



# **Sulautetut prosessorijärjestelmät**

(4 op )



## Luennoitsija Hannu-Pekka Hedman

- Tavattavissa luentojen yhteydessä
- 
- Puh: 0400 916179
- Email: [hanhed@utu.fi](mailto:hanhed@utu.fi) (toimii puhelinta paremmin) / [rpunk@utu.fi](mailto:rpunk@utu.fi)
- Antakaa palautetta kurssin sujumisesta jo kurssin kuluessa
  - Voi parantaa kurssin laatua!
  - EI vaikuta arvosteluun

---

Luentokalvot perustuvat pitkälti Tero Sántin aiempien vuosien luentoihin, josta kiitokset!



# Kurssin sisältö

- Mikroprosessoripohjaiset järjestelmät
  - Mitä, missä
  - Vaihtoehtoja
- Mikroprosessorien rakenne ja toiminta
  - Esimerkkinä PIC18F452
- Sulautettujen järjestelmien suunnittelu
  - Laitesuunnittelu (piirikorttitasolla)
  - Ohjelmointi (Assembler, mahdollisesti C:tä hieman harjoituksissa)
  - Esimerkkinä QwikFlash-demolauta



# Kurssin komponentit

- Luennot
  - Ti 14:15-15:45 K126A/B
  - Ke 14:15-15:45 110C
- Demot To 10.11 alkaen
  - 12.15-14
  - 14.15-16 K126A/B
  - Seuratkaa kurssin webbisivua moodlessa
  - Demojen pitäjä
  -
- Tentti



# Luennot

- Ei pakolliset, mutta suosittelen
- Saatetaan käsitellä myös asioita joita ei löydy kirjasta / luentokalvoista. Tentti silti vain kalvoista.
- Luentokalvot saatavilla kurssin verkkosivuilla PDF-muotoisina Moodlessa
  - Päivitetään yleensä ennen luentoa
- Kysykää, jos jokin jää epäselväksi / kiinnostaa



## Demot

- Noin 4 demokertaa+ harjoitustyökerrat. Katso tarkemmin demopäivitykset moodlessa.
- Ainakin harjoitus laudan kytkemistä ja käyttöä esittelevä demokerta on **EHDOTTOMASTI** pakollinen. Yritämme varmistaa ettet polta lautaa. Lisäksi myös laudan ”ohjelmointi-intro” on pakollinen Edellisinä vuosina ollut liikaa kädestä pitäen opetusta kun intro oli jäänyt väliin.
  - Voidaan sopia ylimääräinen ryhmä, jos normaalit eivät millään sovi
- Käsitellään demolaudan ohjelmointia, ohjelman syöttäminen laudalle ja muutamia esimerkkejä
- 2 ensimmäistä ”kotitehtäviä”, 2 jälkimmäistä käytännön harjoittelua
  - Materiaaliin kannattaa/pitää silti tutustua etukäteen!



# Harjoitustyöt

- Voidaan tehdä pienissä ryhmissä. Riippuen ”projektin” vaativuudesta 1-3 henkeä
- Vakiaiheita tulee olemaan tarjolla
  - Omia saa ehdottaa (hyvistä bonusta...)
- Käytetään QwikFlash-levyjä ja antureita. Käytössä on myös jokunen muu alusta, robottikäsiä, sensoreita jne.
- **Tavoite on saada harjoitukset valmiiksi kevät 2018**



# Tentti

- Kysymykset luentokalvojen pohjalta
  - Jos luennoilla on käsitelty jotain todella tärkeää ylimääräistä asiaa, jota ei löydy kalvoista, niin siitä tulee erillinen maininta webbiin
- Tentti sähköinen
- Luultavasti annettu joukko kysymyksiä, josta arvotaan.





# Webbisivut

- Ajankohtaiset tiedotteet
  - Luentojen peruuntumiset
  - Demot
  - Etc.
- Luentokalvot
  - PDF-muodossa
- Demoihin ja projekteihin liittyvää materiaalia
  - Koodinpätkiä ja include-tiedostot
  - Manuaalit ja muita ohjeita



# Arvostelu

- Tentti 50%
- Demot+harjoitustyö 20%+30%
  - Edellisvuosiin verraten yritetään pitää projekti kompaktina. (Kurssin opintopisteiden määrä on 4, aiemmin 5).
  - Periaatteessa harjoitustyötä voisi painottaa enemmänkin arvostelussa. Ongelmana on että työ tehdään sekä yksin että ryhmissä. Huomautettakoon kuitenkin että harjoitustyössä ahkerointi auttaa myös tenttiin.

