

Ugrađeni operacijski sustavi



Ugrađeni sustav

- Pojam ugrađeni sustav odnosi se na upotrebu elektronike i softvera unutar proizvoda koji ima određenu funkciju ili skup funkcija, za razliku od računala opće namjene
- Ugrađeni sustav također se može definirati kao bilo koji uređaj koji uključuje računalni čip, ali to nije radna stanica opće namjene ili stolno ili prijenosno računalo
- Primjeri vrsta uređaja s ugrađenim sustavima uključuju mobitele, digitalne kamere, video kamere, kalkulatore, kućne sigurnosne sustave, perilice rublja, razne automobilske sustave, četkice za zube i brojne vrste senzora i aktuatora u automatiziranim sustavima

Ugrađeni sustav

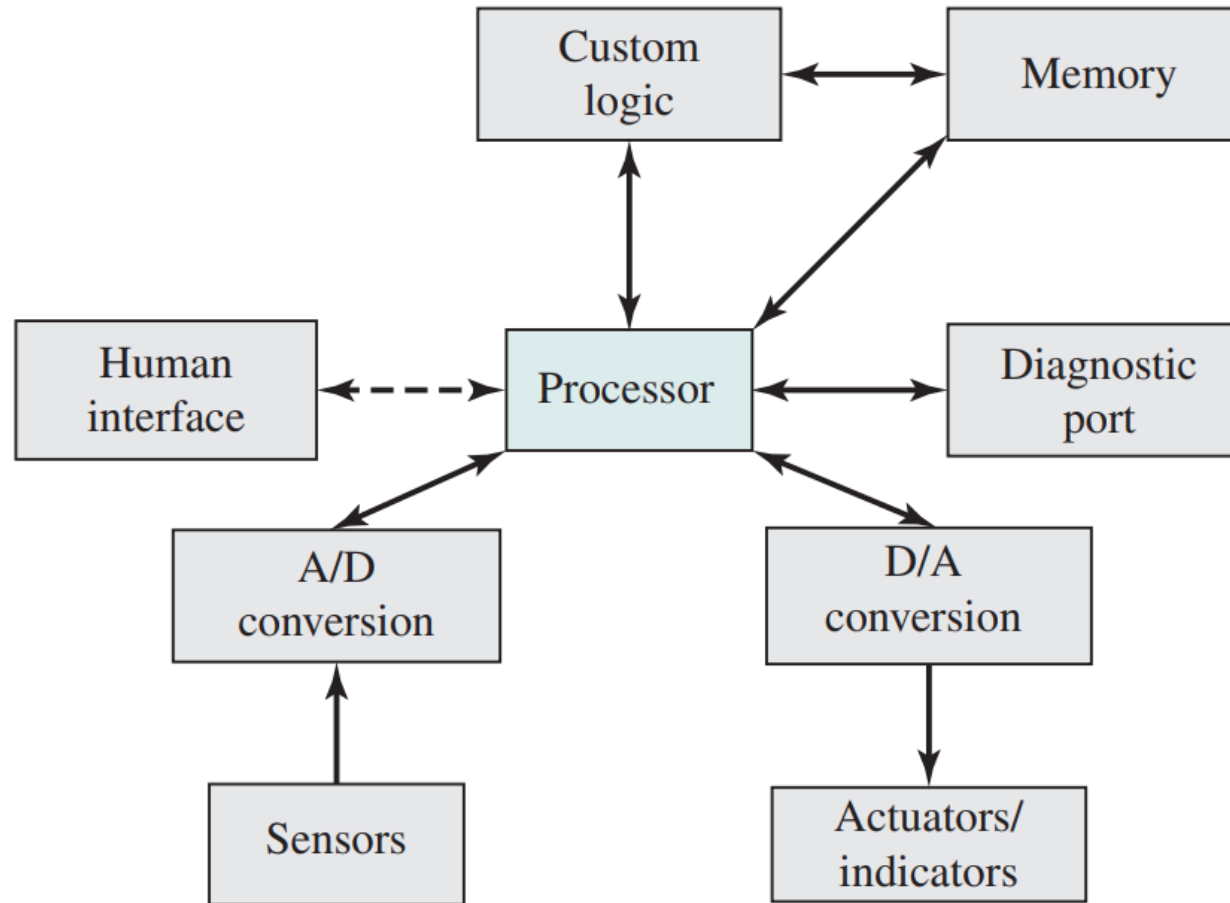
Često su ugrađeni sustavi
čvrsto povezani s
okolinom

