

MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI ULTRAZVUKEM

Princip ultrazvukového měření

Ultrazvukové snímače pracují na principu měření času od vyslání do příjmu odraženého signálu. Poloha a vzdálenost měřeného objektu se z něj se určují automaticky. Ultrazvukové snímače jsou vhodné pro řadu aplikací, nejčastější je ovšem právě měření vzdálenosti.

Technologické parametry

- **Vlastnosti měřeného objektu** - zvukové vlny odráží většina materiálů a díky tomu je lze detekovat. Některé materiály jako např. vata, pěnová guma, které naopak pohlcují zvukové vlny, lze detekovat pouze v omezeném rozsahu vzdáleností. Měřenými objekty mohou být tuhé látky, kapaliny nebo sypké materiály. Význačnou vlastností těchto snímačů je schopnost měřit vzdálenost průsvitných materiálů, jako např. sklo.
- **Maximální měřená vzdálenost objektu** závisí na jeho odrazových vlastnostech - jeho velikosti, materiálu a povrchu. Objekt může být různého tvaru a barvy, lze měřit i velmi malé objekty o průměru asi 0,7 mm, musí být ovšem zajištěna dostatečná intenzita odraženého signálu.
- **Úhel vysílaného paprsku** - je udáván pro pokles úrovně vysílaného paprsku o 3 dB. Objekt v těsné blízkosti snímače může být detekován i mimo tento úhel, pro velké vzdálenosti musí objekt ležet v mezích úhlu vysílaného paprsku.
- **Měřicí rozsah** - je definován maximální měřenou vzdáleností a minimální vzdáleností měření - v těsné vzdálenosti snímače nelze vzdálenost objektu správně změřit díky fyzikálním vlastnostem snímače.
- **Rychlost měření** - nové měření je možné provést až po příjmu odraženého zvukového signálu z předcházejícího měření. Proto mají snímače s velkým měřicím rozsahem malou rychlost měření a opačně.
- **Minimální vzdálenost měření** - měniče signálu vysílající a přijímající zvukové vlny vyžadují, aby vyslaný puls byl kompletní před přepnutím na funkci přijímače - potřebné době přepínání funkce vysílač / přijímač odpovídá minimální vzdálenost.
- **Maximální měřená vzdálenost** - je vzdálenost, z které je přijímač schopen přijmout odražený signál s ještě dostatečnou intenzitou.
- **Vlivy prostředí** - vliv na ultrazvukové měření mají i vlastnosti přenosového média. Některé přesnost měření neovlivňují (např. vlhkost, prašnost, kouř) jiné naopak ovlivňují (tlak), nejvýraznější je vliv teploty. Většina snímačů má ale vliv teploty na rychlost šíření zvukových vln kompenzován.

Snímače jsou zkonstruovány pro měření v atmosférickém vzduchu. Použití v jiných prostředích (plyny, např. oxid uhelnatý) může vést k chybám měření, protože je zde jiná rychlost zvuku a absorpce zvukových vln. Neschopnost funkce snímače mohou způsobit také kapaliny s intenzivním odpařováním. Také prudké pohyby vzduchu a turbulence vedou k nestabilitě měření, nicméně rychlost proudění vzduchu v otevřeném prostředí nanejvýš několik m/s není překážkou.

Instalace

Ultrazvukové snímače mohou být upevněny v téměř libovolné poloze, záleží především na poloze snímaného objektu. Vysílaný zvukový paprsek také lze směřovat použitím odrazných ploch, snižuje se tak ale maximální vzdálenost. Vysílaný paprsek je možné soustředit pomocí reflektoru.

Výhody

Zvláštní předností tohoto principu měření je, že pracuje bez přímého styku s měřeným objektem, médiem. Tím odpadá mechanické spojení. Umožňují realizaci měření až do desítek m s vysokou přesností a v širokém rozsahu teplot, běžně od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$.

