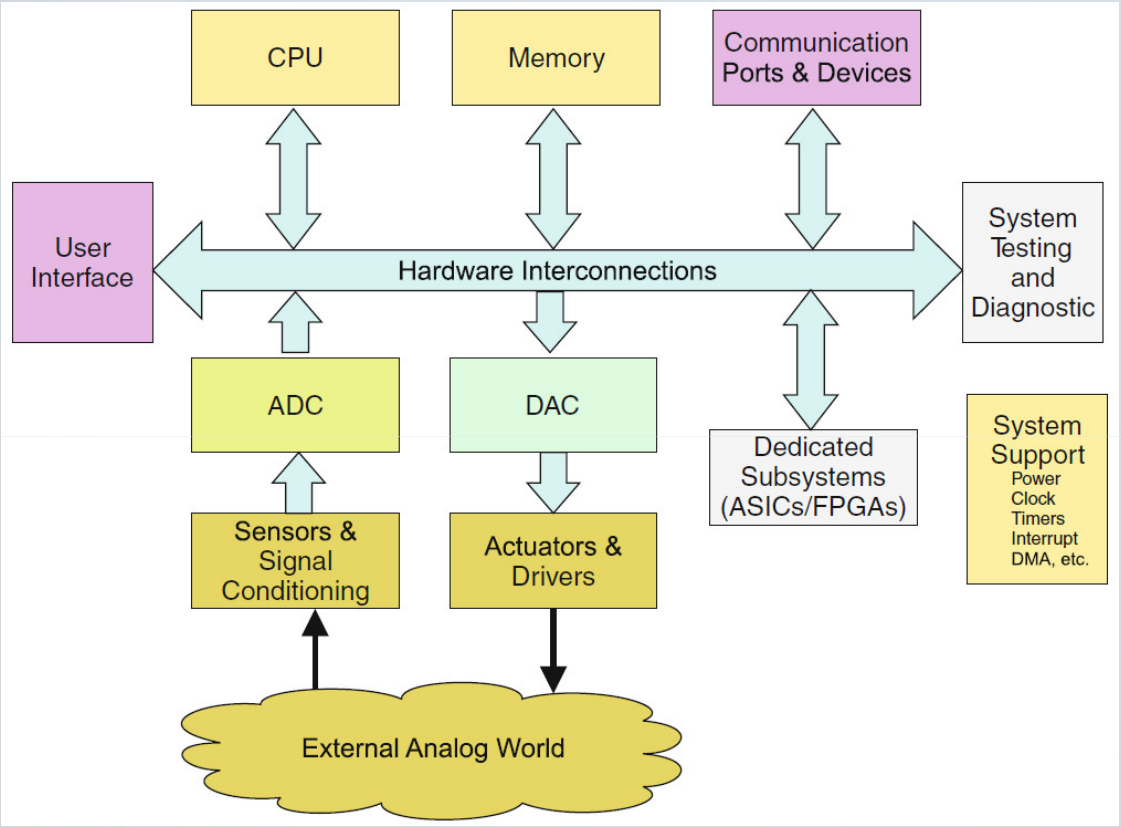
Hardverska komponenta embeded sistema III

- Ulazno/izlazni podsistem omogućava prenos podataka između CPU i njegovog okruženja

- Pored navedene tri komponente, različit broj i vrsta ulazno/izlaznih uređaja, neophodnih za funkcionisanje sistema, može biti prisutan u zavisnosti od ciljne aplikacije:

