Uvod u embedded sisteme

Embedded sistemi su specijalizovni računarski sistemi dizajnirani za obavljanje jedne ili više specifičnih funkcija unitar većeg sistema. U odnosu na desktop ili laptop računare, embedded sistemi su često deo fizičkih uređaja i nemaju standardni korisnički interfejs. Mogu se naći svuda oko nas – u kućnim aparatima, automobilima, medicinskim uređajima, industrijskoj automatizaciji i pametnim telefonima. Primer embedded sistema je elektronska kontrolna jedinica (ECU) u automobilu koja upravlja radom motora, sistema za kočenje, upravljanje i mnoge druge. Njihova glavna prednost je što omogućavaju pouzdan i efikasan rad u realnom vremenu, često uz ograničene resusrse poput memorije, procesorske snage i energije. Zbog toga su optimizovani za efikasnost, pouzdanost i nisku potrošnju resursa. Razvoj embedded sistema zahteva razumevanje kako hardvera tako i sofvera, a uobičajeni programski jezici koji se koriste u C i C++.

Glavni delovi embedded sistem su:

* Mikrokontroler ili mikroprocesor,
* Memorija (RAM i ROM/Flash)
* Ulazno-izlazni interfejs
* Softver.

Jedna od ključnih karakteristika embedded sistema je rad u realnom vremenu, što znači da sistem mora da reaguje na događaje u tačno određenim vremenskim okvirima, što je posebno važno u aplikacijama kao što su medicinski uređaji ili sistemi za upravljanje avionima.

Zbog nezaobilazng prisustva interneta i bežičnih komunikacija, sve više embedded sistema postaje deo tzv. Interneta stvari (IoT – Internet of things), gde se milioni uređaja međusobno povezuju, razmenjuju podatke i automatizuju svakodnevne procese.

Učenje o ambedded sistemima zahteva razumevanje kako hardverskih, tako i softverskih aspekata, uključujući osnovnu elektroniku, arhitekturu mikrokontrolera, upravljanje memorijom, programiranje i testiranje u okruženju sa ograničenim resursima.

Arhitektura embedded sistema

Arhitektura embedded sistema obuhvata sva ključne komponente koje omogućavaju rad ovog specijalizovanog računarskog sistema. Iako se arhitektura može razlikovati u zavisnosti od kompleksnosti i namene sistema, većina embedded sistema ima sledeće osnovne elemente:

1. Procesorska jedinica

Centralni deo svakog embedded sistema je procesorska jedinica koja može biti:

* Mikrokontroler (MCU) – Integrisano kolo koje u sebi sadrži procesor, memoriju i ulazno- izlazne perifesije. Primeri su: ARM Cortex-M, AVR, PIC, Intel 8051 itd.
* Mikroprocesor (MPU) – Samostalni procesor koji zahteva dodatne čipove za memoriju i periferije. Koristi se u složenijim sistemima, kao na primer u pametnim telefonima ili naprednim industrijskim uređajima.

1. Memorija

Embedded sistemi koriste dve osnovne vrste memorije:

* RAM (Random Access Memory) – Memorija sa proizvoljnim pristupom, predstavlja privremenu memoriju koja se koristi tokom obrade podataka. Njen sadržaj se briše nakon nestanka napajanja.
* ROM/Flash memorija – Neizbrisiva memorija u kojoj se čuva program koji se izvršava. U modernim sistemima se najčešće koristi Flash memorija zbog mogućnosti programiranja i brisanja.

1. Ulazni-izlazne jedinice (I/O)

Ove komponente omogućavaju komunikaciju sa spoljnim svetom. U principu to su:

* Ulazni uređaji – senzori, prekidači, tasteri.
* Izlazni uređaji – LED diode, motori, displeji, aktuatori. Komunikacija sa eksternim uređajima često se odvija preko standardnih interfejsa kao što su UART, SPI, I2C, GPIO itd.

1. Tajmeri i brojači

Tajmeri omogućavaju precizno merenje vremena i generisanje periodičnih signala, što je ključno za upravljanje događajima u realnom vremenu.

1. Komunikacioni moduli

Mnogi embedded sistemi uključuju module za komunikaciju sa drugim uređajima ili mrežama:

* Serijska komunikacija: UART, SPI, I2C,
* Bežične tehnologije: WiFi, Bluetooth, ZigBee, LoRa, GSM/4G,
* Ethernet: žičana mežna komunikacija.

1. Napajanje

Pošto mnogi embedded sistemi rade u mobilnim i autonomnim okruženjima, energetska efikasnost je ključna. Sistemi mogu raditi na baterije, solarne panele ili direktno iz mreže, a često se koriste različiti nivoi upravljanja potrošnjom energije (režimi smanjene potrošnje).

1. Operativni sistem (opciono)

U jednostavnijim sistemima program direktno upravlja hardverom bez operativnog sistema. Međutim, u kompleksnim sistemima koristi se RTOS (Real-Time Operating system) kao što je FreeRTOS koji omogućava multitasking, upravljanje vremenskim zahtevima i bolju organizaciju softverskih komponenti.

Sveobuhvatno, možemo da zaključimo da arhitektura embedded sistema mora da bude što efikasnija, stabilnija i ekonomičnija u odnosu na specifičnu namenu uređaja. Razumevanje ove arhitekture je ključno za dizajniranje i razvoj pouzdanih i funkcionalnih rešenja u oblastima automatike, telekomunikacija, IoT-a, medicinske tehnologije itd.

PRIMERI EMBEDDED SISTEMA

U nastavku ćemo navesti neke primere embedded sistema:

1. Kućni aparati

* Veš mašina – upravlja ciklusima pranja
* Mikrotalasna rerna – kontroliše vreme, snagu i zagrevanje
* Pametni termostat – meri temperaturu i reguliše hlađenje ili grejanje
* Robot usisivač – navigacija po sobi, čišćenje, punjenje baterije.

1. Automobilska indistrija

* Elektronska kontrolna jedinica (ECU) – upravljanje motorom
* ABS sistem – sprečava blokiranje točkova
* Airbag sistem – aktivira vazdišne jastuke pri sudaru
* Infotejment sistemi – upravljanje muzikom, povezivanje telefona.

1. Industrijska automatizacija

* PLC (Programmable Logic Controller) – upravlja industrijskim mašinama
* Senzori i aktuatori – detekcija pozicije, temeperature, pritiska
* CNC mašine – upravljanje alatnim mašinama
* Roboti za sklapanje – precizno izvršavaju zadatke u proizvodnji.

1. Medicina

* Insulinska pumpa – automatski dozira insulin
* EKG uređaji – meri električnu aktivnost srca
* Digitalni termometri – mere telesnu temperaturu
* Medicinski monitori – prate vitalne funkcije pacijenata.

1. Potrošačka lektronika

* Pametni telefoni – sadrže više embedded sistema (kamera, senzor pokreta, GPS,...)
* Pametni satovi i fitnes narukvice – mere puls, korake
* Televizori i set-top box uređaji – dekodiranje i prikaz digitalnog sadržaja
* Gejming konzole – upravljanje kontrolerima, prikaz slike i zvuka.

1. Internet of Things (IoT)

* Pametne sijalice – daljinsko upravljanje svetlom
* Pametne brave – kontrola pristupa putem telefona ili senzora
* Bežični sigurnosni sistemi – senzori pokreta, kamere, alarmi
* Uređaji za pametnu baštu – automatsko zalivanje, merenje vlažnosti zemljišta