

VNORENÝ SENZORICKÝ SYSTÉM POLOHY MAGNETICKY LEVITUJÚCEHO HRIADEĽA

R. Kozakovič¹, M. Kertész²

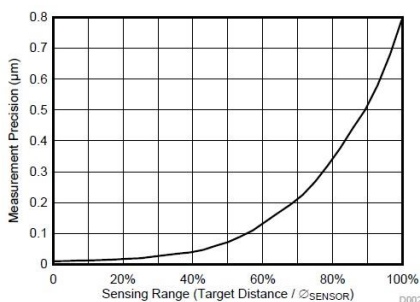
Ústav aplikovanej mechaniky a mechatroniky¹, Ústav dopravnej techniky a konštruovania²
Strojnícka Fakulta, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave

Abstrakt

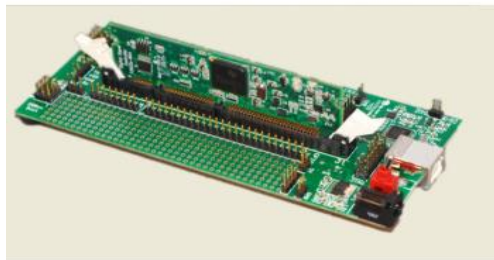
Určovanie polohy predmetu v priestore vo všeobecnosti nepredstavuje problém a súčasný trh ponúka značný počet riešení ako takýto senzorický systém postaviť. Problém však nastáva ak na komerčné systémy začnú byť kladené protichodné požiadavky. Medzi tieto požiadavky patrí vysoká presnosť, odolnosť voči magnetickému poľu, relatívna linearita snímania, schopnosť snímať rýchle deje mimo laboratórnych podmienok a v neposlednom rade cena a modularita takého zariadenia.

1 Konfigurácia senzorického systému

Opisované zariadenie je určené na monitorovanie polohy hriadeľa levitujúceho v magnetickom poli. Takýto systém musí spĺňať niekoľko požiadaviek súčasne, ako napríklad schopnosť snímať rýchly dynamický dej (otáčky hriadeľa > 20000 ot/min) a vzhľadom na skutočnosť že hriadeľ z dôvodu znižovania strát je uložený v magnetickom poli tak systém na určovanie polohy musí tiež vykazovať istú odolnosť voči premenlivému magnetickému poľu. Potrebný merací rozsah tohto systému je na úrovni 0.5 mm (vo všeobecnosti možnosti predmetného zariadenia sú použiteľne v oveľa väčšom rozsahu avšak absentuje tu už linearita snímačov a s narastajúcou vzdialenosťou klesá presnosť ako ilustruje (obr. 1). Senzorický systém pozostáva z dvoch hlavných častí. Prvou časťou je riadiaca karta umiestnená na vývojeovej doske (TI-tms320f28335). Označenie F28335 hovorí o použitej riadiacej karte od spoločnosti Texas Instruments, ktorá je nasadená ako riadiaca jednotka v senzorickom systéme (obr. 2)



Obrázok 1: Presnosť merania vs. vzdialenosť



Obrázok 2: Karta F28335 na vývojeovej doske

Riadiaca karta je osadená výkonným 32 bitovým procesorom s taktom 150 MHz, ktorý umožňuje komunikáciu s viacerými perifériami a rôznymi protokolmi súčasne (I2C,SPI,CAN,SCI...). Druhou časťou je samotný snímací obvod indukčných snímačov rovnako od spoločnosti Texas Instruments LDC161xEVM. V tomto prípade sa jedná o 28 bitový senzor schopný snímať údaje zo štyroch kanálov (obr. 3). Na komunikáciu s riadiacou kartou bol využitý protokol I2C, ktorého nespornými výhodami sú jednoduchosť, robustnosť a podpora pre danú kartu v prostredí Matlab/Simulink



