



5c.

Senzory s ultrazvukovým principem

Přednášející: prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.

husak@fel.cvut.cz,

<http://micro.fel.cvut.cz>

tel.: 2 2435 2267

Cvičící:

Ing. Adam Bouřa, Ph.D.

Ing. Alexandr Laposa, Ph.D.

A) Princip ultrazvuku



Ultrazvuk – rychlost šíření zvuku a ultrazvuku ve vzduchu

Zkouška

Dolní kmitočtová hranice pro ultrazvuk se udává **20 kHz**

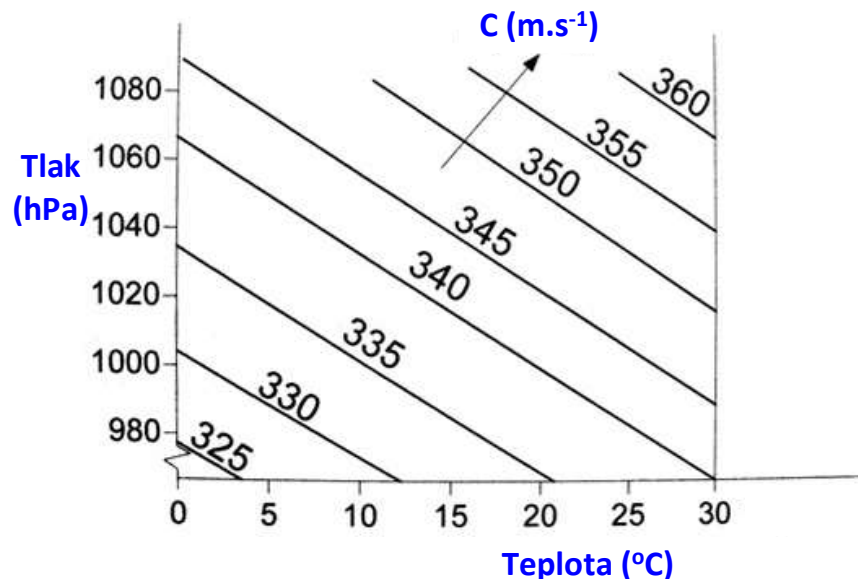
Rychlost šíření zvuku je závislá na teplotě a na tlaku plynu (vzduchu)

Teplotní závislost

$$c = 331,6 + 0,61 \cdot T \quad (m \cdot s^{-1})$$

Tlaková závislost

T [°C]	-20	0	20	40	60	80
c [m/s]	319,3	331,6	343,8	355,3	366,5	377,5



? Ultrazvuk: Jaká je přibližná rychlost šíření zvuku a ultrazvuku ve vzduchu, jaká je teplotní závislost, závislá rychlost šíření na tlaku vzduchu, dolní kmitočtová hranice ultrazvuku.

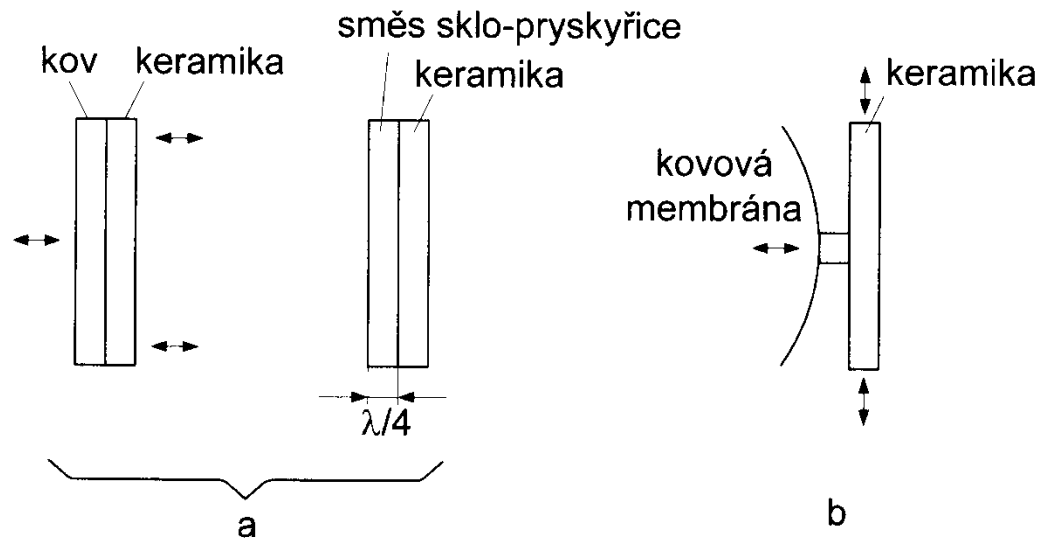


Ultrazvuk – rychlost šíření zvuku ve vzduchu



Piezokeramický měnič (piezoelektrický princip)

- transformace elektrického buzení na mechanickou deformaci materiálu (výhytku)
- impedanční přizpůsobení mezi zdrojem a zátěží

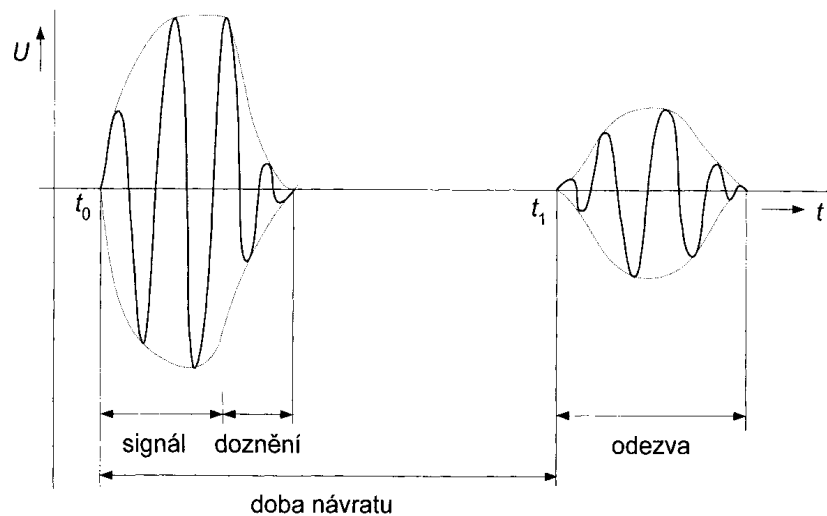
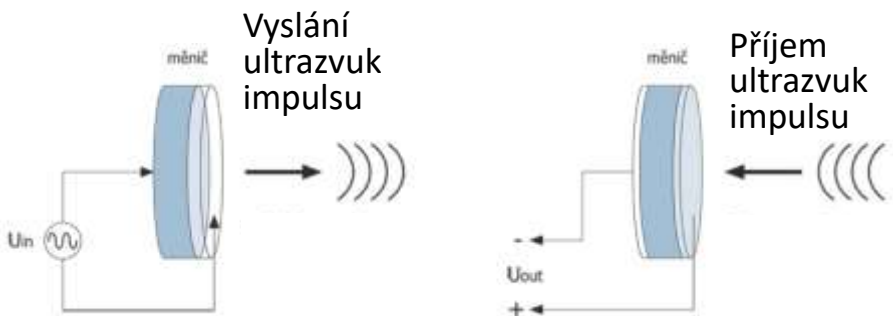


a) **Piezokeramický kotouč** slepený s kovovým kotoučem. Příčné síly piezokeramiky způsobí prohnutí systému s velkou amplitudou. Velká časová konstanta. Náhradou kovového kotouče destičkou na bázi skla a pryskyřice se zlepší přizpůsobení asi 20x.