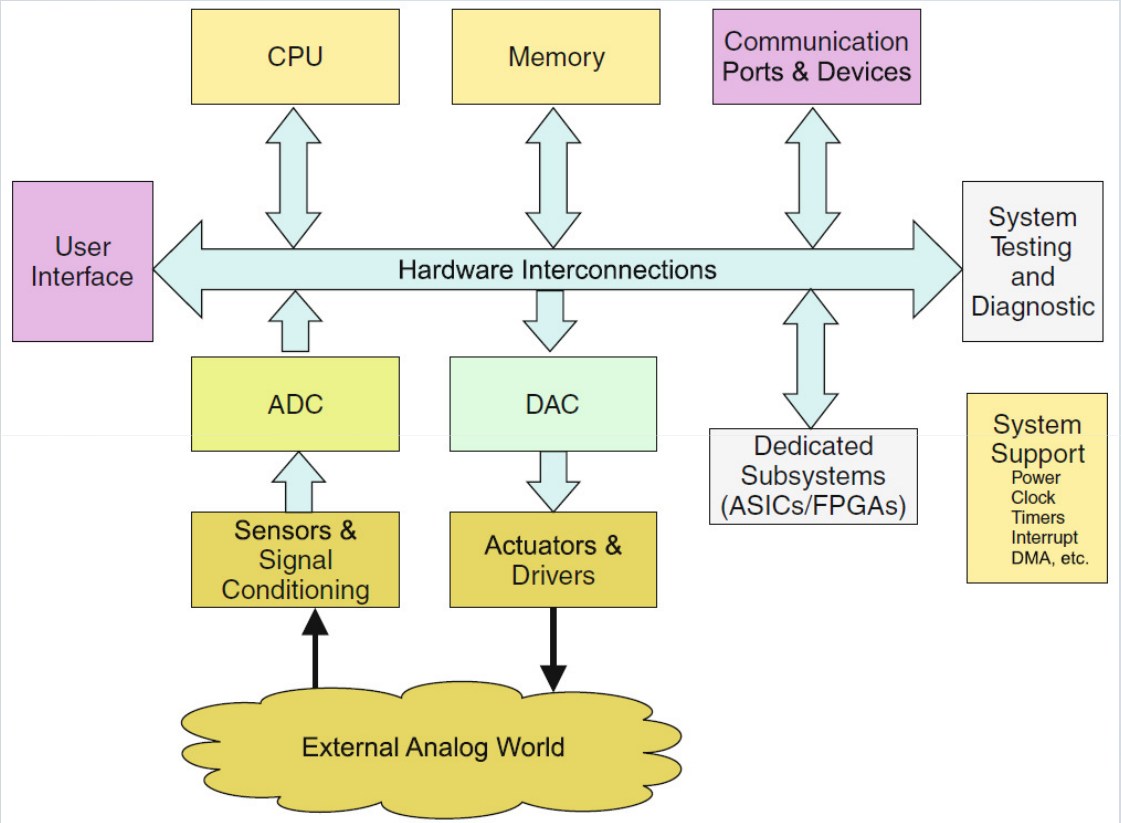
  - Komunikacioni portovi za serijsku i/ili paralelnu razmenu podataka sa ostalim uređajima ili sistemima. USB portovi, printer portovi, bežični RF i infracrveni portovi su neki od mogućih primera.

  - Korisnički interfejs za interakciju sa ljudima. Tastature, prekidači, zujalice i mikrofoni, svetla, numerički, alfanumerički i grafički displeji su nei od mogućih primera.



