

# AUTONOMOUS CONTROL SYSTEM FOR MOBILE PLATFORM

**Vlastimil Kríž**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xkrizv00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Luděk Žalud

E-mail: zalud@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper deals with design of slot car autonomous control system for Freescale Race Challenge 2009. Firstly, the optimal driving style is described. Next, the algorithm for position determination is introduced. Lastly, the hardware used as a control system and sensor sub-system is described.

## 1. ÚVOD

Cílem práce je vytvořit řídicí systém pro mobilní platformu - autíčko, pro soutěž Freescale Race Challenge 2009. V této soutěži musí autodráhové autíčko autonomně a co nejrychleji projet zadanou, předem neznámou, trasu.

Továrně vyráběné autíčko Faro Favorit je třeba vybavit řídicím systémem a vhodnými snímači. Řízení musí být zcela autonomní, tzn. autíčko nemůže být řízeno dálkově, a nemůže ani z vnějšku dostávat synchronizační informace, když ujede jedno kolo.

## 2. ROZBOR

Optimální způsob jízdy autíčka na dráze je takový, kdy na rovince začne v maximální možné míře akcelarovat a před zatáčkou naopak co nejvíce brzdit. A to tak, aby pak v zatáčce mohlo jet maximální možnou konstantní rychlostí.

Abychom mohli tento způsob jízdy použít, je třeba, aby autíčko znalo profil dráhy. Tedy aby vědělo, kde je rovinka, kde zatáčka, a také kde na této dráze se právě nachází. Je tedy třeba, aby si v prvních kolech dráhu zmapovalo. Přitom pojede konstantní rychlostí odpovídající maximální možné rychlosti pro zatáčku, aby v zatáčkách nevylétlo. Jakmile profil sestaví, může využít znalost dráhy před sebou a dle toho zrychlovat/zpomalovat.

### 2.1. MAPOVÁNÍ PROFILU DRÁHY

Profil dráhy je sestaven tím způsobem, že každé pozici na dráze je přiřazena hodnota příčného zrychlení na dráze v daném místě. Tedy tam, kde je rovinka, je příčné zrychlení nulové a tam, kde je zatáčka, se objevuje kladné nebo záporné zrychlení - podle toho, zda je zatáčka pravotočivá nebo levotočivá.

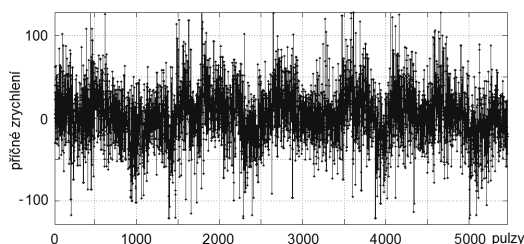
Pro měření příčného zrychlení je použit akcelerometr. K určení pozice na dráze je použita odometrie, tj. odměřování polohy od počátku dráhy. Příklad naměřeného profilu dráhy je na obrázku 1. Je zde vidět, že hodnoty jsou vlivem vibrací velmi zašuměny. Pro získání použitelného profilu dráhy je tedy třeba hodnoty vyfiltrovat. Jako nejefektivnější, co se kvality a rychlosti týče, se ukázalo být odebrání velkého množství vzorků v každém bodě dráhy, a jejich následné zprůměrování v tomto bodě. Výsledný profil dráhy je pak na obrázku 2.

## 2.2. URČENÍ POLOHY NA DRÁZE

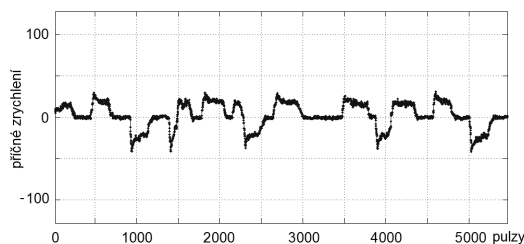
Klíčovou otázkou je určení kola. Tedy zjištění momentu, kdy autíčko znovu projede startem/cílem. Od tohoto bodu totiž už bude autíčko vědět, že dráha před ním se bude opakovat, a může tedy využít zmapovanou dráhu.

Pro určení kola je použit výpočet autokorelace upraveného profilu dráhy. Myšlenka je taková, že autokorelační funkce bude nabývat maximum pro posunutí rovnému délce kola – tedy délce, po které se začne profil dráhy opakovat. Jelikož z pravidel soutěže známe maximální délku kola, můžeme určit, kdy začneme korelaci počítat. Empiricky bylo zjištěno, že pro spolehlivé zjištění počátku kola stačí zajat 1,7 násobek nejdelšího možného kola a z tohoto profilu spočítat autokorelaci. Díky znalosti minimální délky kola pak můžeme zjednodušit výpočet korelace, jež je velmi náročný. A to tím způsobem, že korelaci nebudeme počítat pro posunutí od nuly, ale od hodnoty odpovídající minimální délce kola.