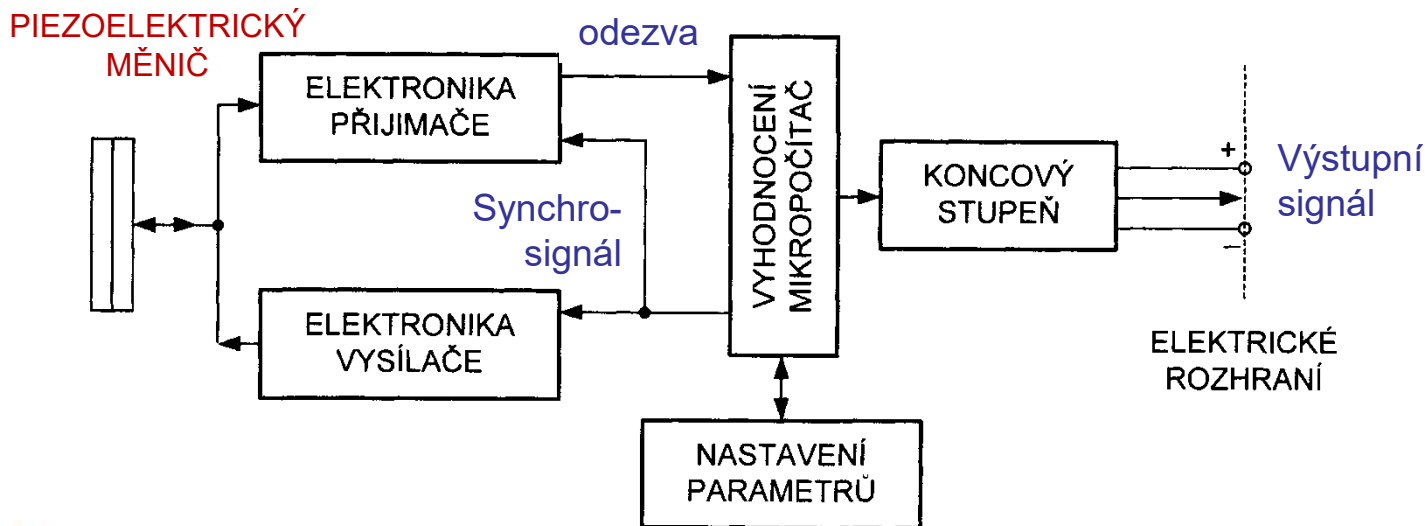
b) **Elastická kovová membrána** je buzena keramickou destičkou

Ultrazvuk – měření vzdálenosti

Měření vzdálenosti – (jednosystémový)

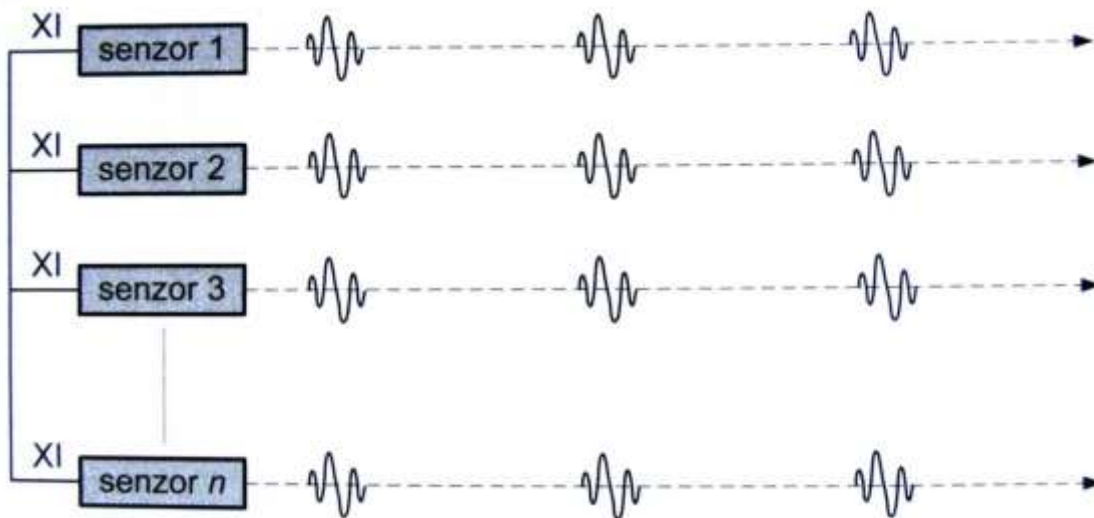
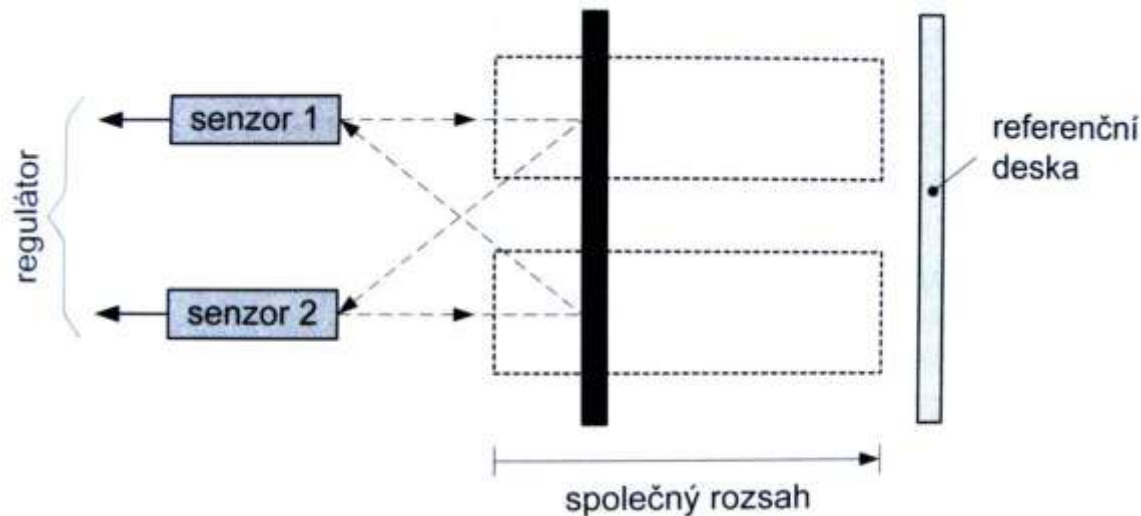


Blokové zapojení ultrazvukového systému



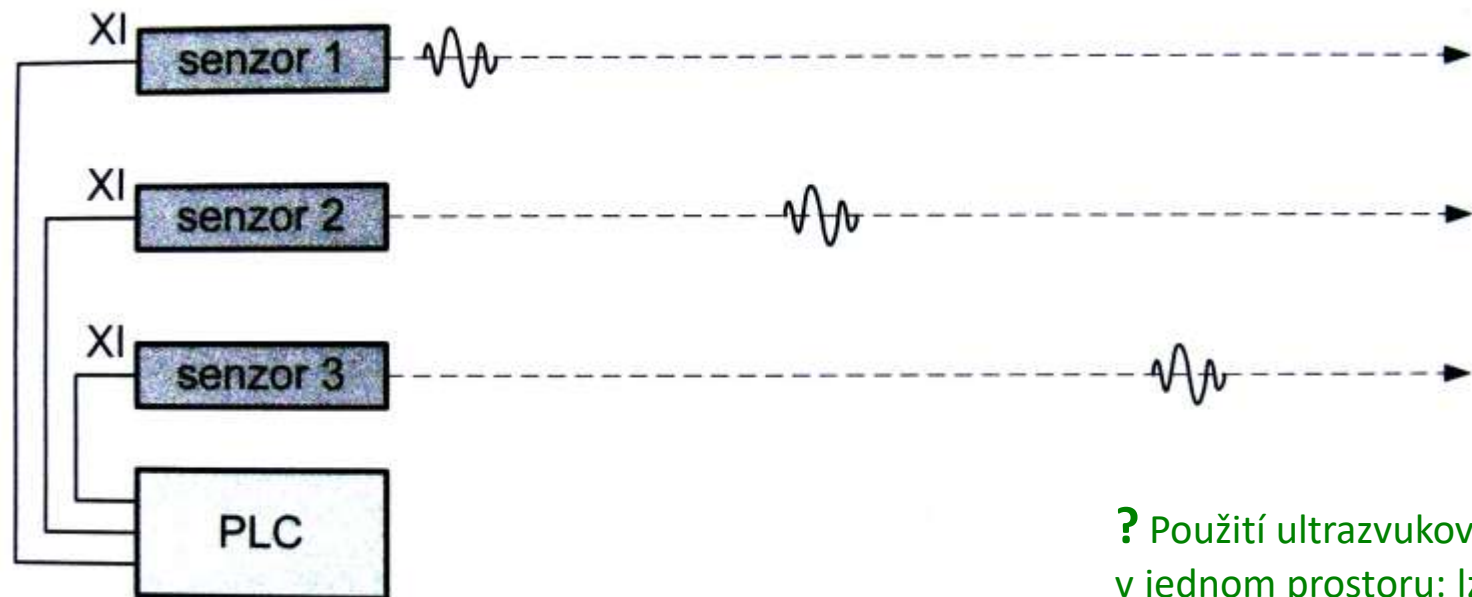
? Měření vzdálenosti ultrazvukem:
Nakreslete základní princip (impulsy v závislosti na čase) a způsob vyhodnocování,
Nakreslete zjednodušené blokové schéma elektronické části senzoru pro měření vzdálenosti