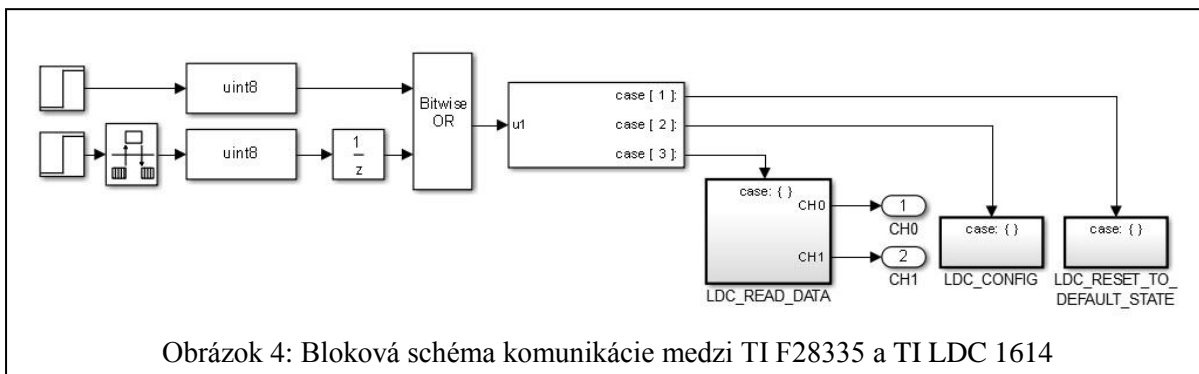
Obrázok 3:LDC1614

2 Komunikácia medzi perifériami v prostredí Simulink

Ako už bolo spomenuté riadiaca karta a doska plošných spojov určená pre senzory komunikujú aj napriek prítomnosti JTAG rozhrania z dôvodu jednoduchosti cez protokol I2C. Samotný evaluačný kit LDC161x EVM je dodávaný so softvérom ktorý síce podporuje komunikáciu cez rozhrania JTAG avšak pre experimentálne účely a väčšiu integráciu sensorického systému do riadiaceho systému zotrvačníka levitujúcom v magnetickom poli sa nejaví ako vhodný.

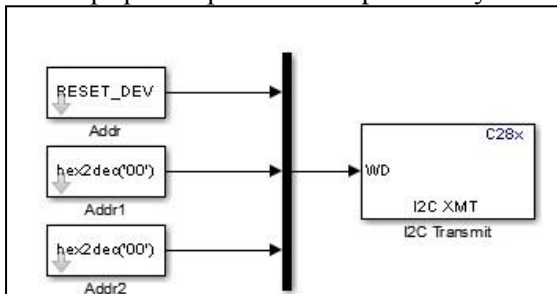
Riadiaca karta je obsluhovaná vďaka existencii Embedded Coder Support Package for Texas Instruments toolboxu v prostredí Simulink. Využitím už pripravených blokov sa naprogramovanie procesora značne zjednodušuje. Programovanie procesora prebieha v súčinnosti prostredia Simulink spolu so softvérom TI Code Composer Studio.(CCS) Tento softvér má za úlohu preložiť jednotlivé bloky zo Simulinku do natívneho kódu procesora.

Ak sa zameriame bližšie na samotnú schému a využité bloky v prostredí Simulink podľa obr. 4 je možné formulovať nasledovný postup.



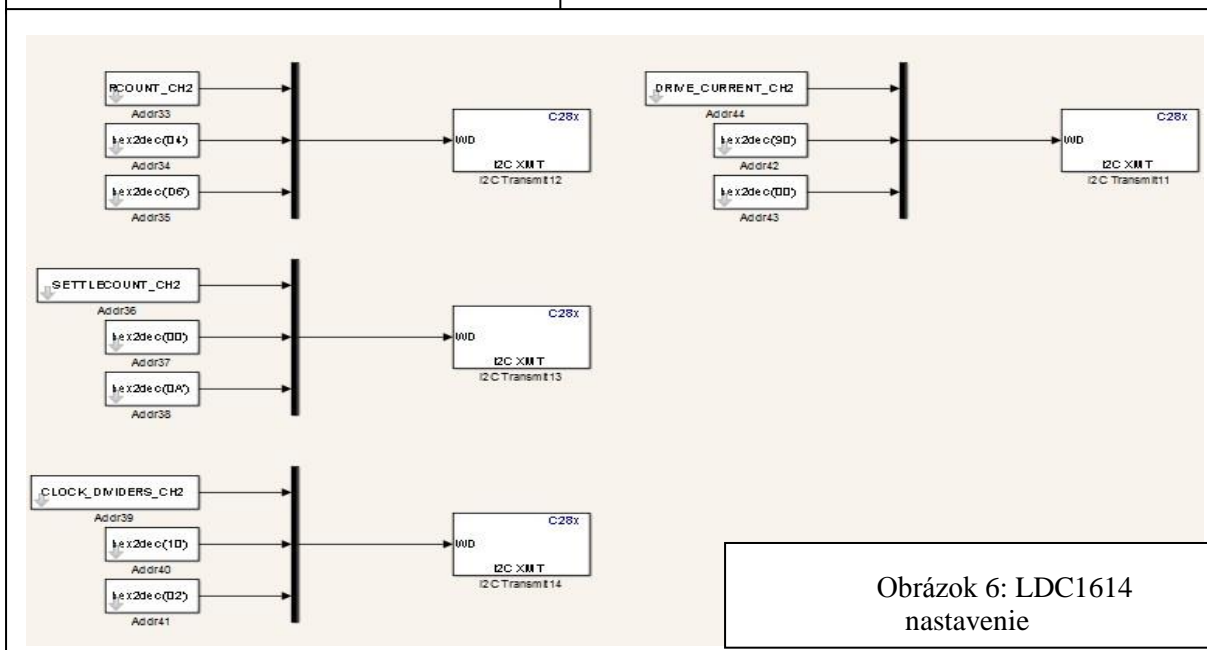
Obrázok 4: Bloková schéma komunikácie medzi TI F28335 a TI LDC 1614