Ograničenja, kao što su
potrebna brzina, potrebna
preciznost mjerenja i
potrebno vremensko
trajanje, diktiraju vrijeme
softverskih operacija

To može dovesti do
ograničenja u potrebama
za interakcijom s okolinom
u stvarnom vremenu

Ako se istovremeno mora
upravljati s više aktivnosti,
to nameće složenija
ograničenja u stvarnom
vremenu

Moguća organizacija ugrađenog sustava



Aplikacijski vs namjenski procesori

Aplikacijski procesori

- Definirano mogućnošću procesora da izvršava složene operativne sustave, kao što su Linux, Android i Chrome
- Opća svrha
- Dobar primjer korištenja ugrađenog aplikacijskog procesora je pametni telefon
 - Ugrađeni sustav dizajniran je za podršku brojnim aplikacijama i obavljanje širokog spektra funkcija

Namjenski procesor

- Posvećeno jednom ili malom broju specifičnih zadataka koje zahtijeva glavni uređaj
- Budući da je takav ugrađeni sustav posvećen određenom zadatku ili zadacima, procesor i povezane komponente mogu se prilagoditi u izradi kako bi se smanjila veličina i troškovi

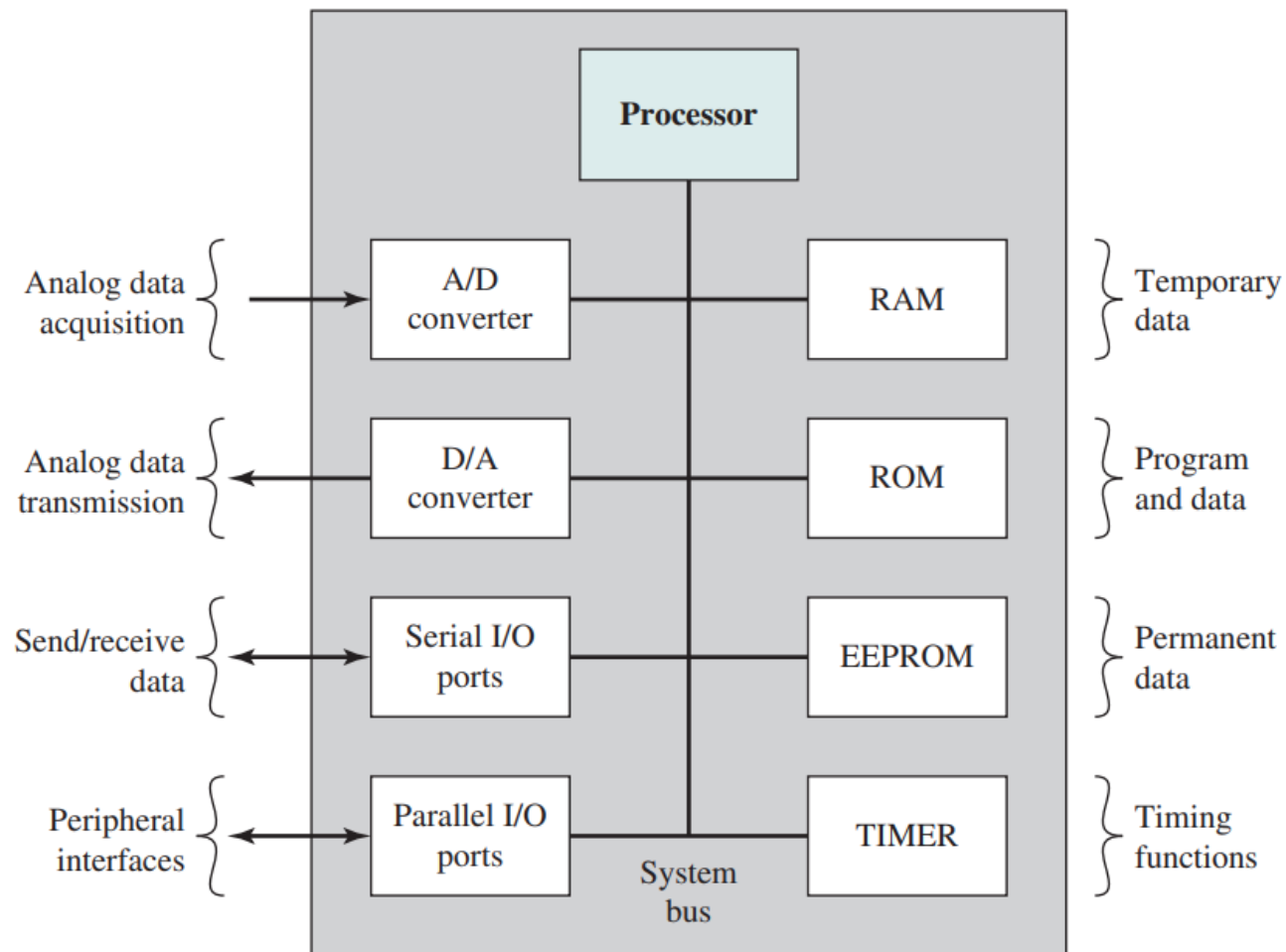
Mikroprocesori

- Mikroprocesor je procesor čiji su elementi minijaturizirani u jedan ili nekoliko integriranih krugova
- Rani mikroprocesorski čipovi uključivali su registre, aritmetičku logičku jedinicu (ALU) i neku vrstu upravljačke jedinice ili logike obrade uputa