Synchronizace činnosti dvou nebo více senzorů



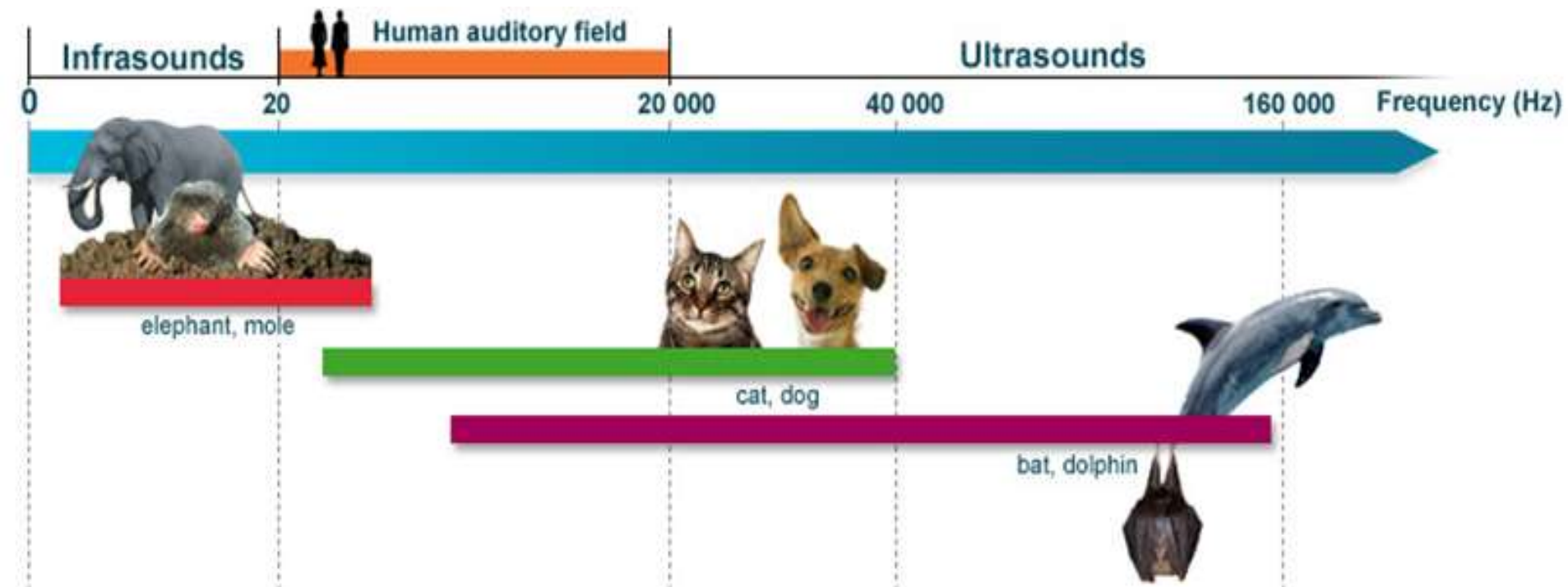
? Použití ultrazvukových senzorů v jednom prostoru: lze použít více ultrazvukových senzorů současně v jednom prostoru, event. jakými metodami lze řešit použití více senzorů v jednom prostoru (nakreslete příklady)

Časový multiplex



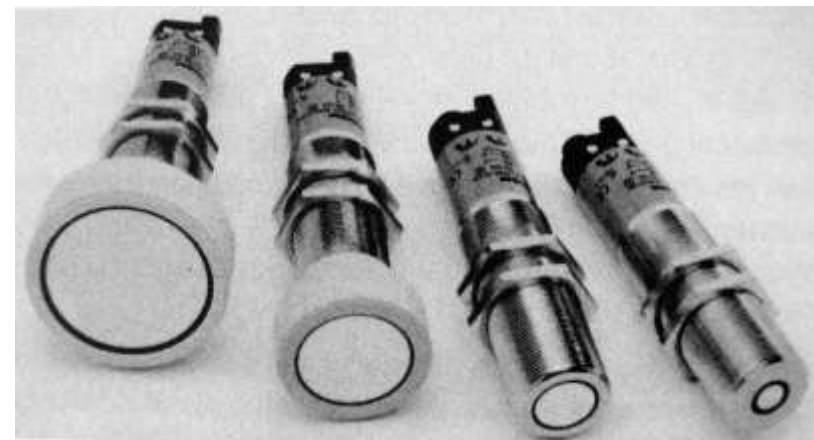
? Použití ultrazvukových senzorů v jednom prostoru: lze použít více ultrazvukových senzorů současně v jednom prostoru, event. jakými metodami lze řešit použití více senzorů v jednom prostoru (nakreslete příklady)

Ultrazvuk – rozsah v přírodě





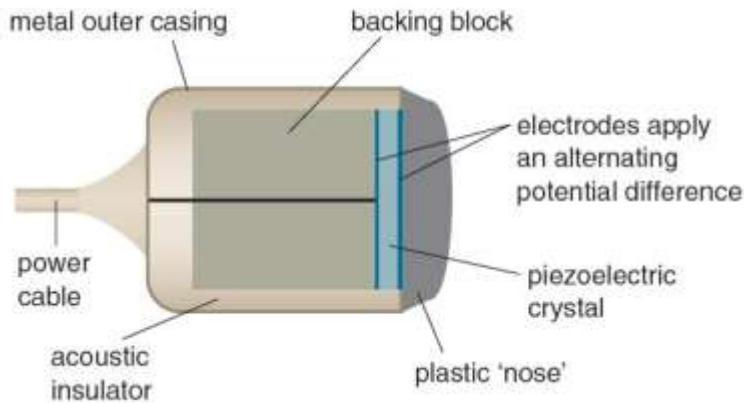
B) Aplikace ultrazvukových senzorů



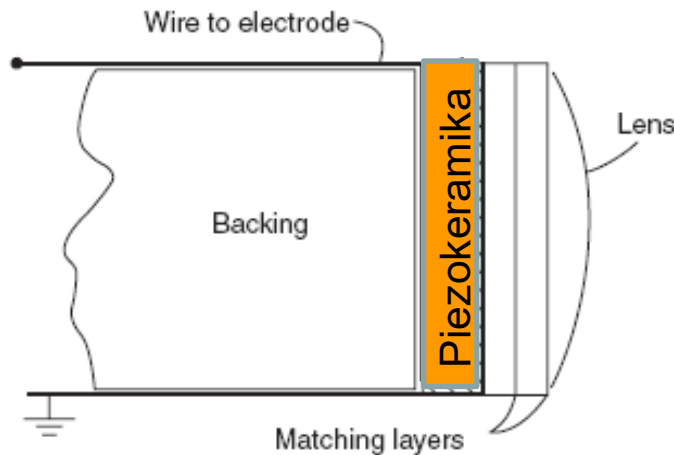
Piezelektrický jev – zdroj (aktuátor) a senzor ultrazvuku

Zobrazovací piezelektrický senzor pro medicínu

Základní konstrukce zobrazovacího piezelektrického snímače



- Tloušťka piezelektrického materiálu (keramický) s elektrodami a připojený vývody se rovná $\lambda/2$ pracovního kmitočtu (vlnové délky) a obvykle má rozpůlenou vrstvu na dvě vrstvy $\lambda/4$.
- Vrstvy jsou připojené k povrchu vyzařujícím akustický signál s optimalizací přenosu energie mezi sondou a tělem nebo tkání.
- Zaostřovací vlastnosti jsou realizovány čočkou, zatímco základní materiál pomáhá řídit šířku pásma snímače, které musí být dosti široké ke generaci krátkých impulsů potřebných pro dobré prostorové rozlišení.