Vždy je nutné ako prvý krok vykonať samotnú konfiguráciu karty pre ktorú bude daný kód generovaný. V ďalšom kroku ako je vidno na subsysteme „LDC_RESET_TO_DEFAULT_STATE“ je v tomto prípade čip LDC 1614 prestavený na štandardné hodnoty (obr. 5).



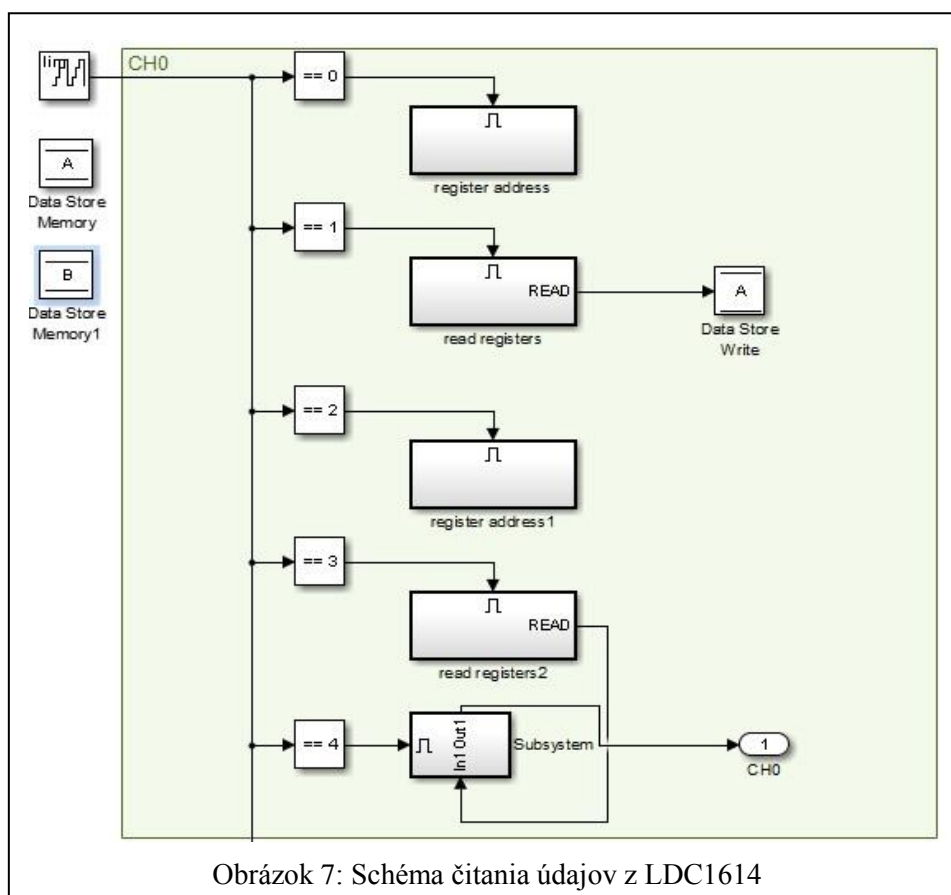
Obrázok 5: Reset LDC1614

Následne keď je čip LDC1614 nastavený na štandardné nastavenia sa pristúpi ku konfigurácii zariadenia (obr. 6). Obr. 6 ilustruje nastavenie kanála 2. V nastaveniach je potrebné nastaviť hodnoty počtov snímaných kanálov, snímaciu frekvenciu, či poradie odosielania bitov pre jednotlivé kanály. Danú problematiku objasňuje dokumentácia pre čip LDC1614 od firmy Texas Instruments.