Hlavní výhody měření pomocí ultrazvuku jsou:

- bezdotykové měření
- jednoduché nastavení nenáročnost údržby
- odolnost vůči otěru měřeného materiálu
- necitlivost na změnu hustoty měřeného materiálu
- necitlivost na změnu dielektrických parametrů měřeného materiálu
- necitlivost na změnu tlaku v přípustném rozsahu tlaků

Použití

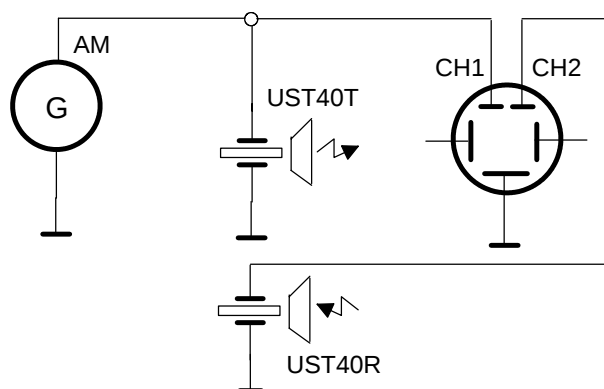
Ultrazvukové snímače jsou vhodné pro široký rozsah úloh, zde jsou uvedeny pouze některé příklady:

- měření vzdálenosti strojních součástí ale i jiných výrobků v pohybu
- detekce pohyblivých objektů vyrobených ze všech typů materiálu včetně skla
- detekce přítomnosti objektů a lidí
- počítání objektů rozličných tvarů
- kompletace zboží v zásobnících (lahve v bedně)
- měření hladin většiny sypkých látek a kapalin v nádržích nebo silech
- kontrola navíjení a odvíjení v papírenském nebo textilním průmyslu
- třídění materiálu podle jeho výšky na dopravníku
- měření pozice materiálu uskladněného v haldách, odhad objemu pro nakládací stroje
- střežení nedostupných oblastí
- kontrola vzdálenosti mezi přepravními vozíky - zamezení jejich střetu

Zadání :

S použitím počítače a grafického programovacího jazyka Agilent VEE Pro vytvořte ultrazvukový dálkoměr.

Schéma zapojení:



Návod osnovy pro vytvoření programu :

- 1) Z katalogu si zjistěte parametry ultrazvukového vysílače a přijímače. Seznamte se s přípravkem. Na internetu vyhledejte vztah pro určení rychlosti ultrazvuku v závislosti na teplotě.
- 2) Úlohu zapojte a nastavte generátor pro napájení vysílače. Nosná sinus frekvence 40kHz, zvolit funkci Burst a nastavit počet impulsů na 10 s opakovací periodou 10ms.

&1. Jaká je opakovací frekvence jednotlivých sérií impulsů?

3) Nastavte vhodně osciloskop a zobrazte průběh napětí vysílače a přijímače.

4) Přeneste oba průběhy do počítače. Důležité příkazy pro nastavení plug&play ovladače osciloskopu:

“WAVEFORM:FORMAT <value>” kde <value>::= {WORD/BYTE/ASCII}

“WAVEFORM:POINTS <points>” kde <points>::= {100/250/500/1000/2000/max}

“WAVEFORM:SOURCE CHANNEL<n>” kde <n>::= {1/2}

“WAVEFORM:DATA?” dotaz data specifikovaného průběhu po kterém následuje příkaz který specifikuje formát a výstup na který se data odešlou.

“TIMEBASE:RANGE?” dotaz na rozsah časové základny po kterém následuje příkaz který specifikuje formát a výstup na který se data odešlou.

S pomocí dat a rozsahu časové základny sestavte pomocí objektů BUILD WAVEFORM oba požadované průběhy a zobrazte je v objektech Waveform(time)

5) V případě potřeby je možné softwarově upravit navzorkovaný signál například :

a) upravit citlivost “zesilovače” tak ,aby nereagoval na vstupní napětí např. pod 100mV

Určete postup :

.....

b) zesílit signál např.100x

Určete postup

.....

c) omezit amplitudu např. na 9.5V

Určete postup :

.....

d) usměrnit signál (jednocestně i dvoucestně)

Určete postup :

.....