- Suvremeni mikroprocesorski čipovi uključuju više procesora, nazvanih jezgrama, i značajnu količinu predmemorske memorije
- Međutim, mikroprocesorski čip uključuje samo neke elemente koji čine računalni sustav

Mikroprocesori

- Tiskana pločica (PCB)
 - Kruta, ravna ploča koja drži i međusobno povezuje čipove i druge elektroničke komponente
 - Sastoji se od slojeva, obično od dva do deset, koji međusobno povezuju komponente putem bakrenih putova koji su urezani u ploču
- Matična ploča
 - Glavni PCB u računalu
 - Naziva se i sistemska ploča
- Ploča za proširenje
 - Manji PCB koji se priključuje na utore na glavnoj ploči
- Čip
 - Najistaknutiji element na matičnoj ploči
 - Jedan komad poluvodičkog materijala, obično silicij, na kojem su izrađeni elektronički krugovi i logička vrata
 - Dobiveni proizvod naziva se integriranim krugom
- Procesor s više jezgri
 - Matična ploča sadrži utor ili utičnicu za procesorski čip, koji obično sadrži više pojedinačnih jezgri, u onome što je poznato kao višejezgreni procesor

Tipični elementi mikrokontrolera



Duboko ugrađen sustav

- Duboko ugrađen sustav ima procesor čije je ponašanje teško promatrati
- Duboko ugrađen sustav:
 - Koristi mikrokontroler, a ne mikroprocesor
 - Ne može se programirati nakon što se programska logika za uređaj spremi u ROM (čitaj samo memoriju)
 - Nema interakciju s korisnikom