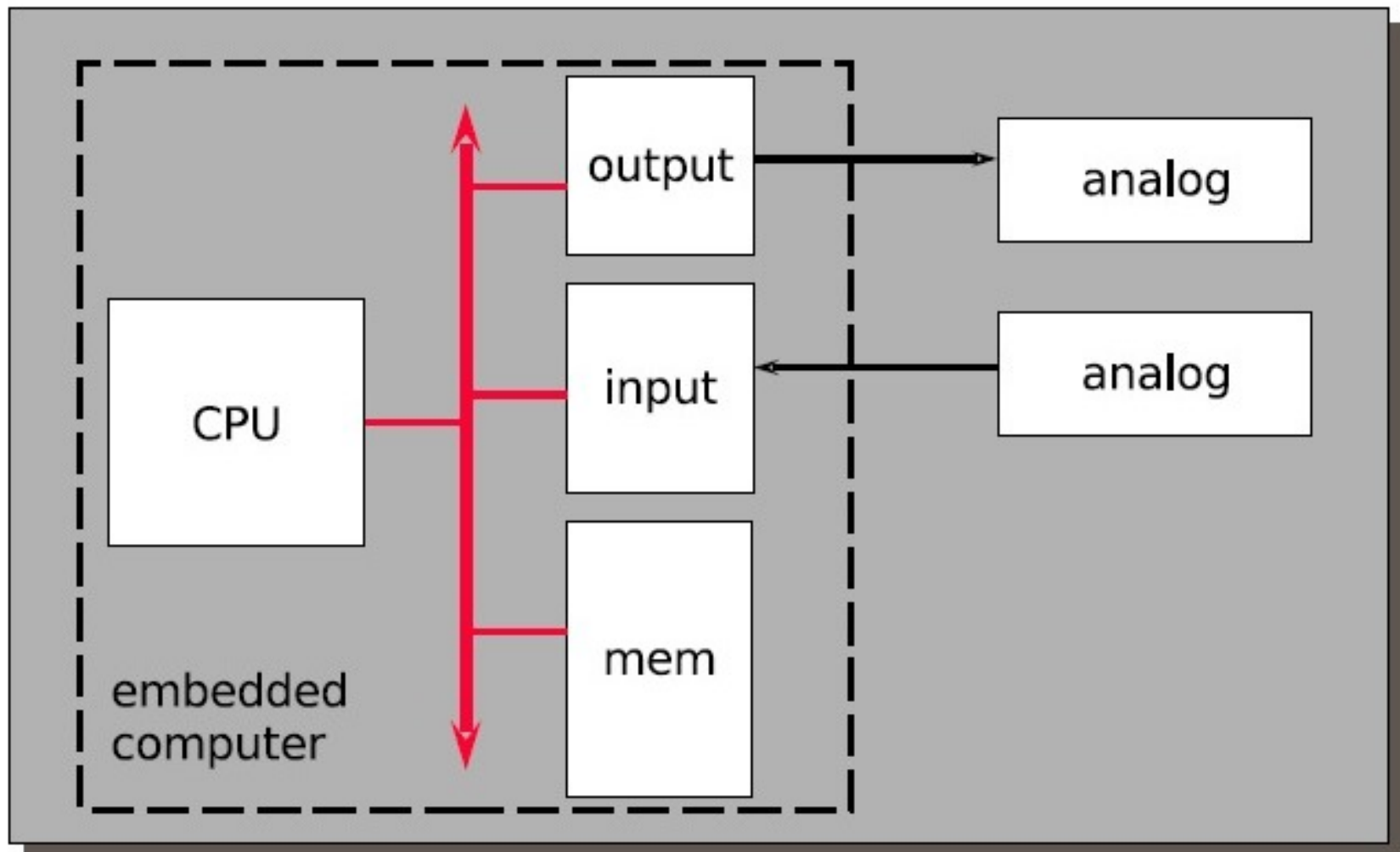


# Sulautetut prosessorijärjestelmät: Mitä

- Ohjelmoitava laite, joka kontrolloi jonkun kokonaisuuden toimintaa
- Yleensä useita oheislaitteita
  - Näyttö, näppäimistö, muut syöttölaitteet
  - Dataväylät ja muistit
  - Muuntimet (AD/DA)
- System on Chip (SoC)
- Hyvin yksinkertaisista varsin monimutkaisiin
- DSP