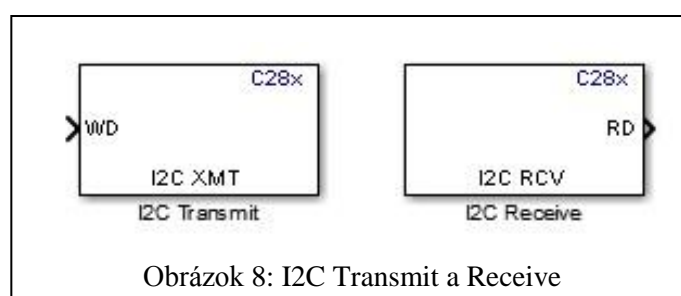


Obrázok 6: LDC1614 nastavenie

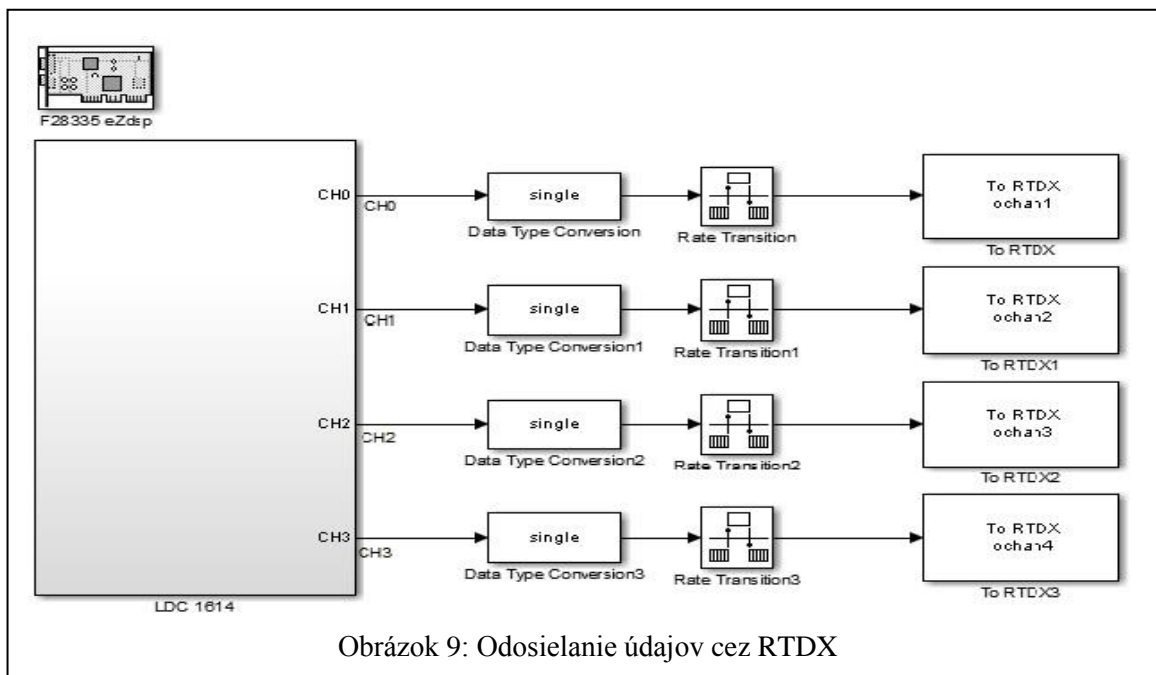
Po nastavení sú snímače pripravené na snímanie. Na to aby bolo možné údaje zo snímačov získať je potrebné využitie blokov podľa obr. 7.



V subsystémoch „register adres“ je využitý blok „I2C Transmit“ a v subsystémoch „read registers“ zas komplementárny blok „I2C receive“ (obr. 8).