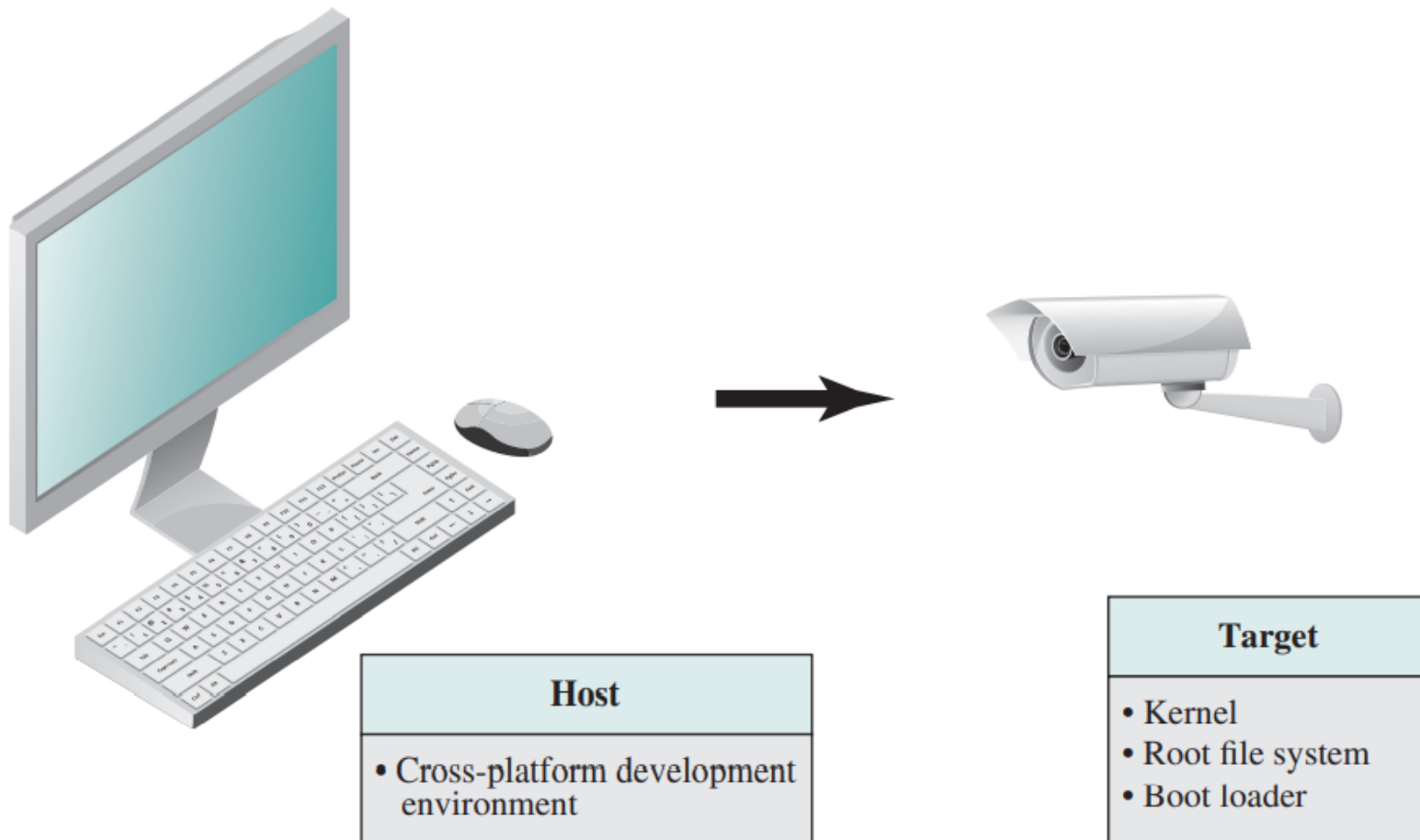
Duboko ugrađen sustav

- Duboko ugrađeni sustavi su jednonamjenski uređaji koji otkrivaju nešto u okolini, obavljaju osnovnu razinu obrade, a zatim rade nešto s rezultatima
- Često imaju bežične mogućnosti i pojavljuju se u umreženim konfiguracijama, kao što su mreže senzora raspoređenih na velikom području
- IoT uvelike ovisi o duboko ugrađenim sustavima
- Obično duboko ugrađeni sustavi imaju ekstremna ograničenja resursa u smislu memorije, veličine procesora, vremena i potrošnje energije

Karakteristike ugrađenog OS-a

- Operacija u stvarnom vremenu
- Reaktivna operacija
- Podesivost
- Fleksibilnost ulazno-izlaznog uređaja
- Pojednostavljeni mehanizmi zaštite
- Izravna uporaba prekida

Host-Target okruženje



Host-Target okruženje

Jezgra

- Puna jezgra uključuje niz zasebnih modula, uključujući:
 - Upravljanje memorijom
 - Upravljanje procesima/dretvama
 - Inter procesna komunikacija, tajmeri
 - Upravljački programi uređaja za ulazno/izlazno računalo, mrežu, zvuk, pohranu, grafiku itd.
 - Datotečni sustavi
 - Umrežavanje
 - Upravljanje energijom