Hardverska komponenta embeded sistema IV

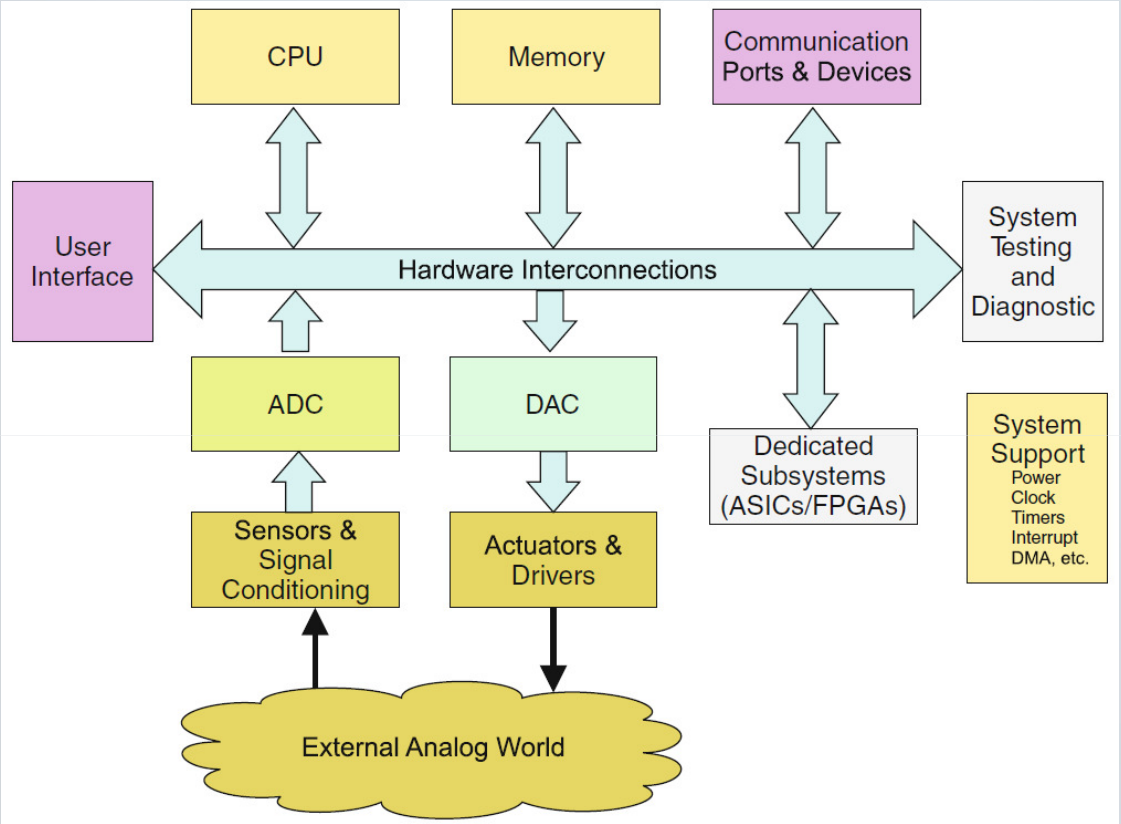
- Senzori i elektromehanički aktuatori za interakciju sa okruženjem sistema
  - Senzori obezbeđuju ulazne električne signale koji su u vezi za različitim fizičkim veličinama kao što su: temperatura, pritisak, pomeraj, ubrzanje, rotacija, itd
  - Motori, step motori, releji su neki od primera aktuatora koji prihvataju i transformišu električne signale generisane od strane embeded sistema
- Analogno-digitalne (ADC) i digitalno-analogne (DAC) konvertore, koji ommogućavaju interakciju sa analognim senzorima i aktuatorima. Ukoliko je signal koji dolazi sa senzora analogan, ADC ga pretvara u odgovarajući digitalni format koji se može obraditi pomoću CPU. Slično, kada CPU ima potrebu da zada komandu nekom od analgnih aktuatora, DAC je neophodan da bi se promenio format signala.
- Dijagnostičke i redundantne komponente za verifikaciju i obezbeđivanje robusnog i pouzdanog rada čitavog sistema



