

THE DOPPLER'S MEASUREMENT FLOATING OF OBJECTS

Zdeněk AXMAN, Master Degree Programme (1)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, VUT
E-mail: axman.zdenek@post.cz

Školitel: Ing. Jiří Šebesta

ABSTRACT

Applications of the radar Doppler's sensors are described in this paper. The fundamentals of Doppler's principle are analysed in the first chapter. Practical measurement of the radar sensor KMY24 and design of a matching circuit to a DSP evaluation board are presented in the second part of the contribution.

1 ÚVOD

V posledních letech se elektronická zařízení uplatňují v bezpečnostních prvcích v automobilech a ke střežení. Mezi ně patří i radarové senzory pohybu, které jsou pomocí mikrovlnného ozařování objektů schopny identifikovat pohyblivé překážky. Princip detekce je založen na Dopplerově jevu.

2 ROZBOR

Závislost frekvence vlnění, kterou vnímá pozorovatel, na vzájemné rychlosti zdroje vlnění a pozorovatele, objevil v roce 1842 rakouský fyzik Christian Doppler (1803-1853), a proto ji nazýváme Dopplerův jev. Pro frekvenci přijímaného signálu platí [2,4]:

$$f_c = f_v \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}}} \quad (1)$$

, kde f_c je přijímaná frekvence, f_v je vysílaná frekvence, v je rychlost pohybu objektu a c je rychlost šíření vlny ($3 \cdot 10^8$ km/s).

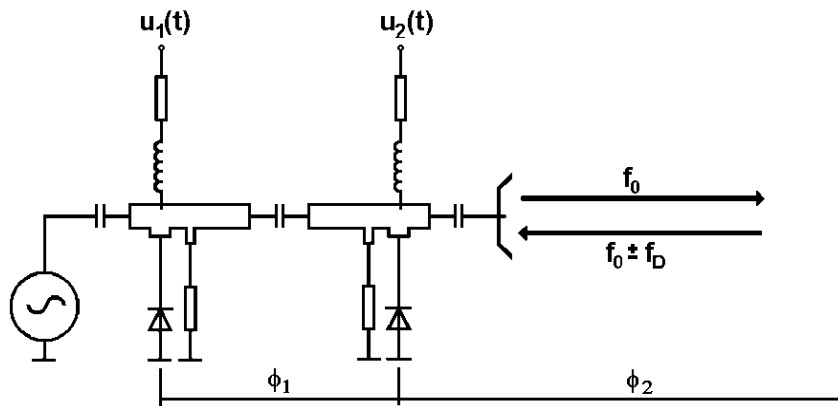
Protože pro reálnou rychlost objektu platí $v/c \ll 1$, lze zanedbat členy $(v/c)^2$ a menší, a po úpravách obdržíme rovnici:

$$f_c \approx f_v \cdot \sqrt{1 - 2\frac{v}{c}} \approx f_v \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right) \quad (2)$$

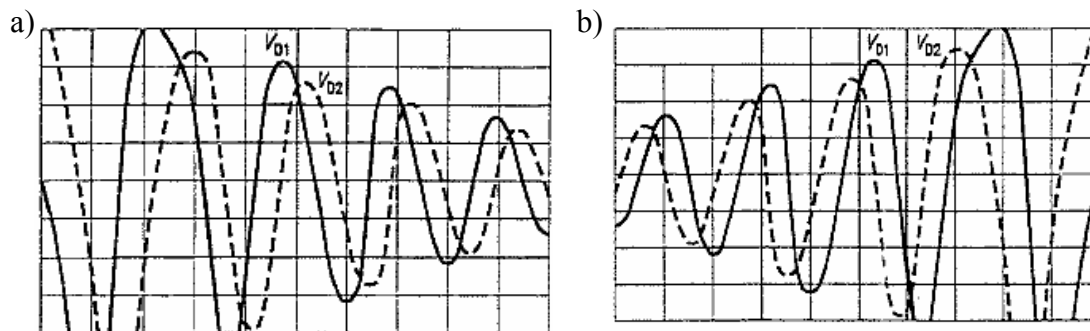
Vlastní Dopplerův kmitočet vznikající pohybem cíle je rozdílem vysílané a přijímané frekvence (oproti výpočtu kmitočtu u cíle je nutno při výpočtu kmitočtu u přijímače uvažovat v dvojnásobně).

2.1 RADAROVÉ SENZORY POHYBU

Radarové senzory pohybu v porovnání s detektory s infrapasivním čidlem (IR) jsou citlivější a umožňují konstrukci systému s více čidly, který je schopen určit polohu pochybujícího se objektu. Radarové senzory jsou ale v porovnání s IR finančně nákladnější (cena tohoto čidla se pohybuje okolo 1000 Kč). V oscilátoru, používají se standardně kmitočty 2,45 GHz (KMY-24), 9,35 GHz, 10,525 GHz, 24,125 GHz, je použita levná Gunnova dioda a anténa je řešena „patch“ anténou. Sensor nepřetržitě vysílá do hlídaného prostoru elektromagnetickou vlnu. Odražený signál od objektu v měřeném prostoru je zachycen anténou senzoru a na směšovací Schottkyho diodě je směšován s referenčním signálem oscilátoru. Při pohybu objektu v prostoru je vlivem Dopplerova jevu rozdílový kmitočet směšování nenulový. Tento záznějový signál je dále zpracován vyhodnocovacím obvodem, který určí zda-li je prostor narušen či ne. Na obrázku 1 je naznačeno uspořádání senzoru se dvěma směšovači, jejichž mechanická vzdálenost odpovídá fázovému posuvu Φ_1 pro pracovní frekvenci čidla a na obrázku 2 příklad výstupních průběhů.