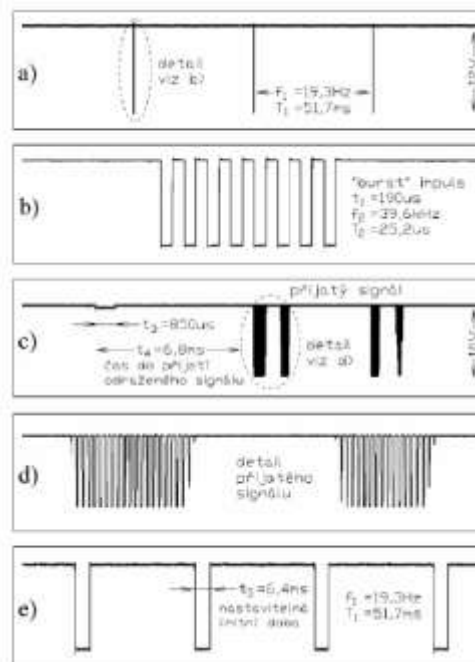
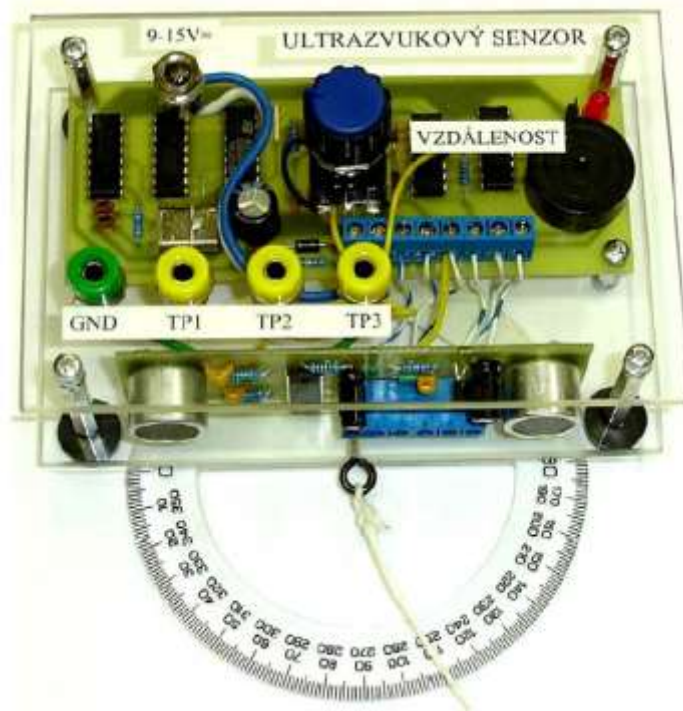


Piezelektrický zobrazovací senzor s jednou keramickou vrstvou (v řezu)



Ultrazvuk

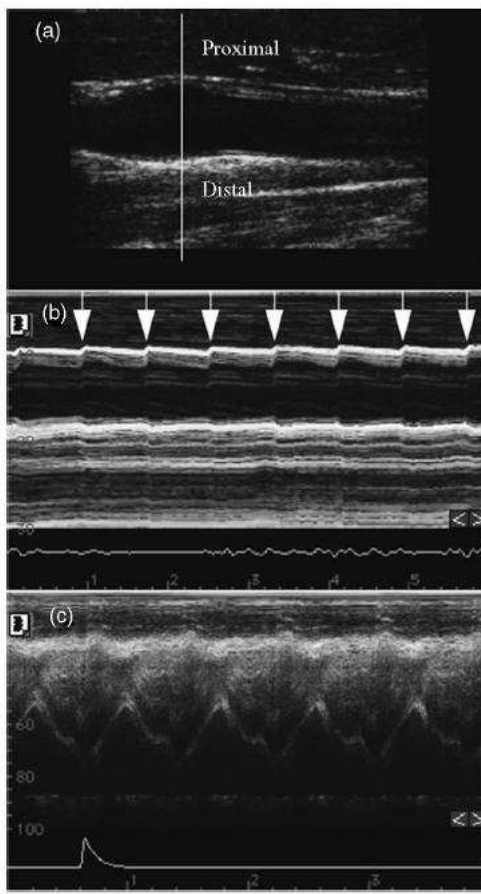
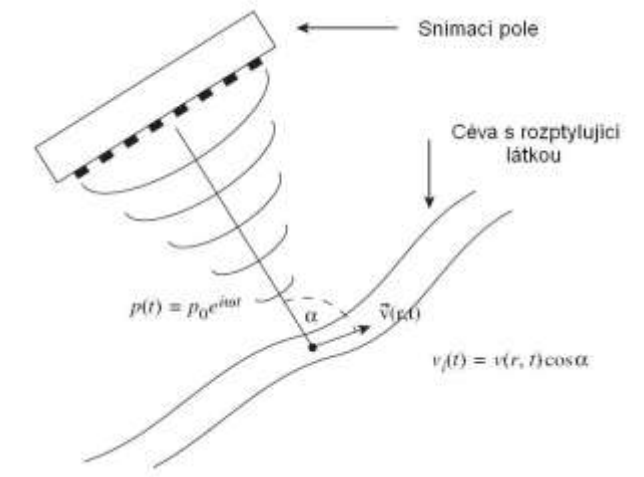
- Demonstrace principu využití odrazu ultrazvukových vln v diagnostice



Ultrazvuk – medicína, ultrazvukové zobrazování

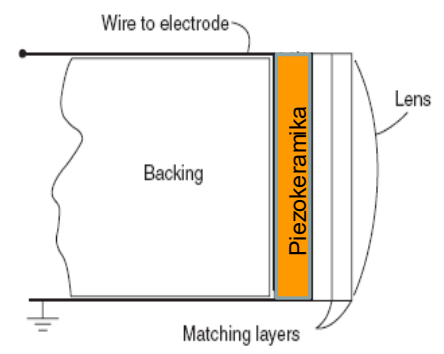


Plod na konci druhého trimestru

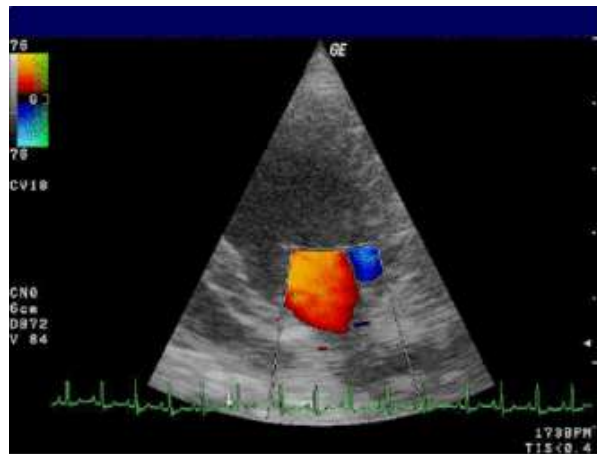


Podélný řez krkavicové tepny

Cévní stěna
Cévní stěna
Srdeční stěna nebo chlopeč



Zobrazení části cévy podél bílé čáry v časových úsecích



Ultrazvuk – ultrazvukové sondy pro echokardiografii

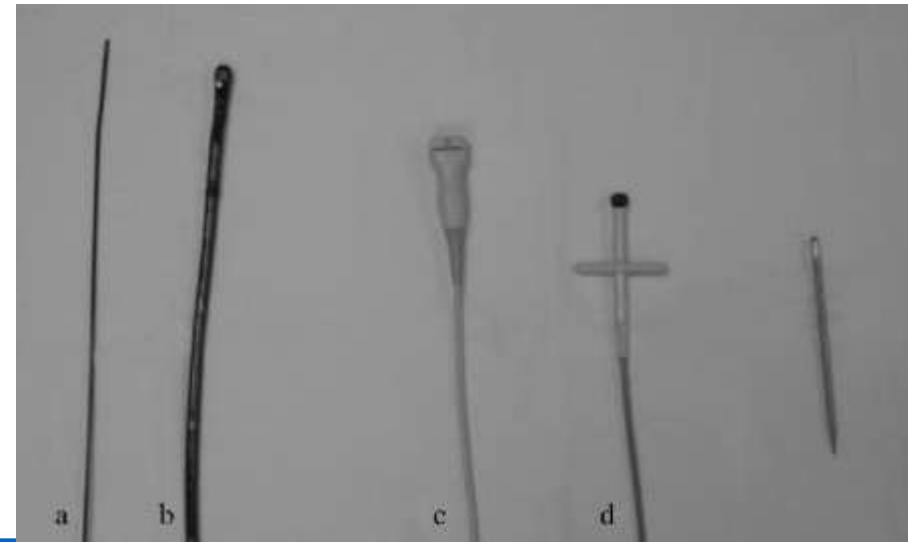
- **Transtorakální** – transducer je položen na povrch hrudníku a pohybem po jsou zkoumány různé části srdce nebo velkých cév
- **Transesophageální** – transducer je vložen ústy pacienta do jícnu a žaludku. Ultrazvukový signál je směřován k srdci.
- **Introkardiální** – malý transducer je umístěn pomocí katétru do velké cévy a je posouván do srdce.
- **Intravaskulární** – miniaturní transducer je vložen malým katétrem do tepny k jejímu vyšetření. Transducer při tomto vyšetření pracuje na velmi vysokém kmitočtu (20-30 MHz).