Hardverska komponenta embeded sistema V

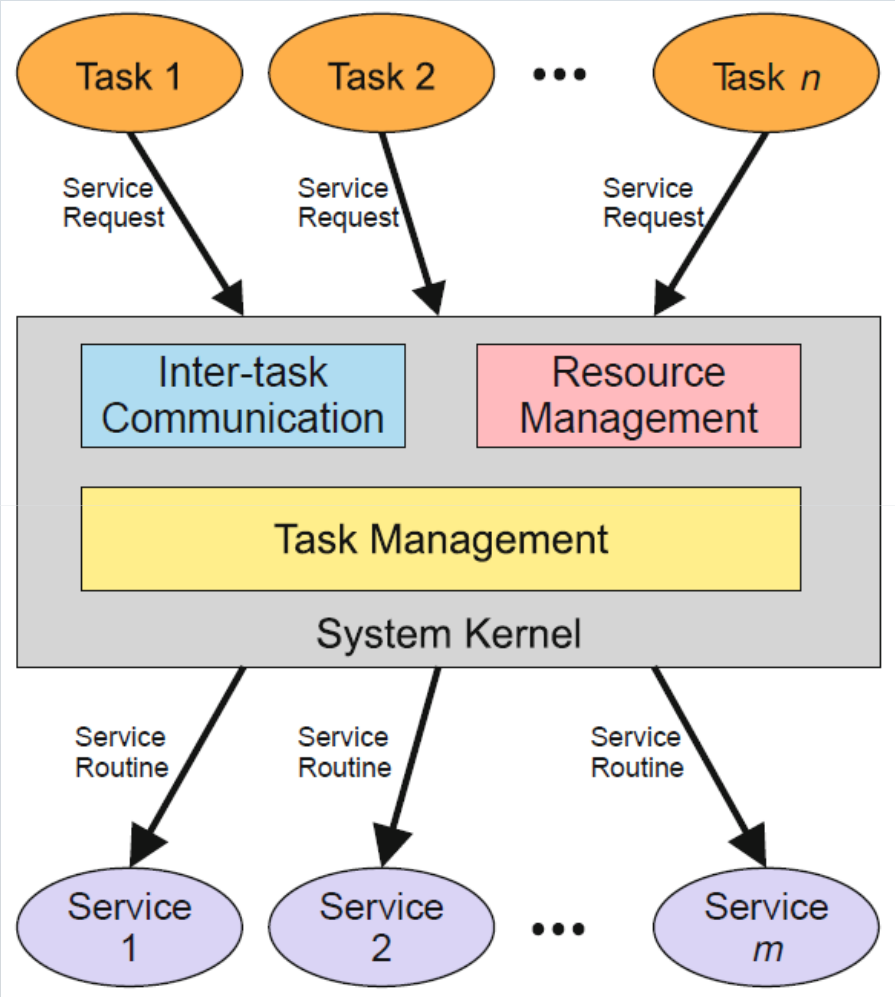
- Različite komponente koje obezbeđuju esencijalne funkcije koje omogućavaju nesmetan rad sistema. Ove komponente uključuju sisteme napajanja, generatore klok signala, tajmere, interapt kontrolere, DMA kontrolere, itd.

- Različite podsisteme koji realizuju specifične funkcije sistema. Ovi podsistemi mogu biti realizovani pomoću ASIC, FPGA ili drugih tipova namenskih komponenti, u zavisnosti od složenosti ciljne aplikacije.



