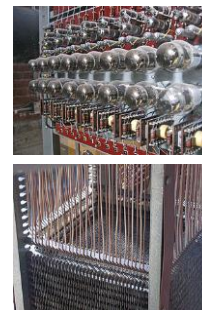


ĮTERPTINĖS SISTEMOS

Doc. dr. Šarūnas Kilius

Whirlwind



- 1947 m. baigtas projektavimas
- 1951 m. pradėjo veikti

2

Literatūra

- Deksnyš V., Jastramskas V. Įterptinės sistemos. 1 dalis. 8 skilčių sistemos. Kaunas: Technologija, 2000. 196 p.
- Kilius Š. Mikroprocesoriai. Mokymo/si medžiagos rinkinys. Kaunas, 2011. 184 p.
- Wayne Wolf. Computers As Components: Principles Of Embedded Computing System Design - 2nd ed. Morgan Kaufmann publishers, 2008.



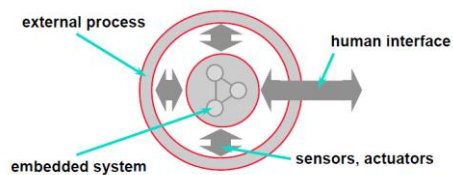
3

Apibrėžimas

- Įterptinė sistema (angl. **Embedded system**): bet kuris įtaisas, turintis programuojamą kompiuterį, tačiau pats *nesantis bendros paskirties* skaičiavimo įtaisas.
- Aparatinė ir programinė įranga – tam tikros didesnės sistemos dalis, suprojektuota funkcionuoti be žmogaus (operatoriaus) įsikišimo.
- Priima duomenis, stebi aplinką jutiklių pagalba, formuoja valdymo signalus ir veikia aplinką vykdomo įtaisų pagalba.

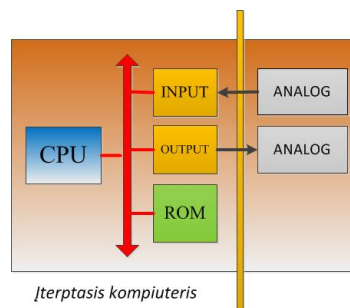
4

Įterptinė sistema (IS)



5

Įterptinė sistema – supaprastinta schema



6

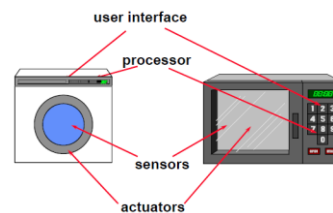
Pavyzdžiai

- Spausdintuvai (printeriai)
- Mobilūs telefonai
- Automobilių elektroninės sistemos: stabdžiai, variklis ir kt.
- Televizija
- Buitiniai prietaisai
- Apsaugos, vaizdo stebėjimo sistemos

7

Pavyzdžiai

- Paprastos funkcijos



8

Pavyzdžiai

- Sudėtingos funkcijos:
 - CANON EOS 3 – trys procesoriai
 - 32-y skilčių RISC CPU autofokusavimui



9

Pavyzdžiai

- Paprastos funkcijos:
 - Analoginė TV: pulteliai ir t.t.
- Sudėtingos funkcijos:
 - Skaitmeninė TV: dekodavimas ir t.t.



10

Įterptinės sistemos automobiliuose

- Šiuolaikinis „high-end“ automobilis gali turėti 70-100 mikrovaldiklių:
 - Paprasčiausi mikrovaldikliai kontroliuoja saugos diržus;
 - Atvaizduoja duomenis ir valdo prietaisų skydelį
 - 16/32-ių skilčių mikrovaldikliai valdo variklį.
- Vidutinės klasės automobilis turi 30-50 mikrovaldiklių.
- Aukštos klasės automobilio programinės įrangos ir elektronikos kaina gali siekti 35-40 proc. visos automobilio kainos (prof. Manfred Broy, Technical University, Munich).

11

Kiek MV galima rasti automobilio kėdėje?