Ultrazvukové sondy

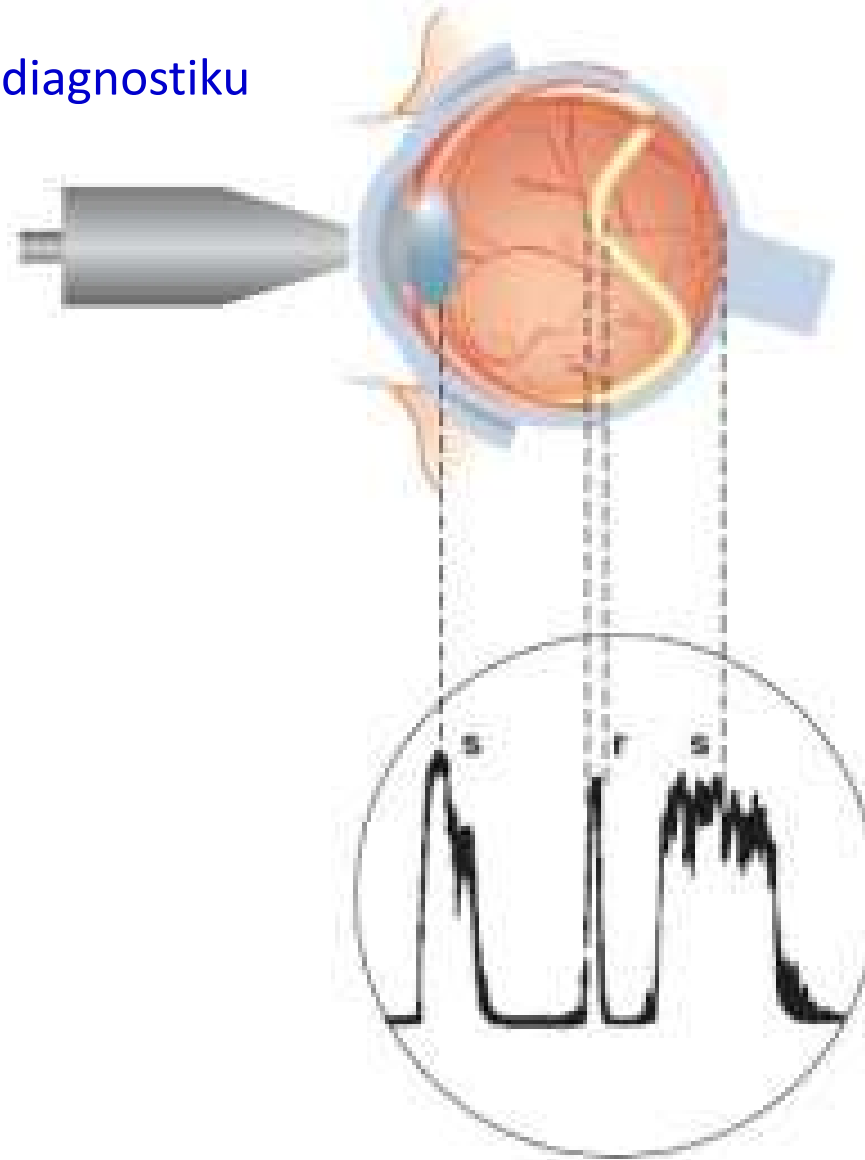
(velikosti v porovnání s tužkou)

- a) Transtorakální
- b) Transesophageální
- c) Introkardiální
- d) intravaskulární



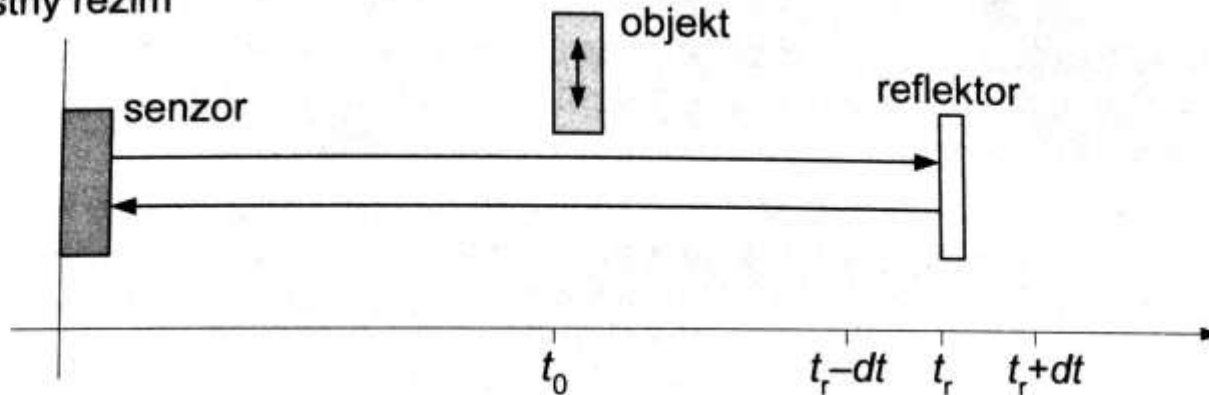
Ultrazvuk – ultrazvukové sondy pro oční lékařství

Ultrazvukové sondy pro oční diagnostiku

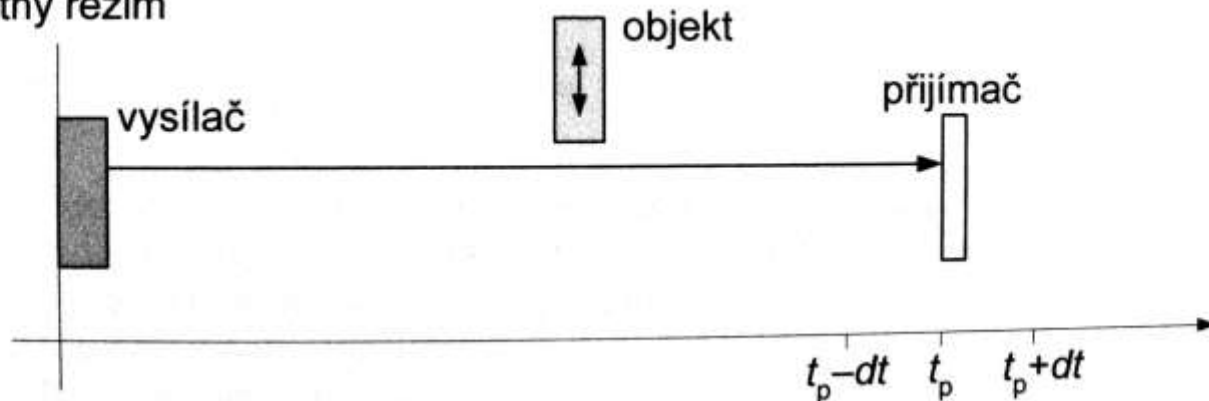


Činnost senzoru v režimu - závora

a) dvoucestný režim



b) jednocestný režim



? Aplikace ultrazvukových senzorů:
uveďte příklady 3 aplikací

Ultrazvuk – ultrazvuková závora

Počítání průhledných tvarovaných plastových lahví

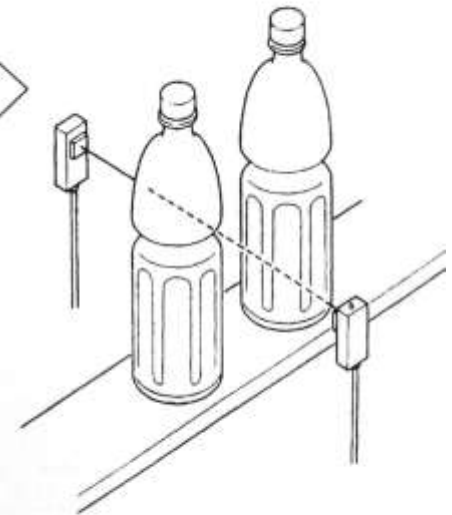
Počítání průhledných tvarovaných plastových lahví

Úkol:

Kontrola průchodu průhledných tvarovaných lahví.