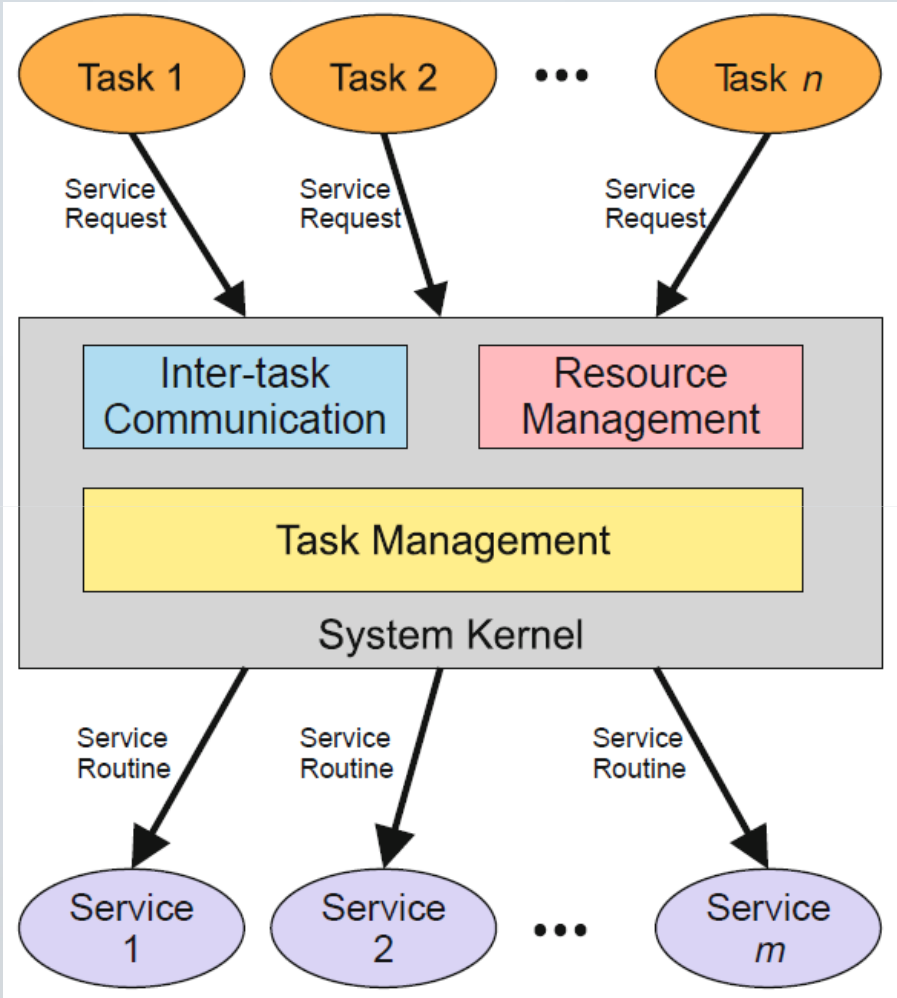
Softverska komponenta embeded sistema I

- Softverska komponenta embeded sistema uključuje sve programe potrebne da se obezbedi zahtevana funkcionalnost hardvera
- Ovi programi, poznati i pod nazivom firmver (firmware), smešteni su u nekoj vrsti trajne memorije
- Firmver nije predviđen da bude modifikovan od strane korisnika, iako neki embeded sistemi pružaju mogućnost za njegovo poboljšavanje (firmware upgrade)
- Sistemski programi su obično organizovani oko nekog operativnog sistema i aplikativnih rutina
- Operativni sistem može biti mali i neformalan u slučaju malih aplikacija, ali kako aplikacije postaju složenije, operativni sistem će zahtevati više strukture i formalnosti



Softverska komponenta embeded sistema II

- Glavne komponente sistemskog softvera su:
  - sistemski zadaci (system task)
  - sistemski kernel
  - servisi
- Softver embeded sistema podeljen je na skup manjih programa koji se nazivaju sistemski zadaci
- Svaki zadatak zadužen je za izvršavanje specifične akcije, za šta koristi neke od sistemskih resursa
- Zadaci upućuju zahteve sistemskom kernelu kako bi realizovali njima pridružene akcije
- U primeru sa mikrotalasnom rernom rad sistema može se dekomponovati na skup zadataka koji uključuju:
  - čitanje tastature kako bi se odredila akcija koju korisnik želi da izvede,
  - prikaz informacija na sistemskom displeju,
  - uključivanje magnetrona tokom odgovarajućeg perioda vremena, itd.