6) Zjistěte dobu od vyslání série impulsů (např. první vzorek s hodnotou nad $\pm 0.5V$) do okamžiku jejich zachycení přijímačem. U přijímače měření zahajte až od vzorku jehož poloha odpovídá začátku vysílání (opět berte první vzorek s hodnotou nad 15mV). Z časové polohy vzorků a rychlosti zvuku určete vzdálenost překážky.

&2. Pokuste se zodpovědět jakou největší vzdálenost mohu měřit (s ohledem na použitý signál vysílače)?

7) Ověřte funkci ultrazvukového dálkoměru nejméně v pěti bodech dle zadání vyučujícího. Výsledky sestavte do tabulky a vyhodnoťte.

VYTVOŘENÍ MODELU MĚŘENÍ ODPORU MULTIMETREM

Zadání :

Vytvořte model dvourozrahového ohmetru s automatickou volbou rozsahu.

Specifikace:

Základem je převodník R na U s referenčním napětím 10V a převody 1V na $1k\Omega$ a 1V na $10k\Omega$, které se nastavují automaticky pomocí přepínače číslo 1 umístěného ve slotu 200 měřicí ústředny. Výstupní napětí převodníku přivedené na kanál 1 analogového multiplexeru umístěného ve slotu 100 je měřeno digitálním multimetrem měřicí ústředny. Pomocí grafického programovacího jazyka Agilent VEE Pro vytvořte program který automaticky nastaví nejvhodnější rozsah (přepnutí na menší rozsah pokud hodnota bude pod 10% rozsahu, na větší při překročení rozsahu)a přepočítá naměřené napětí na odpor .Pokud bude přístroj na největším rozsahu a i přesto bude odpor mimo rozsah zobrazí se na displeji nápis např. infinity. Pokud bude přístroj na nejmenším rozsahu a naměřená hodnota bude pod 0,1% rozsahu zobrazí se na displeji nápis např. zero.

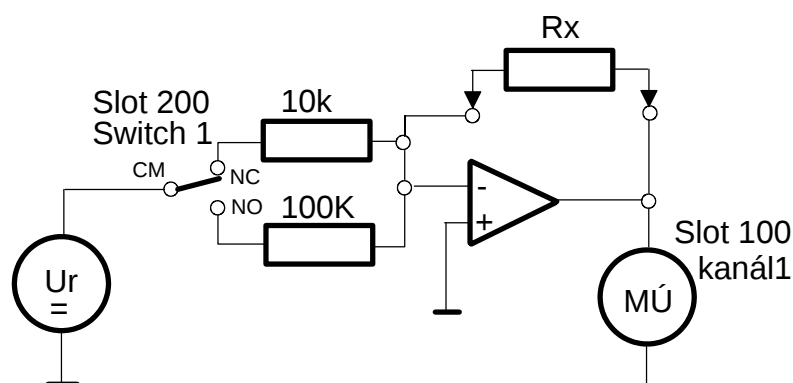
&1. Jaké je nejvyšší teoreticky možné výstupní napětí převodníku R na U?

Na základě odpovědi si zvolte rozahy multimetru (pro každý rozsah určete R_{min} a R_{max})

&2. Vytvořte si vývojový diagram podle kterého bude váš multimetr pracovat.

&3. Vytvořte program a změřte danou sadu odporů.

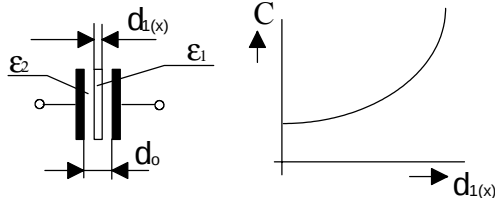
Schéma zapojení:



Kapacitní snímače

Kapacitní snímače mechanických veličin využívají změny některé z veličin určujících kapacitu kondenzátoru.