Obr. 1: Uspořádání radarového senzoru se dvěma směšovači



Obr. 2: Vzájemný vztah záznějových napětí radarového senzoru pohybu se dvěma směšovači a) Vzdalující se objekt b) Přibližující se objekt

Pro řešení projektu bylo zvoleno čidlo se dvěma směšovači KMY24. Pro zpracování signálu ze senzoru bude využito vývojové desky se signálovým procesorem ADSP2181, která má implementovány A/D převodníky s “full-scale” rozsahem 2 V_{p-p}. K úpravě signálů z čidla musí být použit zesilovač pro dosažení plného dynamického rozsahu převodníku. Následující stať je věnována experimentálnímu měření senzoru a návrhu zesilovače.

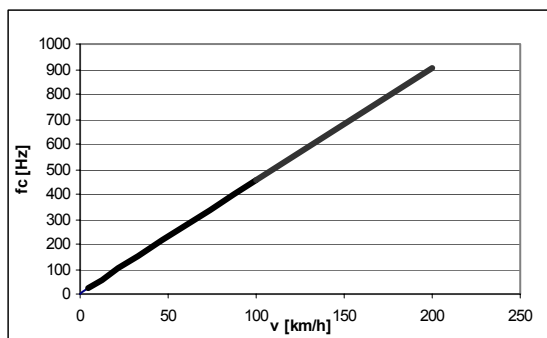
3 MĚŘENÍ PARAMETRŮ ČIDLA

Při praktickém měření byly ověřeny teoretické předpoklady a bylo zjištěno, že 1. kanál má stejnosměrnou složku 0,750 V a 2. kanál 1,028 V. Ve velmi malé vzdálenosti od čidla (cca 20 cm a méně) byla hodnota výstupního napětí 320 mV. V případě nejvyšší možné vzdálenosti (cca 8 m) byl již na osciloskopu viděl jen šum (max. rozlišení osciloskopu 20 mV/d). Z těchto výsledků je potřebné zesílení zesilovače (přizpůsobení) v rozsahu 5 až 1000 a musí být regulovatelné.

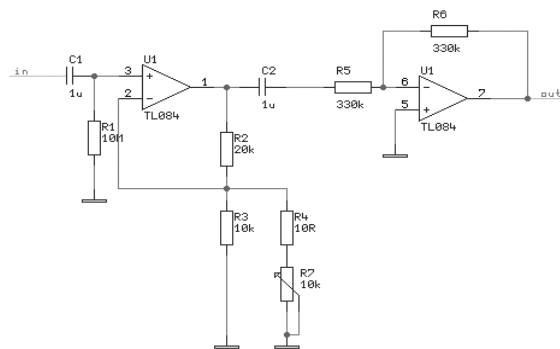
Dalším parametrem pro návrh zesilovače je rozsah záznejové frekvence. Po úpravě vzorce (2) a při úvaze o dvojnásobku záznejové frekvence dostaneme:

$$f_c = 2f_v \cdot \frac{v}{c}, \quad (3)$$

kde f_c je výsledná záznejová frekvence, f_v je pracovní frekvence radarového čidla, v je rychlost pohybu objektu a c je rychlost šíření vlny (viz. obr. 3).



Obr. 3: Závislost záznejové frekvence na rychlosti pohybu objektu



Obr. 4: Schéma zapojení přizpůsobení čidla a vývojové desky

4 NÁVRH PŘIZPŮSOBENÍ ČIDLA A VÝVOJOVÉ DESKY

Schéma výsledného zapojení je na obr. 4. V návrhu jsou použity 2 OZ, čímž se minimalizuje napěťová nesymetrie na výstupu celého zesilovače. Jsou použity OZ se vstupními tranzistory MOS, aby se neprojevila proudová nesymetrie. Jako oddělovací kondenzátory se musejí použít keramické. Mezní frekvence podle simulace vychází 0,3 Hz. Při konstrukci by bylo dobré na výstup druhého OZ ještě připojit rezistor s hodnotou řádově 50 Ω , aby se předešlo možnému zničení OZ. Mezní frekvence 0,3 Hz odpovídá rychlosti pohybu objektu asi 0,1 km/h.

LITERATURA

- [1] Záznejový Dopplerův modul KMY-24: Technická dokumentace Conrad electronics CZ. Bor u Tachova, 1999
- [2] Hanousek, K.: Radiolokace a radionavigace. Skripta FEI VUT v Brně. Brno, 2001
- [3] EZ-ADSP2181 kit lite. Uživatelský manuál Analog Device Inc. Norwood USA, 1999
- [4] http://www.upol.cz/resources/ktf/joch/kinematika/Podélný_Dopplerův_jev.htm