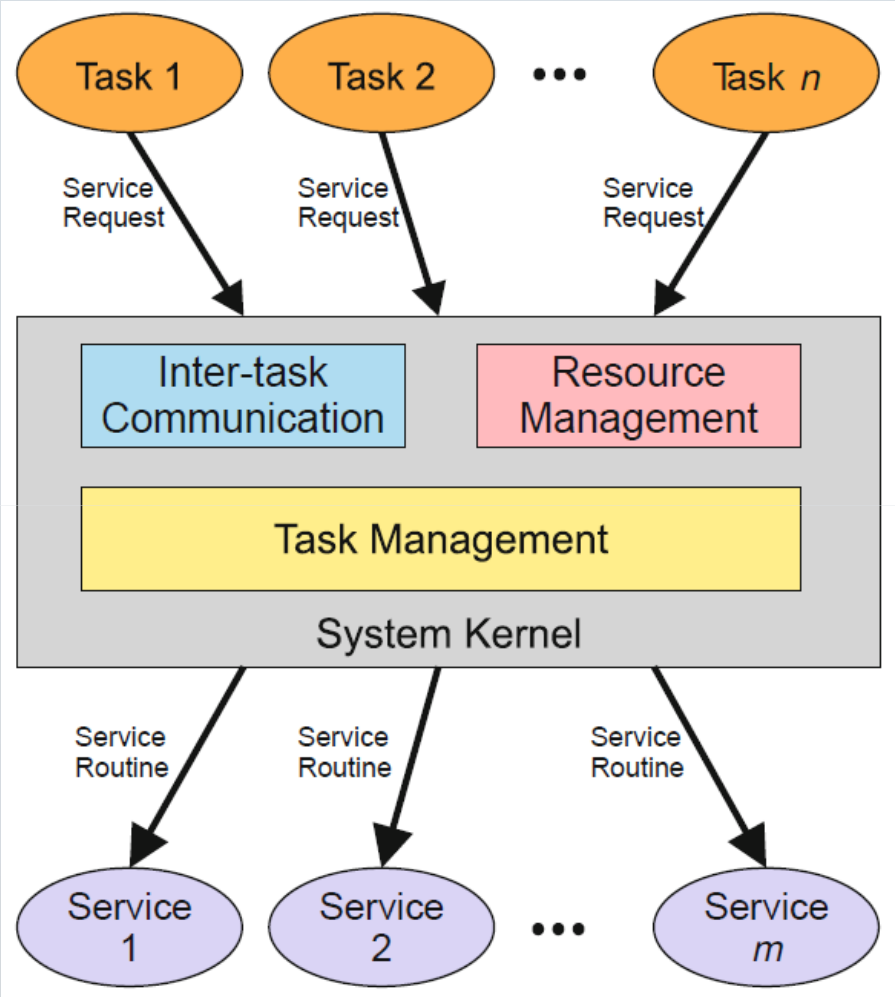
Softverska komponenta embeded sistema III

- Softverska komponenta koja upravlja korišćenjem raspoloživih sistemskih resursa unutar embeded sistema naziva se kernel

- Pod sistemskim resursima podrazumevamo sve one komponente sistema koje su neophodne da bi se mogao izvršiti neki zadatak i one uključuju:
  - sistemsku memoriju
  - ulazno/izlazne uređaje
  - CPU
  - ostale hardverske komponente