Převáděcí obvody kapacitních snímačů



- a) zpětnovazební (snímač ve zpětné vazbě nábojového zesilovače)
- b) můstkové (výhodou je možnost připojení diferenčních snímačů)
- c) rezonanční obvody
 - snímač tvoří s indukčností rezonanční obvod oscilátoru, jehož kmitočet je funkcí změny kapacity snímače

- snímač tvoří s indukčností rezonanční obvod. Změna kapacity vyvolá změnu impedance a tedy napětí rezonančního obvodu. Výhodou je, že lze snadno snímač uzemnit. Nevýhodou jsou značné nároky na stálost kmitočtu generátoru.

Využití kapacitního snímače pro měření tloušťky fólie

Popis snímače: Jedná se o deskový kapacitní snímač s proměnnou tloušťkou dielektrika

$$C = \frac{\epsilon_1 \cdot S}{d_0 - d_{1(x)} \left(1 - \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}\right)}$$

Plocha snímače přípravku $S = 0,3 \times 0,22 = 0,066 \text{ m}^2 (1 \text{ deska})$

Příklad naměřených hodnot.

Rezonance nastává při $f = 214,4 \text{ kHz}$, $L = 0,00102 \text{ H}$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Tomu odpovídá kapacita:

$$C_{MER} = \frac{1}{(2\pi f)^2 L} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 214,4 \cdot 10^3)^2 \cdot 0,00102} = 540,2 \text{ pF}$$

Výpočtem z rozměrů :

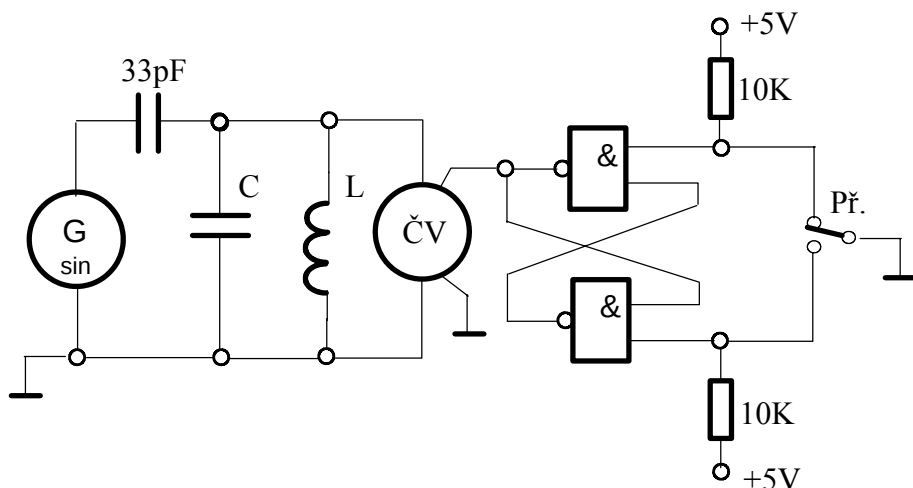
$$C_{1/2} = \epsilon \cdot \frac{S}{d} = 8,854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{2 \cdot 0,066}{0,005} = 233,7 \text{ pF}$$

$$C_{VYP} = C_{1/2}(n - 1) = 233,7 \cdot (3 - 1) = 467,5 \text{ pF}$$

Korekce na kapacitu kabelu : (pro připojení použit BNC kabel s kapacitou 76 pF)

$$C_{KOR} = C_{MER} - C_{KABELU} = 540,2 - 76 = 464,2 \text{ pF}$$

Zapojení pro laboratorní měření

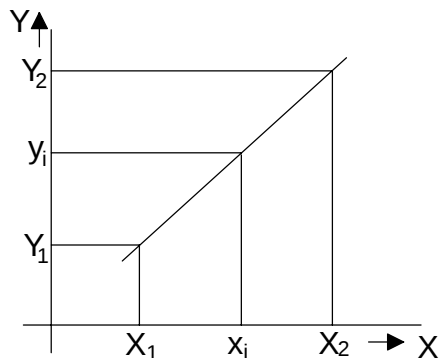


RS obvod používáme pro odstranění záskmitů přepínače.