Problém:

Optické senzory nedovedou láhev spolehlivě zjistit. Příčinou nemusí být ani propustnost světla, ale tvarová členitost, která způsobí lom paprsku a chybnou činnost senzoru.



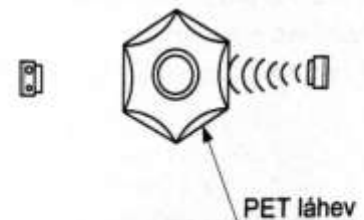
Řešení:

Ultrazvuková jednocestná závora.

Klíčové body:

Ultrazvukový senzor zjistí přítomnost předmětu i při jeho velké členitosti a vysoké propustnosti světla.

Ultrazvukový senzor



? Aplikace ultrazvukových senzorů:
uveďte příklady 3 aplikací



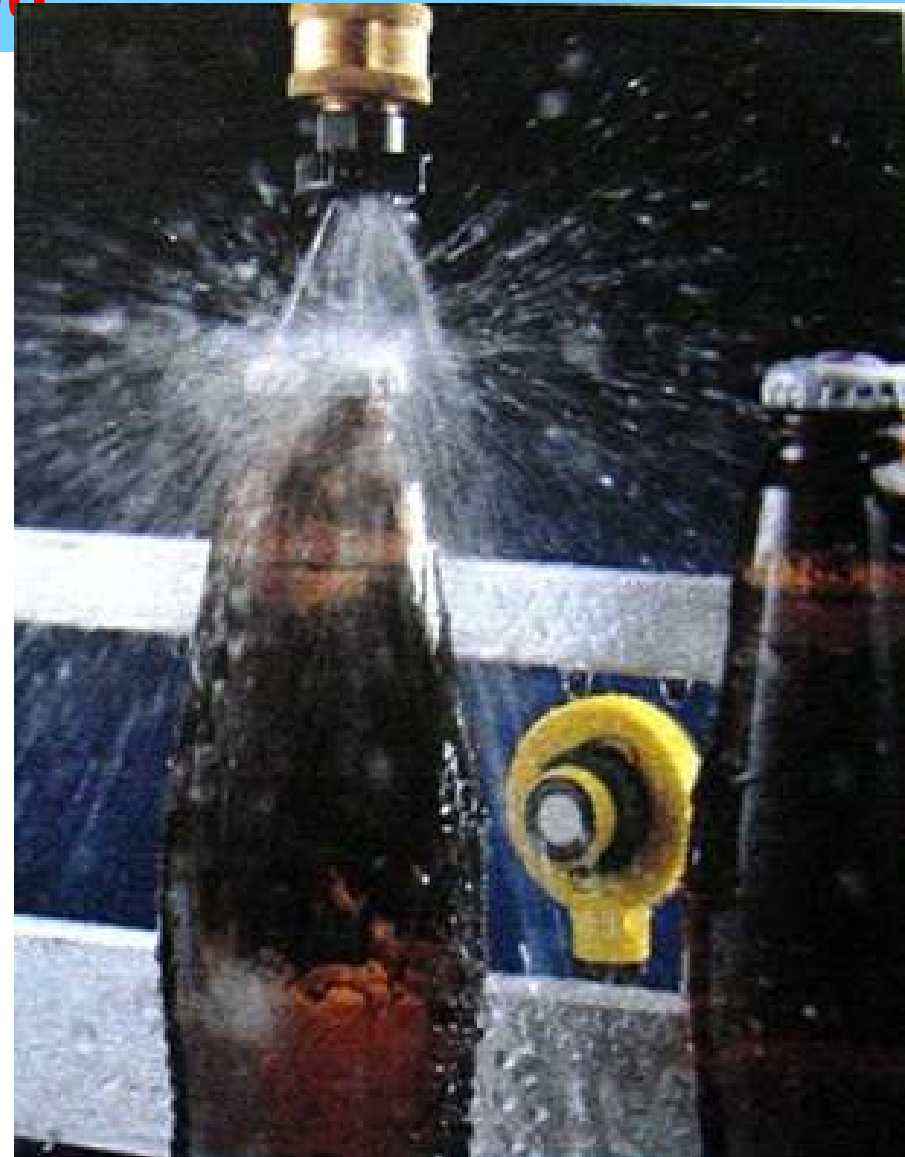
Ultrazvuk – ultrazvuková detekce naplnění lahví v prostředí se stříkajícím vodou

Úkol: Detekce lahví na dopravníku v potravinářském průmyslu

Řešení: Ultrazvukový senzor jako jednocestná nebo reflexní závora

Problém: Prostředí se stříkajícím vodou neumožňuje použít optosenzor. Ovlivňování vodou je mnohem menší než u optosenzorů.

Požadavek: US senzor musí mít IP67.



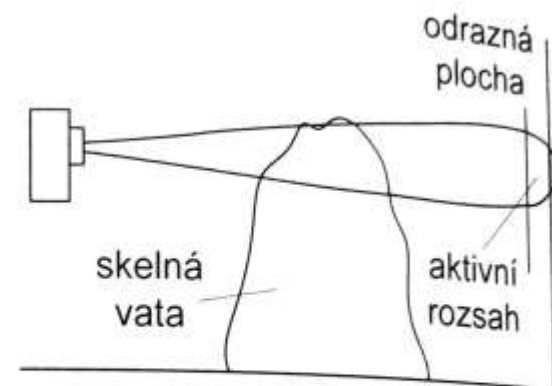
Ultrazvuk – ultrazvukový limitní senzor výšky

Úkol:

Zjištění výšky materiálu
pohlcujícího zvuk.

Problém:

Prostředí je prašné,
optosenzor použít nelze.
Zjišťování výšky materiálu,
který pohlcuje zvuk není pro
ultrazvukový senzor obvyklá
záležitost.



Řešení:

Použít ultrazvukový senzor, ale aktivní rozsah nastavit až na konec vyzařovací charakteristiky.

Klíčové body:

Senzor aktivuje výstup jen pokud dostává odražený signál. A k tomu mu zde slouží odrazná plocha. Jakmile je zvuk pohlcen materiálem, výstup rozezne pokud byl sepnut a nebo sepne, pokud byl rozeznut. První varianta je z hlediska hlídání meze (nebo havárie) lepší řešení.