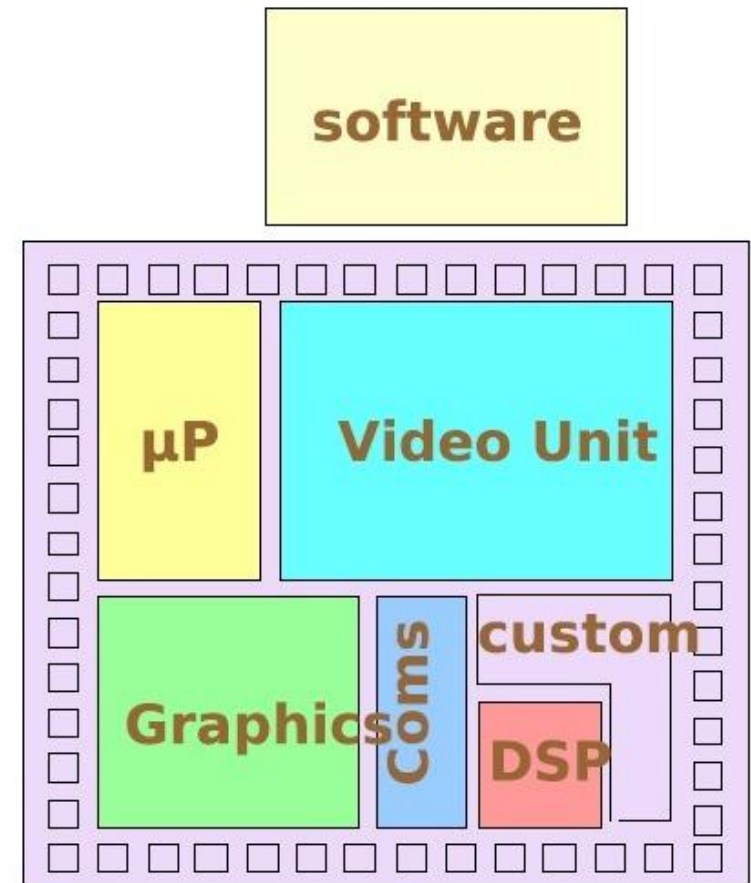
# Yksinkertainen järjestelmä





# System on Chip

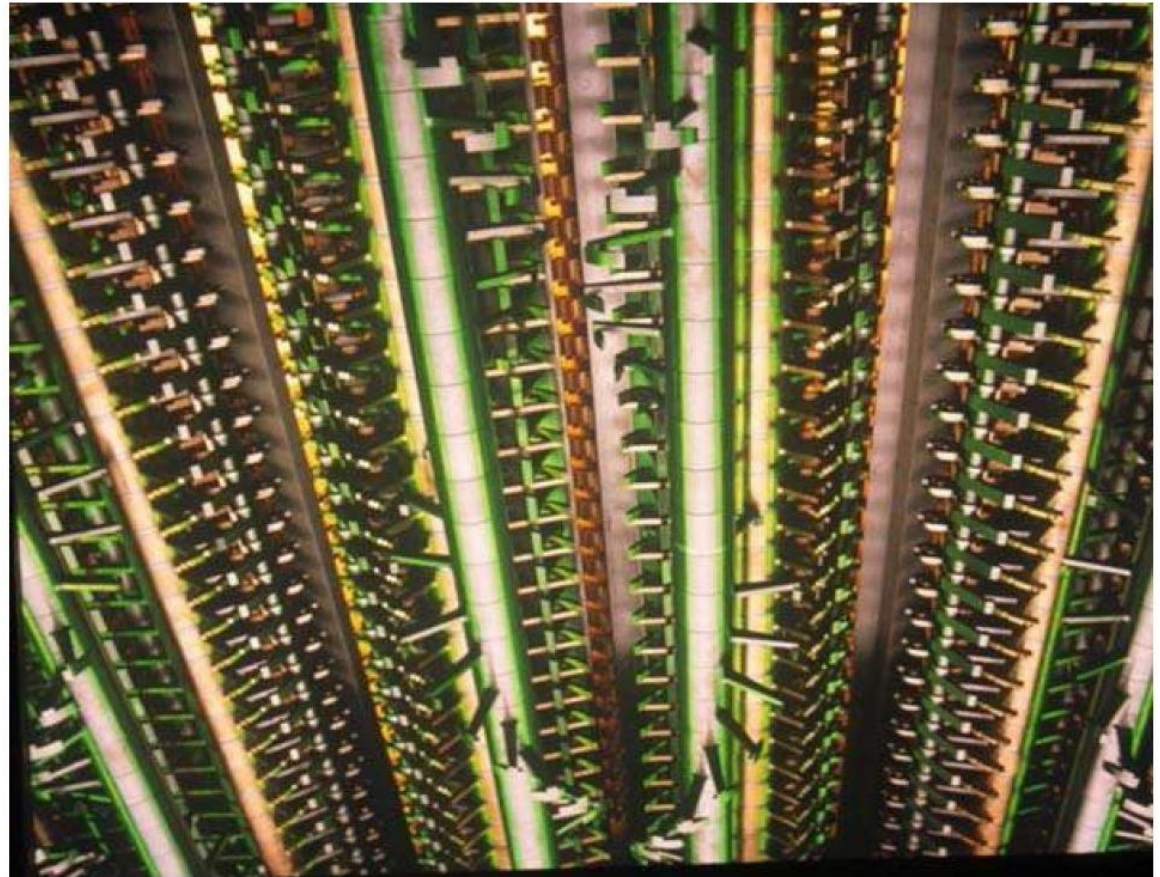
- SoC yhdistää useita lohkoja samalle sirulle
- Yleensä lohkojen toimintaa ohjaa yhteinen prosessori
  - Toki on olemassa myös moniprosessorisia SoC:eja
- Myös ohjelmisto kuuluu kokonaisuuteen