Obr. 7 ilustruje sekvenčné čítanie údajov. V prvom kroku sa odosiela požiadavka na čítanie horného bitu z kanála č1. Následne sa tento údaj ukladá do pamäte procesora na karte F28335. V ďalšom kroku dochádza k odoslaniu požiadavky na obdržanie hodnoty spodného bitu a v kroku číslo štyri dochádza ku sumácii horného a dolného bitu. Táto hodnota je následne v podobe RAW formátu exportovaná do vizualizačného rozhrania vytvorenom v prostredí MATLAB cez RTDX (real time data exchange). Rovnakým spôsobom sú obsluhované aj ostatné snímacie kanály. Sekvenčné vyhodnocovanie údajov kladie pri rýchlych snímaných dejoch pri štyroch senzoch značné nároky na samotný procesor riadiacej karty.



Obrázok 9: Odosielanie údajov cez RTDX

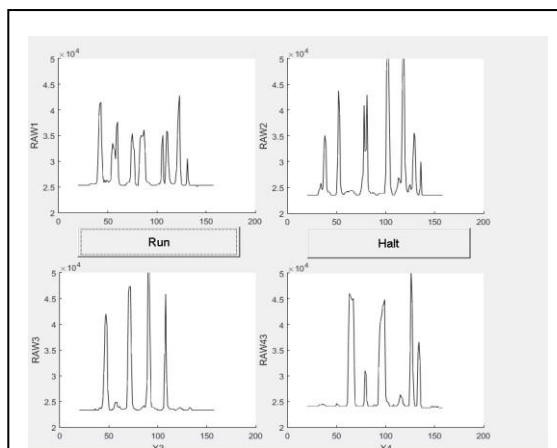
Schéma na obr. 9 zobrazuje už vyššie spomenutý konfiguračný blok pre kartu F28335 kde prebehne prvotné nastavenie karty. V nastaveniach sa volia hodnoty pre použitý takt procesora, adresy jednotlivých pamätí procesora a v neposlednom rade časovanie pre I2C protokol. Ďalej táto schéma zobrazuje, že údaje pred samotným odoslaním cez RTDX podliehajú unifikácii číselného formátu a zosúladieniu prenosového časovania.

3 Vizualizácia snímania

Získanie plne použiteľných údajov cez rozhranie RTDX predstavovalo značné problémy pri odlaďovaní senzorického systému, z dôvodu synchronizácie meraných veličín a ich odosielaním a vykresľovaním v prostredí Matlab. Samotná komunikácia cez rozhranie RTDX problém nepredstavuje avšak ak je cieľom vytvoriť užívateľský prívetivý terminál s grafickým rozhraním potom už je možné očakávať isté komplikácie. Medzi tieto komplikácie patrí už vyššie spomenuté zosúladienie vykresľovania hodnôt v grafoch a ich odosielanie a rovnako simultánne odosielanie hodnôt cez RTDX smerom ku riadiacej karte.

```
global cc;
cc=ticcs;
configure(cc.rtdx,1024,4);
open(cc.rtdx,'ochan1','r');
open(cc.rtdx,'ochan2','r');
open(cc.rtdx,'ochan3','r');
open(cc.rtdx,'ochan4','r');
enable(cc.rtdx,'ochan1');
enable(cc.rtdx,'ochan2');
enable(cc.rtdx,'ochan3');
enable(cc.rtdx,'ochan4');
enable(cc.rtdx);
cc.rtdx
```

Obrázok 10:
Otvorenie komunikácie RTDX



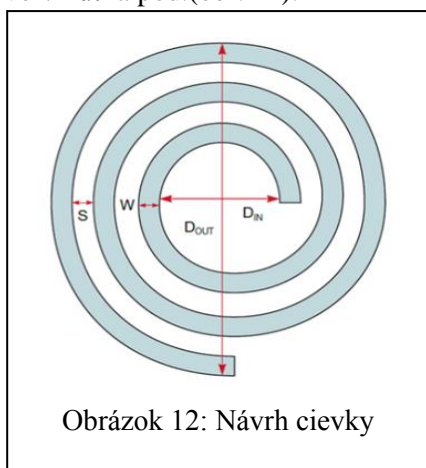
Obrázok 11: Grafické rozhranie

Obr. 10 ilustruje najpodstatnejšiu časť pri vzájomnej komunikácii cez RTDX. V úvode treba prepojiť Matlab s vyššie spomínaným CCS a následne otvoriť a spustiť komunikáciu cez príslušné kanály. Ak komunikácia beží potom cez systém cyklov je možné dané hodnoty z „buffera“ pri správnej synchronizácii poslať do už nakonfigurovaného grafického rozhrania (**obr. 11**). Tlačidlá RUN a HALT majú po dve funkcie, kde na prvom mieste je spustenie/zastavenie vykonávania programu na riadiacej karte (prostredníctvom komunikácie s CCS z prostredia Matlab) a rovnako spustenie/zastavenie čítania údajov z jednotlivých kanálov.