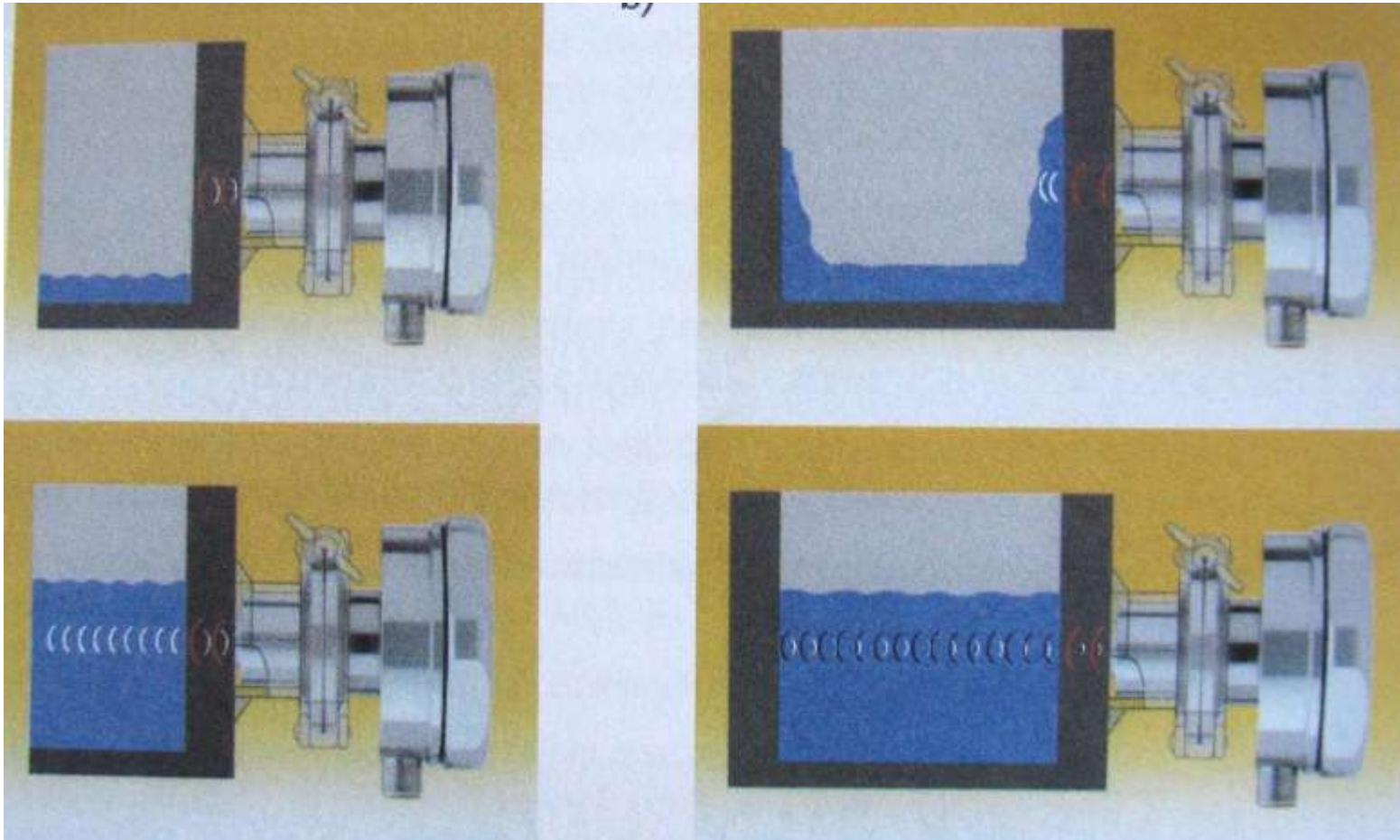
**Zjišťování výšky
hladiny materiálů
pohlcujících zvuk**



Ultrazvuk – ultrazvukový senzor výška hladiny u plynů a tekutin

Zkou
ka

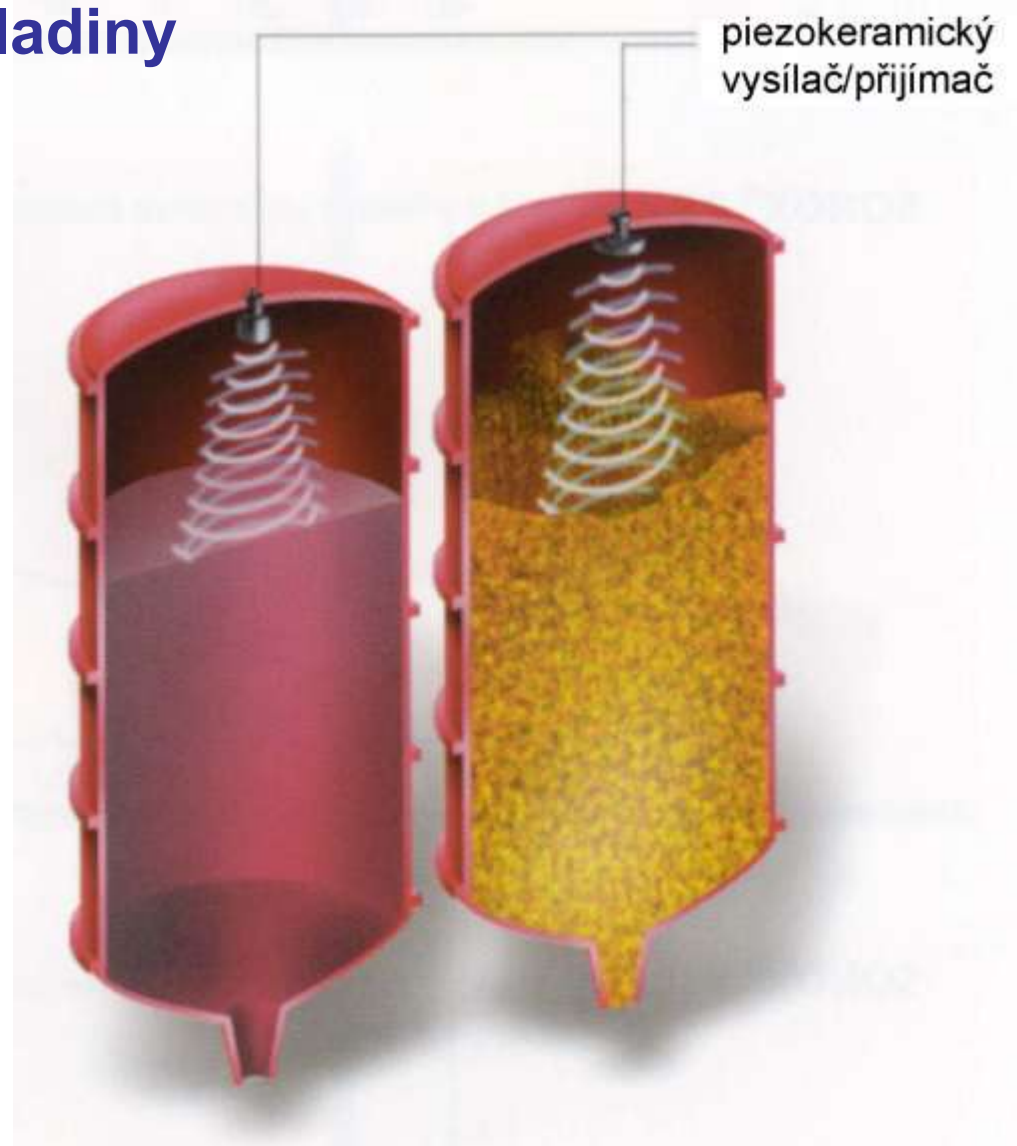
Hlídání výšky hladiny



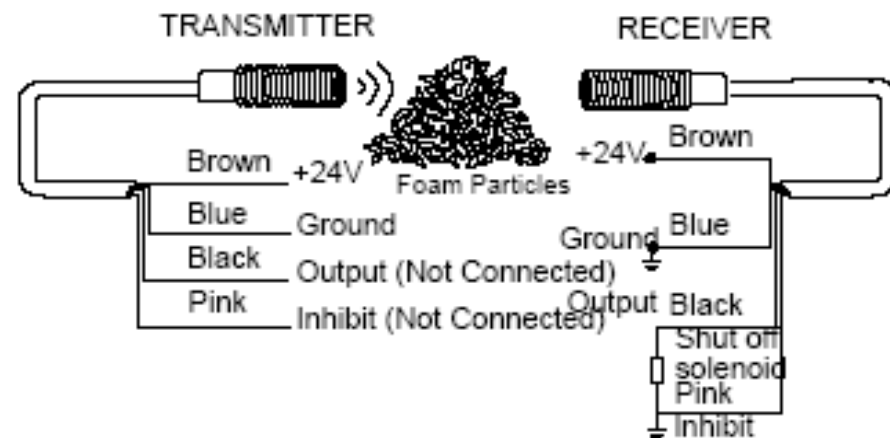
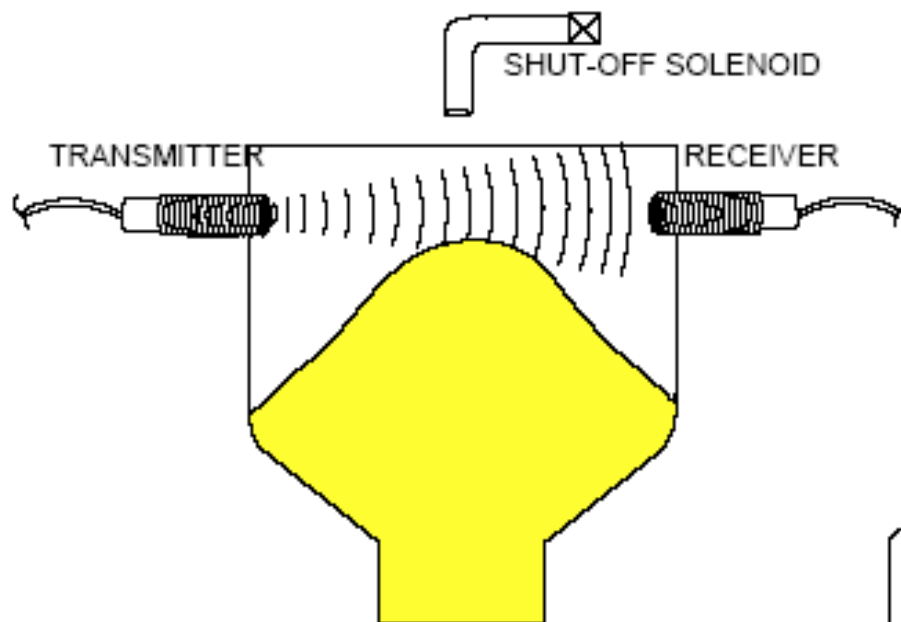
? Aplikace ultrazvukových senzorů:
uveďte příklady 3 aplikací