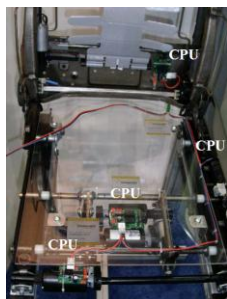


- Nuotrauka: Convergence 2004 automotive electronics show, Detroit.

12

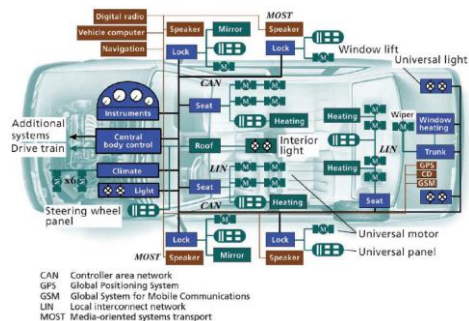
Automobilio kėdės duomenų tinklas?!

- LIN tinklas tarpusavyje sujungia valdymo mazgus
- Paskirstytoji įterptinė sistema:
 - Valdymo jungiklių sąsaja
 - Kėdės aukščio reguliavimas
 - Kėdės atstumo reguliavimas
 - Kėdės atlošo reguliavimas



13

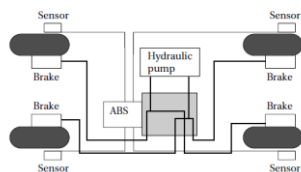
Automobilio tinklai



14

BMW 850i stabdžių ir stabilumo sistemos

- ABS – antilock brake system



- ASC + T – automatic stability control
 - Valdo sklendę, degimą, stabdžių jėgos paskirstymą, bėgių perjungimą (automatinėje greičių dėžėje).
 - Valdoma dviem mikroprocesoriais

15

ĮS savybės

- Atliekamų funkcijų sudėtingumas
- Realus laiko (real-time) veikimas (ar visuomet?)
- Žemi gamybos kaštai
- Specializuotas procesorius (pagal projektuojamą įtaisą)
- Ribotas atminties kiekis
- Maža vartojama galia
 - Ypač svarbu baterijomis maitinamuose įtaisuose
 - Tačiau per didelis galios vartojimas visos sistemos kainą, net ir tuo atveju, jei maitinama iš tinklo

16

Gamybos kaštai

- Gamybos kaštai susideda iš dviejų dalių:
 - Vienkartiniai projektavimo kaštai – projektavimas, testavimas, derinimas...
 - Gamybos ir marketingo kaštai, tenkantys kiekvienam gaminiui
- Gamybos technologija parenkama kiekvienu konkrečiu atveju ir priklauso nuo planuojamos produkcijos apimtys, paskirties...

17

Real-time operation

- Operacijos turi būti atlikti iki nustatyto laiko (*deadlines*)
 - **Hard real time**: vėlavimas lemia sistemos klaidą – galimos avarijos
 - **Soft real time**: vėlavimas mažina sistemos našumą
- **Multi-rate** systems (skirtingo periodiškumo???)
 - Įvykiai iš realios aplinkos ateina skirtingu periodiškumu

18

Reikalavimai (pagal taikymo sritį)

- Patikimumas (atsparumas klaidoms)
 - Turi veikti toliau, nepaisant aparatinės dalies ar programinių klaidų
- Sauga
 - Sistemos neturi kelti neigiamo fizinio ar ekonominio poveikio vartotojams, turtui, aplinkai...