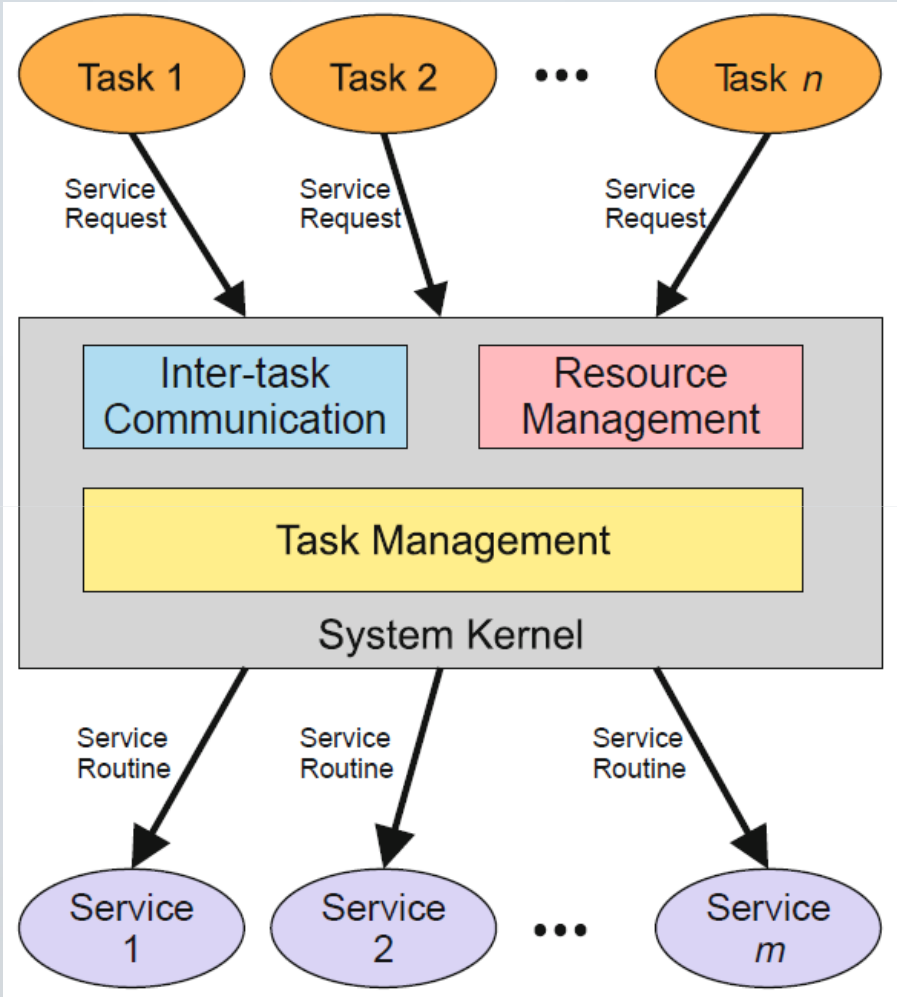
- Kernel prihvata zahteve od sistemskih zadataka koje zatim raspoređuje po prioritetima koje određuje menadžer zadataka

- U slučaju da više zadataka zahteva isti resurs, menadžer resursa određuje politiku korišćenja resursa unutar sistema



Softverska komponenta embeded sistema IV

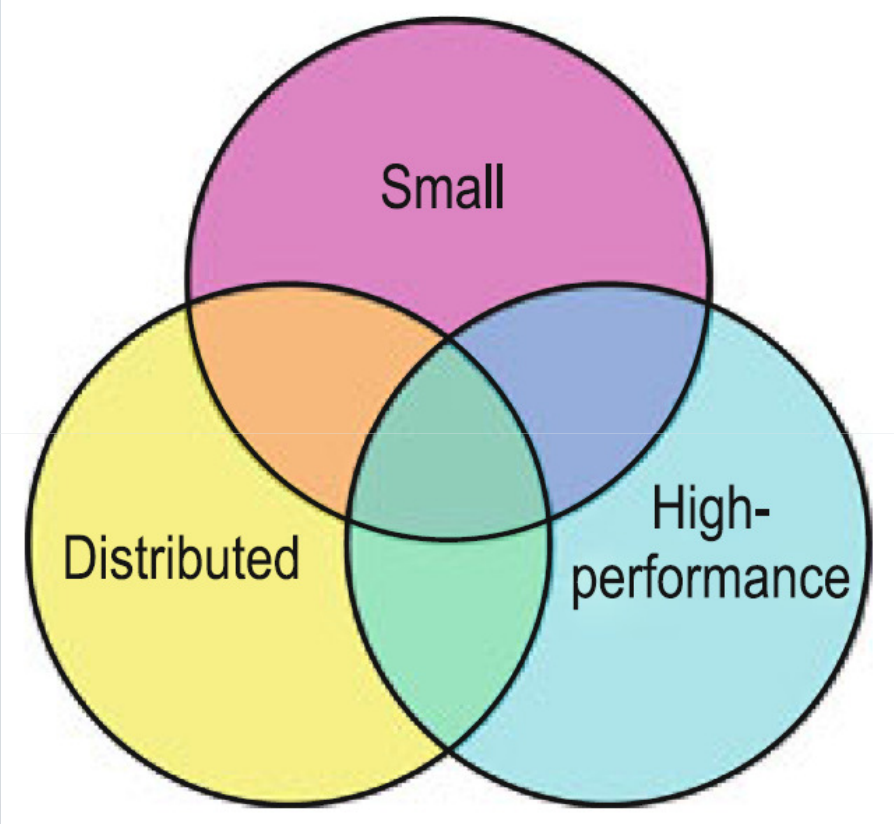
- U mnogim embeded sistemima javlja se potreba za komunikacijom između različitih sistemskih zadataka sa ciljem razmene informacija između njih
- Kernel obezbeđuje okvir koji omogućava pouzdanu komunikaciju između sistemskih zadataka i koordiniše saradnju
- Sistemski zadaci se opslužuju pomoću servisnih rutina
- Servisna rutina je deo programskog koda koji obezbeđuje funkcionalnost nekog sistemskog resursa
- U nekim embeded sistemima servisne rutine se nazivaju drajverima
- Servisne rutine mogu se aktivirati sistemom prozivke ili korišćenjem sistema prekida