Boat loader

- Mali program koji poziva OS u memoriju (RAM) nakon uključivanja
- Odgovoran je za početni proces pokretanja sustava i za učitavanje jezgre u glavnu memoriju

Root file system

- Sadrži sve datoteke potrebne za rad sustava
- Datotečni sustav ugrađenog OS-a sličan je sustavu koji se nalazi na radnoj stanici ili poslužitelju, osim što sadrži samo minimalni skup aplikacija, biblioteka i povezanih datoteka potrebnih za pokretanje sustava

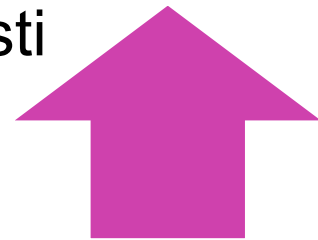
Razvoj ugrađenog OS-a

Dva pristupa:

- Uzmite postojeći OS i prilagodite ga ugrađenoj aplikaciji
- Projektiranje i implementacija OS-a namijenjenog isključivo za ugrađenu uporabu

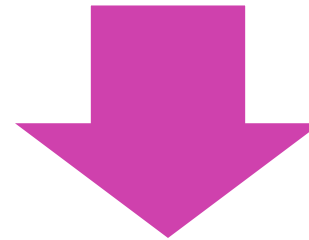
Prilagodba postojećeg OS-a

- Postojeći komercijalni OS može se koristiti za ugrađeni sustav dodavanjem:
 - Rad u stvarnom vremenu
 - Racionalizacija
 - Dodavanje potrebne funkcionalnosti



Prednosti:

- Poznato sučelje



Nedostataci:

- Nije optimizirano za aplikacije u stvarnom vremenu i ugrađene aplikacije

Namjenski ugrađeni OS

- Karakteristike:
 - Brza promjena procesa i dretvi
 - Politika planiranja je u stvarnom vremenu, a dispečerski modul je dio planera
 - Mala veličina
 - Brzo reagira na vanjske prekide
 - Minimizira intervale tijekom kojih su prekidi onemogućeni
 - Pruža fiksne particije ili particije promjenjive veličine za upravljanje memorijom
 - Podržava posebne datoteke koje mogu brzo spremati podatke

Ograničenja vremena

Da biste se nosili s vremenskim ograničenjima, jezgra:

- Pruža ograničeno vrijeme izvršenja
- Održava sat u stvarnom vremenu
- Osigurava posebne alarme i vremenska ograničenja
- Podržava redove čekanja u stvarnom vremenu
- Pruža dretvama odgodu obrade na određeno vrijeme i obustavu/nastavak izvršenja

Ugrađeni Linux

- Verzija Linuxa koja se izvodi u ugrađenom sustavu
- Ugrađeni uređaji obično zahtijevaju podršku za određeni skup uređaja, periferala i protokola, ovisno o hardveru koji je prisutan u određenom uređaju i namjeni tog uređaja
- Ugrađena Linux distribucija verzija je Linuxa koja se prilagođava veličini i hardverskim ograničenjima ugrađenih uređaja
 - Uključuje softverske pakete koji podržavaju razne usluge i aplikacije na tim uređajima
 - Ugrađena Linux jezgra bit će daleko manja od obične Linux jezgre

Datotečni sustavi u ugrađenom Linux-u

- Datotečni sustav mora biti što manji
- Najčešće korišteni primjeri:
 - cramfs
 - Jednostavan datotečni sustav samo za čitanje
 - Datoteke se komprimiraju u jedinicama koje odgovaraju veličini Linux stranice
 - squashfs
 - Komprimirani datotečni sustav samo za čitanje koji je dizajniran za upotrebu u okruženjima s malim brojem memorije ili ograničenom veličinom pohrane
 - jffs2
 - Datotečni sustav temeljen na zapisniku koji je dizajniran za upotrebu na NOR i NAND flash uređajima s posebnom pažnjom na flash-orijentirana pitanja kao što je izravnavanje trošenja
 - ubifs
 - Pruža bolje performanse na većim flash uređajima, a podržava i predmemoriranje pisanja kako bi se osigurale dodatne performance
 - yaffs2
 - Pruža brz i robustan datotečni sustav za velike flash uređaje