# Babbagen kone

- “Babbage difference engine” (1847 - 1849)
- The Museum of Science (UK)
- Laskentaosassa 4000 liikkuvaa osaa
  - Tulostus erikseen
- Paino 2,6 tonnia
- Yli 2 metriä korkea
- Lähes 3,5 metriä leveä
- Noin puoli metriä syvä





- - 1950 luvulla tietokoneissa käytettiin radioputkia
  - 1960 luvulla transistorit ja mikropiirit
  - 1971 noin 2000 transistoria per piiri (chip) => Intel 4004, ensimmäinen 4-bittinen mikroprosessori
  - vaati vielä monta oheispiiriä muistia ja I/O varten
  - sen jälkeen monia 8 bittisiä mikroprosesseja
  - 1980 luvulla 16 ja 32 bittiset prosessorit
  - nykyään myös 64 ja 128 bittisiä
  - kodinkoneita ym. varten vähitellen 1980 – 1990 luvuilla lisättiin samalle sirulle CPU:n yhteyteen muistia, ajastimia AD-muuntimia, sarjaväyliä ja muita I/O toimintoja
  - näitä alettiin kutsua pesukonemikroiksi, yksikivimikroiksi ja lopulta mikrokontrollereiksi





# Sulautetut prosessorijärjestelmät: Missä

- Puhelimet
- Tietokoneet
- Kodinkoneet
- Viihde-elektroniikka
- Teollisuus
- Kulkuneuvot
- FPGA (Field Programmable Gate Array) piireissä  
• mukana CPU core(-ja)  
• Vaikka missä





# Sulautetut prosessorijärjestelmät: Missä





# Sulaudetut prosessorijärjestelmät: Vaihtoehtoja

- Pienet systeemit
  - Irtologiikka (esim. 74xxx piirit)
  - Analogiset säätöelimet (operaatiovahvistimet)
  - Vaikea muuttaa asetuksia / toiminnallisuutta
- Isommat systeemit
  - (Full Custom) ASIC
    - ”Mahdotonta” muuttaa asetuksia / toiminnallisuutta
  - FPGA
    - Hankalahkoa muuttaa toimintaa



# Kokonaisuuden suunnittelu

- Hyvän määrittelyn tekeminen on kaiken lähtökohta
  - Määrittelyn perusteella voidaan valita jo aikaisessa vaiheessa, mitkä osiot toteutetaan laitteistolla ja mitkä ohjelmallisesti
- Hyvän määrittelyn ominaisuuksia:
  - Virheetön
  - Yksiselitteinen
  - Täydellinen
  - Varmistettavissa
    - Useita menetelmiä
    - ~~“System Verification”-kurssilta saa lisätietoa~~
  - Johdonmukainen
    - Rajoitteet eivät ole ristiriidassa keskenään
  - Muokattavissa / päivitettävissä jos reunaehdot muuttuvat



# Kokonaisuuden suunnittelu

- Heterogeeninen järjestelmä jossa on sekä laitteistotasoisia (digitaalisia ja analogisia) että ohjelmallisia komponentteja
- Heterogeenisiä komponentteja (prosessorit, DSP:t, ASIC:t, väylät, point-to-point linkit, jne.).
- Heterogeeniset reunaehdot
  - Suorituskyky
  - Hinta
  - Tehonkulutus
  - Koko
- SoC suunnittelu on periaatteessa samanlaista, vain mittakaava muuttuu
- Suunnitteluaian tulee olla lyhyt, että tuote saadaan markkinoille riittävän nopeasti



# Kokonaisuuden jaottelu

- Ohjelmisto
  - Joustava
  - Uudelleen konfiguroitava
    - Helposti päivitettävissä
  - Monimutkaisen toiminnan toteuttamiseen
  - Edullinen toteutus (pienillä volyyymeillä)
- Laitteisto
  - Suorituskykyä vaativat toiminnot
  - Yleensä laitteistokiihdytetyillä ratkaisuilla voidaan alentaa tehonkulutusta
  - Edullinen toteutus (suurilla volyyymeillä)



# Päivän esimerkki

- QwikFlash
  - Käydään tarkemmin myöhemmillä luennoilla
  - Käytetään myös demoissa ja projektissa



# Kysymyksiä?