INTERPOLACE

Předpokládejme, že známe hodnoty funkce Y (počet listů) v jisté množině bodů X (naměřené hodnoty napětí). Předmětem interpolace je přibližně určit hodnotu funkce y_i pro jiné body x_i . Funkce Y se aproximuje polynomem, který v množině x nabývá stejných hodnot jako funkce Y . Využijeme funkce MATLABU ve tvaru $Y_i = \text{interp1}(X, Y, x_i, \text{method})$, kde můžeme zvolit interpolační metodu: “nearest”, “linear”, “spline”, “cubic”

Princip lineární interpolace



$$\frac{Y_i - Y_1}{X_i - X_1} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$\Delta y = \Delta x \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$y_i = Y_1 + \Delta x \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad \text{nebo:}$$

$$y_i = Y_1 + (x_i - X_1) \cdot \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

ZADÁNÍ:

Vytvořte program pomocí kterého budete schopni určovat počet listů papírů formátu A4 vložených do přípravku kapacitního snímače.

NAZNAČENÍ POSTUPU:

Program rozdělíme na dvě části. V první části provedeme “navzorkování”, kdy pro známé vzorky Y (5,10,15,20,25,30,35 papírů) naměříme odpovídající napětí X .

1) Úlohu zapojíme a obvod uvedeme do rezonance. Zjištěnou frekvenci zaznameneáme.
Otázka: O jaký rezonanční obvod se jedná a jak rezonanci poznáme?

2) Vyvoláme ovladač generátoru a odpovídajícím způsobem nastavíme. - zatěžovací impedance (infinity), typ průběhu (sinus), amplituda 8Vpp a frekvenci dle bodu 1.

3) Vyvolejte ovladač multimetru a odpovídajícím způsobem nastavte:
- funkce ACVolts, ACfilter 20Hz, RANGE 10, přidejte výstup READINGS a v menu trigger options nastavte, trigger source na externí, trigger count na 7 (máme 7 vzorků)

4) Do objektu CONSTANT REAL 64 запиšte hodnoty Y. Hodnoty X naměřené multimetrem zadejte přes vstup Default Value do dalšího objektu CONSTANT REAL 64. Tento objekt bude používat druhá část programu, takže jeho výstup nesmí být použit v první části, neboť pak by nešel program rozdělit. Zobraďte závislost Y (počet papírů) na X (napětí rezonančního obvodu) v objektu XY TRACE. Data pro objekt XY Trace vytvořte pomocí objektu Build Coord. Upravte nastavení objektu XY TRACE tak aby po navzorkování a spouštění druhé části programu nedošlo ke smazání závislosti. Tím je uzavřena první část programu. (nezapomeňte použít tlačítko START)!!! Po spuštění první části programu máte 50 vteřin (nastavený TIME OUT ovladače multimetru) na "vzorkování". Po každém vložení vzorku do kapacitního snímače přepnete přepínač, čímž se vytvoří spouštěcí impuls a dojde k načtení hodnoty. Teprve pak vyměňujete vzorek.

Druhou část programu zpracujte samostatně tak, aby program umožňoval změření 1 - 10 vzorků dle zadání uživatele a výsledky byly zobrazeny v přehledné tabulce :

X-ová data pro funkci INTERP1 máte již uložené v objektu CONSTANT REAL 64 v první části programu, y-ová data znovu zadáte pomocí objektu CONSTANT REAL 64. Zvolte lineární interpolaci.

Nápověda: Nezapomeňte, že druhá část programu bude mít své vlastní tlačítko START a že multimetr musí mít nastaven TRIGGER COUNT automaticky dle vybraného počtu vzorků. Uvědomte si, že počet listů nemůže být desetinné číslo a výsledek interpolace upravte pomocí vhodné funkce.