Prednosti ugrađenog Linuxa

- Prednosti korištenja Linuxa kao osnove za ugrađeni OS uključuju sljedeće:
 - Neovisnost dobavljača
 - Davatelj platforme ne ovisi o određenom dobavljaču kako bi pružio potrebne značajke i ispunio rokove za implementaciju
 - Raznolika hardverska podrška
 - Linux podrška za širok raspon procesorskih arhitektura i perifernih uređaja čini ga pogodnim za gotovo svaki ugrađeni sustav
 - Niska cijena
 - Korištenje Linuxa smanjuje troškove razvoja i obuke
 - Otvori izvorni kod
 - Korištenje Linuxa pruža sve prednosti softvera otvorenog koda

μ Clinux

- μ Clinux (mikrokontroler Linux) popularna je varijacija Linux jezgre otvorenog koda usmjerena na mikrokontrolere i druge vrlo male ugrađene sustave
- Filozofija dizajna za μ Clinux je smanjiti radno okruženje uklanjanjem uslužnih programa, alata i drugih usluga sustava koje nisu potrebne u ugrađenom okruženju

Razlike između μ Clinuxa i Linuxa

- Linux je multiuser OS temeljen na Unixu. μ Clinux je verzija Linuxa namijenjena ugrađenim sustavima obično bez interaktivnog korisnika
- Za razliku od Linuxa, μ Clinux ne podržava upravljanje memorijom
- Linux jezgra održava zaseban virtualni adresni prostor za svaki proces. μ Clinux ima jedan zajednički adresni prostor za sve procese
- μ Clinux mijenja upravljačke programe uređaja za korištenje lokalne systemske sabirnice, a ne ISA ili PCI
- U Linuxu se adresni prostor oporavlja pri promjeni konteksta; ne kod μ Clinux
- Za razliku od Linuxa, μ Clinux ne pruža poziv funkciji *fork*; jedina opcija je korištenje *vfork*
- Najznačajnija razlika između punog Linuxa i μ Clinuxa je u području upravljanja memorijom

Android

- Fokus Androida leži u vertikalnoj integraciji Linux jezgre i Android korisničkih komponenti
- Mnogi linux programeri ugrađenih sustava ne smatraju Android instancom ugrađenog Linuxa
 - Sa stajališta ovih programera, klasični ugrađeni uređaj ima fiksnu funkciju, definiranu u tvornici

Android

Ugrađeni operativni sustav temeljen na Linux kernelu

Više kao platforma OS koja može podržavati razne aplikacije koje se razlikuju od jedne platforme do druge

Vertikalno integrirani sustav, uključujući neke Android specifične modifikacije Linux kernela

TinyOS

- Vrlo minimalan OS za ugrađene sustave
- Osnovni OS zahtijeva 400 bajtova koda i podatkovne memorije zajedno
- Ne podržava rad u stvarnom vremenu
- Nema jezgre
- Nema procesa
- OS nema sustav za dodjelu memorije
- Rukovanje prekidima i iznimkama ovisi o perifernim uređajima
- To je potpuno neblokiranje, tako da postoji malo eksplicitnih dretvi za sinkronizaciju
- Popularan pri implementaciji bežičnih senzorskih mreža

Ciljevi TinyOS-a

- Imajući na umu sićušnu distribuiranu aplikaciju senzora, za TinyOS su postavljeni sljedeći ciljevi:
 - Dopusti konkurentnost pri izvršavanju
 - Rad s ograničenim resursima
 - Prilagodljiv razvoju hardvera
 - Podrška širokom broju aplikacija
 - Podrška različitim platformama
 - Robusnost

TinyOS komponente

- Ugrađeni softverski sustavi izgrađeni s TinyOS-om sastoje se od skupa modula, od kojih svaki obavlja jednostavan zadatak i međusobno komuniciraju na ograničene i dobro definirane načine
- Jedini drugi softverski modul je planer
- Budući da nema jezgre, nema stvarnog OS-a
- Područje primjene od interesa je bežična senzorska mreža (WSN)

