

# Vývojové postupy a GPS

## **Minulá přednáška**

Digital Signal Filtering, Kalmanův filter

## **Dnešní přednáška**

(SPA), RobotXP, Servobot, GPS, integrace sensorů

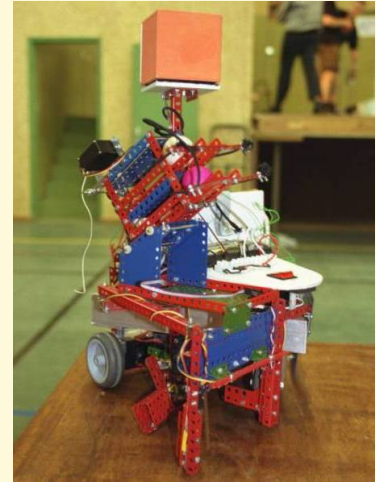
<http://robotika.cz/guide/umor05>

## **Opakování SPA (Sense, Plan, Act)**

- zjistí stav senzorů, pošle nové příkazy, zjistí stav ...
- jednodušší na ladění
- co dělat, když komunikace selže? (HW mlčí nebo HW lže)

# Robot Daisy - vstupy

```
struct HWRead
{
    uint8_t R_timer; //! ~500Hz
    uint8_t R_encoder0; //! typically left
    uint8_t R_encoder1; //! typically right
    uint8_t R_digitalInputs;
    uint8_t R_analog[8];
};
```



## Robot Daisy - výstupy

```
struct HWWrite
{
    uint8_t W_executeAt;

    int8_t W_pwm0;
    int8_t W_pwm1;
    uint8_t W_watchDog;
    uint8_t W_servo[4];
    uint8_t W_digitalOutputs;
};
```

# I/O struktury

- nezávisí na použitém jednočipu
- jednoduchá simulace
- lze je snadno ukládat/logovat
- snadný přenos např. po RS-232 (start byte, check sum)
- řídicí kód může běžet na PC nebo na jednočipu

# Programování robota

- stejné postupy jako při vývoji SW
- navíc nespolehlivé senzory, efektory ... prostě HW
- delší doba odezvy (podobné jako staré sálové počítače)
- některé situace se mohou vyskytnout jen výjimečně
- dobře se aplikují zásady XP

# eXtreme Programming

- *Extreme Programming Explained - Embrace Change* / Kent Beck, ISBN 0-201-61641-6, 2000
- metodologie vývoje SW v prostředí s často se měnícími požadavky
- cíl: snadné provádění změn během celého života SW
- prostředek: správné praktiky převedeny do extrému

# Praktiky XP

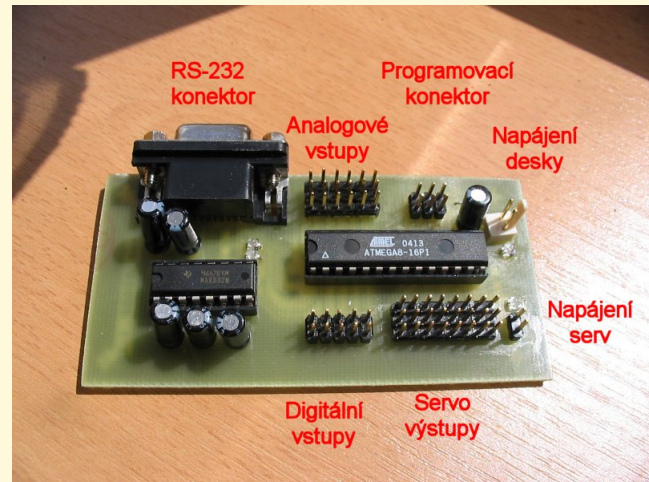
- code review — pair programming
- testing — unit testing, functional testing
- design — refactoring
- simplicity — the simplest thing which can possibly work
- architecture — metaphor
- integration testing — continuous integration
- short iterations — the Planning Game (cost, time, quality, scope)



# Aplikace XP na robotiku

- simulator — prostředek pro testování SW bez HW
- záznam o všech testech — logování (vždy lze znovu přehrát)
- vývoj pro iteracích (SW společně s HW)

# Servobot - dnešní cvičení



- řízení robota se dvěma servy
- vyzkoušení SPA
- komunikace přes RS-232

## Servobot - vstupy

```
struct HWRead
{
    uint8_t R_timer;           // ~500Hz
    uint8_t R_digitalInputs;  // 0-7
    uint8_t R_analog[6];
};
```