Klasifikacija emebeded sistema

Klasifikacija embeded sistema

- Embeded sistemi mogu se podeliti na sledeće tri kategorije:
  - Mali embeded sistemi
  - Distribuirani embeded sistemi
  - Embeded sistemi visokih performansi
- Potrebno je primetiti da ove kategorije nisu uzajamno isključive
- Postoje “sive zone” gde se karakteristike dve ili tri kategorije prepliću te je teško asocirati sistem tačno jednoj kategoriji
- Ipak, u većini slučajeva relativno je jednostavno identifikovati kojoj od kategorija pripada posmatrani embeded sistem



Mali embeded sistemi

- Ova klasa embeded sistema centrirana je oko jednog mikrokontrolera koji upravlja čitavom aplikacijom
- Ovi sistemi su visoko integrisani, zahtevajući vrlo mali broj dodatnih analognih komponenti, senzora, aktuatora kao i korisničkog interfejsa
- Rade sa minimalnim ili čak i bez ikakvog održavanja, niske su cene i proizvode se u ogromnim serijama
- Softver u ovim sistemima se tipično sastoji samo od jednog sistemskog zadatka i retko zahteva korišćenje nekog operativnog sistema
- Primeri malih embeded sistema su:
  - sistem za kontrolu pritiska u gumama
  - mikrotalasna rerna
  - kontroleri u dečijim igračkama, itd.

Distribuirani embeded sistemi

- Kod distribuiranih embeded sistema, CPU se nalazi u odvojenom integrisanom kolu od ostalih komponenti, kao što su memorija, ulazno/izlazni uređaji, koprocesori
- Ostale specifične funkcije sistema distribuirane su na većem broju odvojenih integrisanih kola koja čine ono što se naziva procesorski čipset (processor chipset)
- Iako robusnost nije kritična, kod ovih sistema se zahteva mogućnost održavanja, unapređivanja i dijagnostike
- Sistemi obično opslužuju više različitih zadataka tako da je korišćenje operativnih sistema uobičajeno
- Primeri distribuiranih embeded sistema su: video procesori, kontroleri video igara, data logeri, mrežni procesori, itd.

Embeded sistemi visokih performansi

- U ovu kategoriju spadaju visoko specijačizovani sistemi koji zahtevaju izvođenje brzih proračuna, robusnost, tolerantnost na greške i visoki stepen održavanja
- Ovi sistemi obično zahtevaju korišćenje ASIC kola, tipično su ditribuirani, mogu da sadrže DSP i FPGA komponente kao deo osnovne hardverske arhitekture
- U većini slučajeva složenost njihovog softvera zahteva korišćenje operativnih sistema za rad u realnom vremenu (RTOS)
- Proizvode se u malim količinama i njihova cena je velika
- Ova kategorija embeded sistema sreće se u vojnim i vazdušno-kosmičkim aplikacijama i uključuje: kontrolu letenja, sisteme za navođenje projektila, navigacione sisteme u svemirskim letilicama


entity test_shift is
generic (width : integer := 7);
shift_reg <= unsigned (inp);
elsif (en = '1') then