Primjeri standardiziranih komponenti uključuju:

- Umrežavanje s jednim skokom
- Ad-hoc usmjeravanje
- Upravljanje energijom
- Sat
- Kontrola pohrane

Komponente - Zadaci

- Softverska komponenta implementira jedan ili više zadataka
- Svaki zadatak u komponenti sličan je dretvi u običnom OS-u
- Zadaci su atomarni
 - Nakon pokretanja zadatak se izvršava do kraja

Zadatak ne može:

- Biti prekinut drugim zadatkom
- Biti blokiran ili stavljen na čekanja

Zadatak može:

- Izvoditi izračune
- Pozivanje komponenti niže razine (naredbe)
- Slati signale na višu razinu
- Zakazivati druge zadatke

Komponente - Naredbe

- Naredba je zahtjev koji se ne blokira
 - Zadatak koji izvršava naredbu ne blokira ili ne čeka na odgovor iz komponenti niže razine
- Obično je zahtjev za komponentu niže razine za obavljanje neke usluge
- Učinak na komponentu koja prima naredbu specifičan je za danu naredbu i zadatak potreban za zadovoljavanje naredbe
- Naredba ne može preduhitriti trenutno pokrenut zadatak
- Naredba ne uzrokuje prekidanje u pozvanoj komponenti i ne uzrokuje blokiranje u komponenti pozivanja

Komponente - Događaji

- Događaji u TinyOS-u mogu biti izravno ili neizravno povezani s hardverskim događajima
- Sučelje softverskih komponenti najniže razine izravno na hardverske prekide
 - Mogu biti vanjski prekidi, događaji sata ili događaji brojača
- Rukovatelj događajima u komponenti najniže razine može sam rukovati prekidom ili može prenositi poruke događaja kroz hijerarhiju komponenti
- Naredba može objaviti zadatak koji će signalizirati događaj u budućnosti
 - U ovom slučaju ne postoji veza bilo koje vrste s hardverskim događajem

TinyOS Planer

- Djeluje na svim komponentama
- Istovremeno se izvršava samo jedan zadatak
- Planer je zasebna komponenta
 - To je dio TinyOS-a koji mora biti prisutan u bilo kojem sustavu
- Zadani planer je jednostavan FIFO red čekanja
- Planer je svjestan potrošnje energije
 - Stavlja procesor u stanje mirovanja kada u redu čekanja nema zadatka

Sučelje resursa TinyOS-a

- TinyOS pruža jednostavan, ali moćan skup konvencija za rad s resursima

- **Posvećen**

- Resurs kojem podsustav treba ekskluzivan pristup u svakom trenutku
- Pravila zajedničkog korištenja nisu potrebna
- Primjeri uključuju prekide i brojače

- **Virtualiziran**

- Svaki klijent virtualiziranog resursa komunicira s njim kao da je namjenski resurs
- Primjer je sat ili mjerač vremena

- **Zajednički**

- Apstrakcija koja omogućuje pristup namjenskom resursu putem komponente arbitra
- Arbitar određuje koji klijent ima pristup resursu u koje vrijeme

Sažetak

- Ugrađeni sustavi
 - Koncepti ugrađenog sustava
 - Aplikacijski u odnosu na namjenske procesore
 - Mikroprocesori
 - Mikrokontroleri
 - Duboko ugrađeni sustavi
- Karakteristike ugrađenih operativnih sustava
 - Host-Target okruženje
 - Razvojni pristupi
 - Prilagodba postojećeg komercijalnog operativnog sustava
 - Namjenski ugrađeni operativni sustav
- Ugrađeni Linux
 - Karakteristike ugrađenog Linux sustava
 - Ugrađeni Linux datotečni sustavi
 - Prednosti ugrađenog Linuxa
 - μ Clinux
 - Android
- TinyOS
 - Bežične senzorske mreže
 - Ciljevi TinyOS-a
 - Komponente TinyO-a
 - TinyOS planer
 - Sučelje resursa TinyOS-a



**Thank you for
your attention!**