## Servobot - výstupy

```
struct HWWrite
{
    uint8_t W_executeAt;
    uint8_t W_watchDog;
    uint8_t W_servo[4];
    uint8_t W_digitalOutputs;
};
```

## Servobot - poznámky

- zapojení: signální pin vždy nejbližší k čipu
- přetečení času (pokud je rozdíl záporný pak se akce provede okamžitě)
- serva jsou modifikována pro kontinuální otáčení
- pro serva 0 znamená *no signal*
- automaticky generovaný binární log

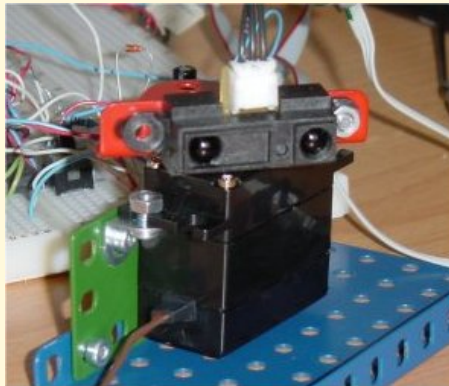
# CNY70 - optický sensor

- kompaktní balení přijímače a vysílače
- vysílá infračervené světlo (950nm)
- detektor je fototranzistor
- max. dosah v milimetrech



# Position Sensitive Diode

- používá ji například sensor Sharp GP2Dxx
- triangulace
- digitální a analogová verze
- max. dosah 80cm



# Global Positioning System - GPS

- 24 navigačních satelitů
- 6 kruhových orbitů ve výšce 20200km, oblet 12h
- měření doby příletu signálu (TOA = Time Of Arrival)
- vysílání na frekvenci  $L1=1575.42\text{MHz}$  a  $L2=1227.60\text{MHz}$
- 5 monitorovacích stanic, 3 pozemní antény, 1 řídicí centrum
- vybudován U.S. Department of Defence (12 miliard USD)
- první blok satelitů z roku 1978-1985



# GPS - základní principy

- na satelitech přesné hodiny
- výpočet pro 4 neznámé  $(x, y, z, t)$
- potřeba měření ze čtyř satelitů
- 3 na moři ( $z = 0$ ), 2 pokud stabilní hodiny, 1 stacionární

# GPS - přesné hodiny

- rotace Země je nepravidelná (slapové jevy, pohyb rotační osy)
- efemeridový čas (polohy nebeských těles)
- atomový čas
  - standard od roku 1967
  - atomová seknuda = 9192361770 period kvantového přechodu Celsia
  - atomový čas
- vliv gravitace
- na každém satelitu 2-3 atomové hodiny
- vysílací frekvence dána násobkem hodin (154x a 120x)
- doba letu signálu 67.3ms

# GPS - vysílání zpráv

- nutno předat informace o pozicích satelitů
- C/A = Coarse/Acquisition, P = Precision a Y šifrovaný P
- chip rate 1.023MHz a 10.23MHz
- spread-spectrum
- každý satelit má vlastní 1023bitový kód
- Z-count = GPS week 10bitů + TOW (Time Of Week, 19bitů), 1.5s epochy

# PRN - Pseudo-Random Noise

- Goldův kód
- $G1 = 1 + x^3 + x^{10}$
- $G2 = 1 + x^2 + x^3 + x^6 + x^8 + x^9 + x^{10}$
- $PRN1 = G1(10) \text{ XOR } G2(2) \text{ XOR } G2(6)$
- celkem 36 PRN (32 pro satelity a 4 rezervované)
- jedno maximum
- nízká korelace mezi různými kódy

# DGPS - Differential GPS

- cíl odstranit některé chyby během přenosu
- fixní referenční stanice
- korekce se vysílají rádiem
- přesnost okolo 1m
- NMEA-0183, 180, 182 = National Marine Electronics Association

# Aplikace

- armáda
- geodézie
- navigace
- přesné zemědělství (precision farming)
- synchronizace času
- pohyb kontinentů
- ...

# Integrace s Kalmanovým filtrem

- KF používá většina dostupných GPS přijímačů
- model 3D pohybu (stacionární nebo predikce rychlosti)
- metoda nejmenších čtverců (průměrování v 1D)
- postupná integrace výsledků
- nelineární měření  $\Rightarrow$  Extended Kalman Filter

## Závěr

- GPS vhodná jako absolutní reference
- možnost aplikovat Bug algoritmy