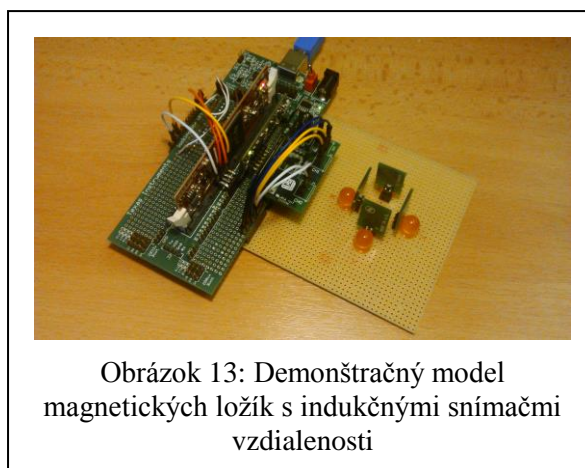
4 Záver

V závere možno konštatovať, že sa podarilo zostrojiť plne funkčný, vysoko citlivý a modulárny senzorický systém polohy, ktorý disponuje zrozumiteľným užívateľským rozhraním a je ho možné implementovať v ďalšom kroku do komplexného riadiaceho systému pre zotrvačník levitujúci v magnetickom poli. Vyššie opísaný senzorický systém bude snímať polohu hriadeľa a na základe týchto údajov bude cez rovnakú riadiacu kartu F28335 pomocou pulzne-širokovej modulácie (PWM) riadené napájanie elektromagnetov aktívnych magnetických ložísk (AMB). Táto platforma od Texas Instruments je široko uplatniteľná pri komplexných a náročných riadiacich systémoch. Zariadenie umožňuje aj teplotnú kompenzáciu pomocou zapojenia druhého LDC 1614 modulu, ktorý bude napojený na mikropočítač, pričom stačí iba zmeniť adresný bit tohto modulu v komunikačnej sieti. Ak by riadiaci kód predstavoval problém z pohľadu veľkosti pre jeden procesor karty F28335 je možné a dokonca efektívnejšie jednotlivé úlohy rozdeliť medzi viacero riadiacich kariet a ich vzájomnú komunikáciu riešiť cez protokoly CAN resp. SPI. Tu treba podotknúť, že rovnako ako v prípade I2C, tak aj pri týchto protokoloch sú implementované v danom Simulink toolboxe bloky, ktoré značne zjednodušujú samotné naprogramovanie procesora riadiacej karty.

Po celkovom odladení senzorického systému sa prešlo ku návrhu veľkosti cievok určených na konkrétnu aplikáciu. Veľkou výhodou tohto modulu je jednoduchá výroba týchto senzorov. Sensory pre LDC moduly sú koncipované ako miniatúrne dosky plošných spojov, čo výrazne znižuje ich cenu a zjednodušuje ich výrobu. Pri návrhu sa brali do úvahy parametre ako priemer cievky, snímací rozsah, citlivosť, počet vrstiev na doske plošných spojov (výrazný vplyv na cenu), samotné rozstupy vo vinutí a pod.(obr. 12).



Obrázok 12: Návrh cievky



Obrázok 13: Demonštračný model magnetických ložík s indukčnými snímačmi vzdialenosti

Literatúra

- [1] <http://www.mathworks.com/help/matlab/>
- [2] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tms320f28335.pdf>
- [3] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ldc1614.pdf>
- [4] <http://www.ti.com/lit/ug/snou135/snou135.pdf>

Ing. Radko Kozakovič Ústav aplikovanej mechaniky a mechatroniky, Strojnícka Fakulta, Slovenská Technická Univerzita Námestie slobody 17, 821 31 Bratislava, Slovenská republika, radko.kozakovic@stuba.sk

Ing. Milan Kertész Ústav dopravnej techniky a konštruovania, Strojnícka Fakulta, Slovenská Technická Univerzita Námestie slobody 17, 821 31 Bratislava, Slovenská republika milan.kertesz@stuba.sk