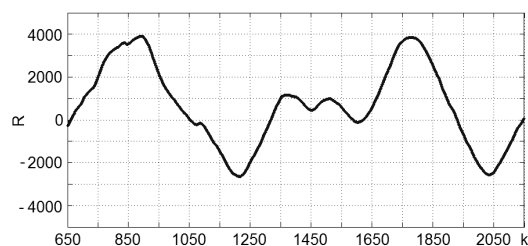
Průběh korelační funkce pro profil z obrázku 2 je na obrázku 3. Z něj můžeme vidět, že lze bez problémů určit délku kola, jež je v tomto případě 891 pulzů (jednotka použitá pro měření vzdálenosti, jak je uvedeno v kapitole 3.2)



**Obrázek 1:** Naměřený profil dráhy



**Obrázek 2:** Upravený profil dráhy



**Obrázek 3:** Autokorelační funkce



**Obrázek 4:** Sestavené autíčko

## 3. HARDWARE

Jako platforma dle pravidel musí být použito autodráhové autíčko Faro Favorit. To je třeba vybavit vhodnou řídicí jednotkou a senzorovým systémem.

### 3.1. ŘÍDICÍ JEDNOTKA

Řídicí jednotka je postavena na desce od firmy Freescale. Tato deska je navržena pro 8-bitový mikrokontrolér MC9S08JM32. Jelikož tento se ukázal jako výkonově nedostatečný pro výpočet autokorelace, byl nahrazen za pinově kompatibilní 32-bitový mikrokontrolér MCF51JM128. Dále je deska řídicího systému vybavena pamětí EEPROM, do níž se ukládá profil dráhy, LED diodami umístěnými v místě světel autíčka pro signalizaci stavu při odladování programu, a konektorem pro programování autíčka a vyčítání hodnot z EEPROM paměti. Na desce je také umístěn H-můstek pro řízení motoru pomocí PWM regulace.

### 3.2. SENZOROVÝ SYSTÉM

Autíčko je vybaveno 3-osým akcelerometrem pro měření profilu tratě (umístěn přímo na desce řídicí jednotky) a inkrementálním snímačem otáček. Ten je realizován na vlastní desce umístěné nad talířem převodovky autíčka. Talíř je po obvodu perforován a optická závora na desce snímá pulzy od těchto perforací. Jejich frekvence odpovídá rychlosti autíčka. Snímač otáček slouží také k počítání ujeté vzdálenosti, kdy ta odpovídá počtu pulzů.

## 4. ZÁVĚR

Vytvořený řídicí systém implementovaný do autíčka se ukázal být zcela funkční, což bylo testováno na okruzích sestavených dle požadavků na soutěžní trať. Na nich byla ověřena schopnost autíčka rozpoznat kolo a jezdit dle navrženého programu. Autíčko bylo přihlášeno do univerzitního kola soutěže Freescale Race Challenge 2009, odkud postoupilo do mezinárodního finále. Zde obsadilo 8. místo.

## PODĚKOVÁNÍ

Doc. Ing. Luďku Žaludovi, Ph.D. za technickou a metodickou podporu související s realizací práce.

Milanu Břejlovi, PhD. a firmě Freescale Semiconductor za užitečné informace a materiální pomoc.

## LITERATURA

- [1] FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. MCF51JM128 ColdFire® Integrated Microcontroller Reference Manual. [Online] Rev. 2, září 2008, [http://www.freescale.com/files/32bit/doc/data\\_sheet/MCF51JM128.pdf](http://www.freescale.com/files/32bit/doc/data_sheet/MCF51JM128.pdf)
- [2] JAN, J., KOLÁŘ, R., KOZUMPLÍK, J. Číslicové zpracování a analýza signálů, Brno: VUT v Brně, FEKT, 2003
- [3] KERLIN, T., PATOČKA, M., VOREL, P. Řídicí elektronika, Brno: VUT v Brně, FEKT, 2003
- [4] LOCKER, M. Řízení stejnosměrného motoru. [Online] 9. prosinec 2002, [http://www.eurobot.cz/Workshop2006/Rizeni\\_stejnosmerneho\\_motoru.ppt](http://www.eurobot.cz/Workshop2006/Rizeni_stejnosmerneho_motoru.ppt)
- [5] MAŠLÁŇ, S. Řízení PS/2 myši. [Online] 8. září 2007, [http://www.elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/tutorial/PS2/PS2\\_mouse.html](http://www.elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/tutorial/PS2/PS2_mouse.html)