19

Kitos savybės (pagal taikymo sritį)

- Dedikuota sistema
 - Iš anksto numatytos funkcijos – specializuota aparatinė ir programinė įranga
 - Mažai tikėtina, kad sistema bus perprogramuota per jos gyvavimo ciklą
 - Realus laiko, atsparumas sutrikimams, sauga, saugumas

20

Pavyzdžiai

- Pardavimo automatai



Motorola 68HC11
8-ių skilčių MV



Atsiskaitymas kortelėmis, nuotolinis stebėjimas



21

Pavyzdžiai

- NASA's Mars Sojourner Rover (1996)



CPU: Intel 80C85, 2MHz, 8-bit
RAM: 64 Kbytes

22

Pavyzdžiai

- GPS imtuvas
- CPU: 16-bit



23

Pavyzdžiai

- MP3 grotuvas
- CPU: 32-bit RISC



24

Pavyzdžiai

• SONY Aibo (Artificial Intelligence roBOT)

- Prototype (1998)
 - MIPS 64-bit RISC
- ERS-110 (1999)
 - 64-bit RISC @ 50 MHz
- ERS-7 (2004)
 - MIPS R7000 @ 576 MHz



25

JS tipai

- Artimos bendros paskirties skaičiavimams
 - Vaizdo žaidimai, „set-top box“, bankomatai, mobilieji asistentai (planšetiniai kompiuteriai)
- Valdymo sistemos
 - Realus laiko valdymo sistemos
 - Automobilių sistemos, ...
- Signalų apdorojimas
 - Radarai, sonarai, vaizdo grotuvai
- Duomenų perdavimas ir tinklai
 - Mobilieji telefonai, tinklo įranga, nuotoliniai pardavimo aparatai, web serveriai

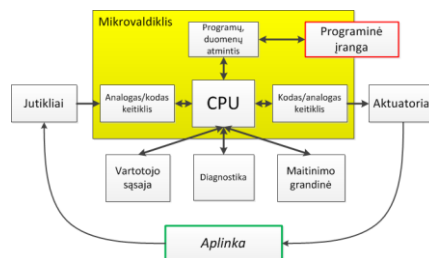
26

JS funkcijų kilmė

- Valdymo taisyklės
 - Kokie valdymo signalai formuojami?
- Veiksmų loginė seka
 - Užduočių atlikimo seka
- Signalų apdorojimas
 - Kokie naudojami jutikliai? Kokie priimami signalai?
- Sąsaja
 - Individuali kiekvienam įtaisui -> aparatinė ir programinė įranga
- Klaidų apdorojimas
 - Kaip aptikti klaidas? Kokių veiksmų imtis? Pranešti vartotojui?

27

Architektūra



28

JS – programinė ir aparatinė įranga

- Aparatinė įranga (hardware)
 - Skaičiavimo įtaisas (CPU)
 - Periferija
 - Įvesties/išvesties įtaisai
 - Jutikliai ir akтуatoriai
 - Sąsajos protokolai
 - Atmintis
 - Magistralės
- Programinė įranga (software)
 - Sisteminė programinė įranga
 - OS (RTOS)
 - Programavimo aplinkos, kros-kompilatoriai, testavimo įranga
 - Taikomoji programinė įranga

29

Aparatinės įrangos raida

- Sistema viename luste (Systems-on-Chip)
- Specializuoti procesoriai
- DSP
- Bendros paskirties mikrovaldikliai



30

Programinė įranga

- Logiškai teisinga
- Laiko atžvilgiu teisinga
 - Negalima atlikti kažko tinkamai netinkamu laiku
- Turi susidoroti su konkuruojančiomis (lygiagrečiomis) užduotimis
 - Tinkamai paskirstyti resursus
- Patikimumas ir atsparumas klaidoms
- Specializuotas taikymai vienai sričiai

31

Multi-Tasking and Concurrency

- Įterptinėse sistemose naudojamas keletas įvesties/išvesties įrenginių
 - Skirtingi įvykiai gali pasirodyti nepriklausomai vienas nuo kito ir labai artimu (tuo pačiu) metu
- Paprogramių naudojimas skirtingiems įvykiams lengvina programavimą, tačiau reikalingas mechanizmas, užtikrinantis „persijungimą“ prie skirtingų užduočių vykdymo (*multi-tasking*)
- Skirtingas užduotis gali reikėti vykdyti tuo pačiu metu (*concurrency*)

32

Pavyzdys: temperatūros valdiklis

- Lygiagretus kelių užduočių vykdymas

1	2	3
<pre>/* Monitor temperature*/ while(TRUE) { Measure temp; if (temp < setting) start heating; else if (temp > setting+delta) stop heating; }</pre>	<pre>/*Monitor time*/ while(TRUE) { Measure time; if (time == 6:00) setting = 21C; else if (time == 22:00) setting = 18C; }</pre>	<pre>/*Monitor Buttons*/ while(TRUE) { Check btn; if (btn_up) setting++; else if (btn_down) setting--; }</pre>

33

JS projektavimo iššūkiai

- Kokios aparatinės įrangos reikia?
 - Kokio našumo mikroprocesoriaus reikia?
 - Kokio dydžio atminties reikia?
- Kaip įsitemti į nustatytą užduočių vykdymo laiką?
 - Reikia spartesnio mikroprocesoriaus ar programinių sprendimų?
- Kaip sumažinti energijos sąnaudas?
 - Mažintis procesoriaus spartą? Išjungti nenaudojamus periferinius įrenginius?
- Ar numatyta sistemos patobulinimo galimybė?
 - Ta pati aparatinė įranga gali būti naudojama kelioms kartoms, atnaujinant programinę įrangą
- Tikrai viskas veikia tinkamai?

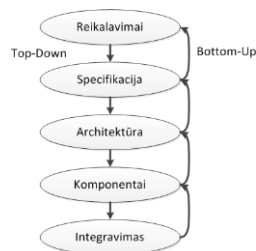
34

JS projektavimas

Daugiatikslis	Multidisciplininis	Gyvavimo ciklas
<ul style="list-style-type: none"> • Patikimumas • Prieinamumas • Sauga • Saugumas • Išplečiamumas • Savalaikiškumas 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektroninė įranga • Mechaninė įranga • Programinė įranga • Valdymo algoritmai • Vartotojai • Socialinė aplinka 	<ul style="list-style-type: none"> • Reikalavimai • Projektavimas • Gamyba • Diegimas • Logistika • Utilizavimas

35

Projektavimo eiga



- Top-Down
 - Pradedama nuo abstraktaus sistemos aprašymo
 - Tęsimas darbas link smulkesnių elementų
- Bottom-Up
 - Pradedama nuo smulkesnių elementų link visos sistemos
- Realiose sistemose naudojami abu šie būdai

36

Projektavimo eiga: reikalavimai

- Ką projektuosime?
 - Surenkama informacija iš vartotojo.
 - Išanalizuoti reikalavimai paverčiami specifikacijomis.
- Reikalavimai gali būti funkciniai ir nefunkciniai:
 - Funkciniai – sistemos atsakas į poveikį. Tiesioginės sistemos funkcijos
 - Nefunkciniai – našumas, kaina, sistemos dydis, svoris, energijos sąnaudos,...
- Reikalavimų analizė gali būti sudėtingas ir ilgas procesas (didelei sistemai).
 - Rekomenduojama sudaryti tipinę duomenų formą: *gaminio pavadinimas, paskirtis, įėjimai, išėjimai, funkcijos, našumas, gamybos kaina, galia, dydis, svoris*

37

Projektavimo eiga: specifikacijos

- Tai „kontraktas“ tarp užsakovo ir projektuotojo.
- Turi būti aiškiai surašytos, kad būtų galima sekti projektavimo metu.
- Turi būti aiškiai suprantamos, kad būtų galima patikrinti atitikimą.

38

Apibendrinimas

- Įterptinės sistemos mus supa kiekviename žingsnyje
 - ĮS ir mikrovaldiklių yra daug daugiau, nei bendros paskirties kompiuterių
- Įterptinių sistemų projektavimas kelia daug iššūkių
 - Realaus laiko skaičiavimai, laiko limitai užduotims, energijos sąnaudos
- Bendros paskirties kompiuterių ir įterptinių sistemų projektavimas turi panašumų, tačiau ĮS pasižymi ir specifiniais reikalavimais
 - Projektavimo metodologijos leidžia lengviau valdyti projektavimo procesą

39