Reflexní měření výšky hladiny



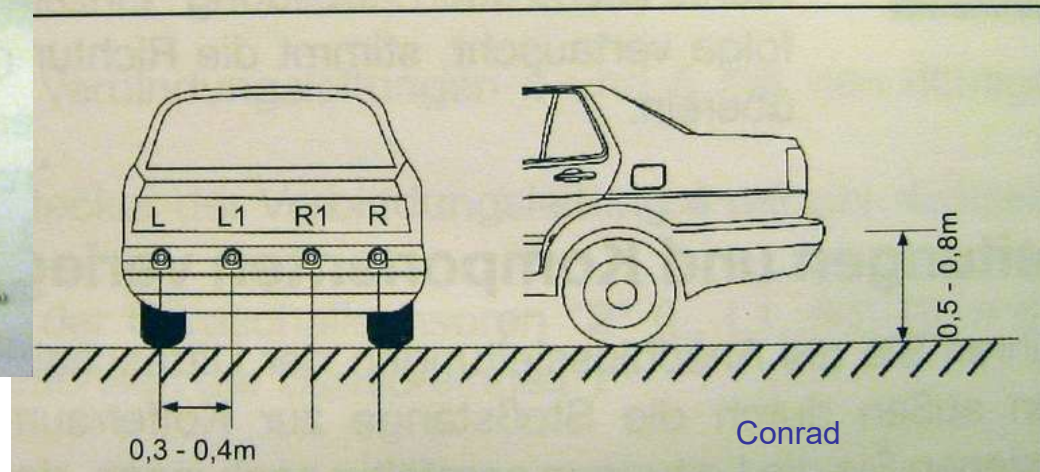
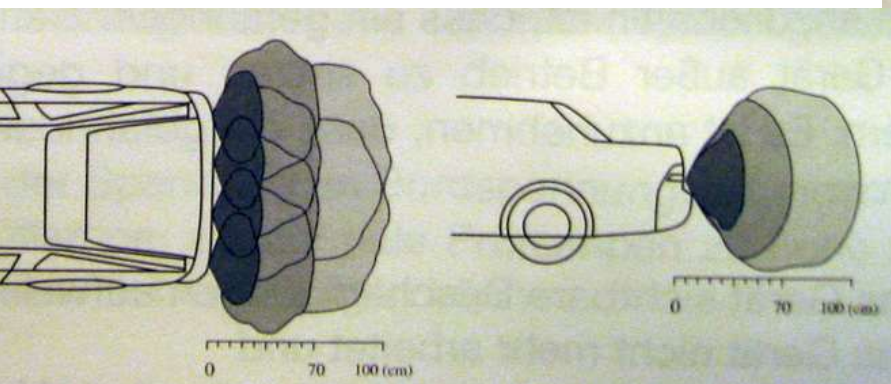
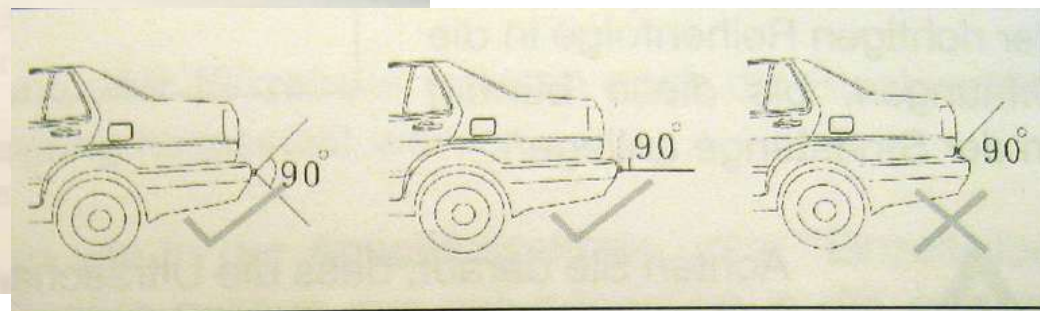
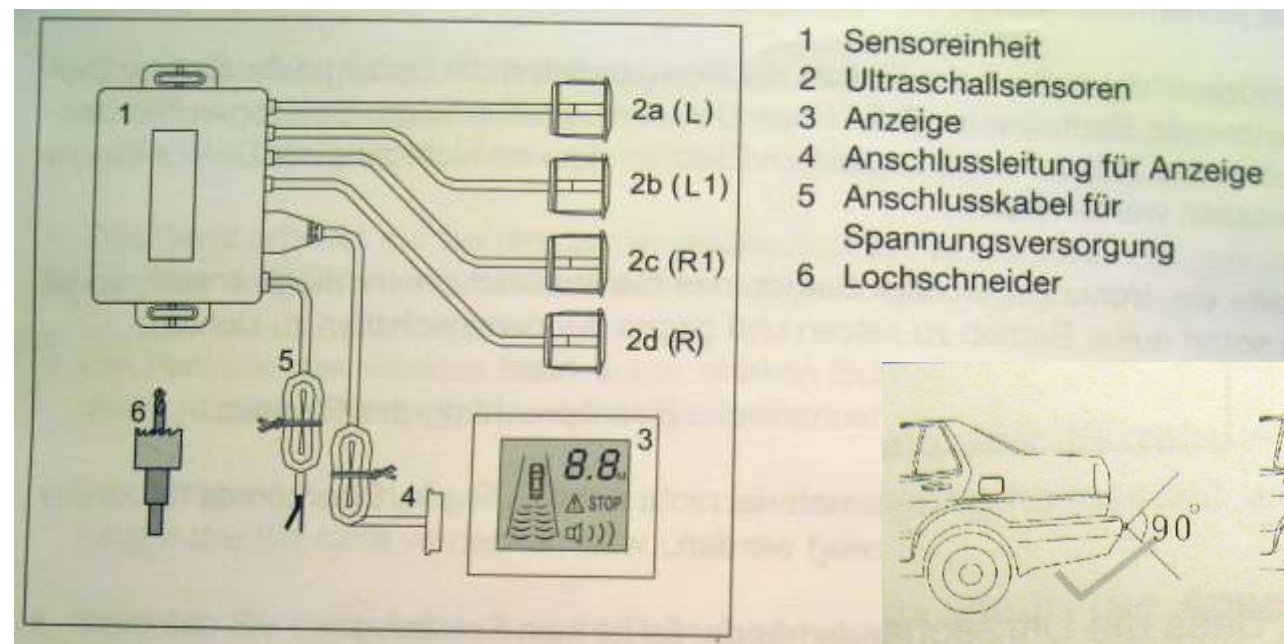
Kontrola hladiny – Honeywell ULTRASONICAP 00218



Parkování – ultrazvuk přijímač/vysílač



Ultrazvuk – parkovací senzory



Ultrazvuk – parkovací senzory

Parkovací pomůcka „Komfort“

NOVÉ

- Mini kamera
- Zpětné zrcátko s monitorem TFT
- Řídicí přístroj
- 4x vestavné čidlo

Příklad použití

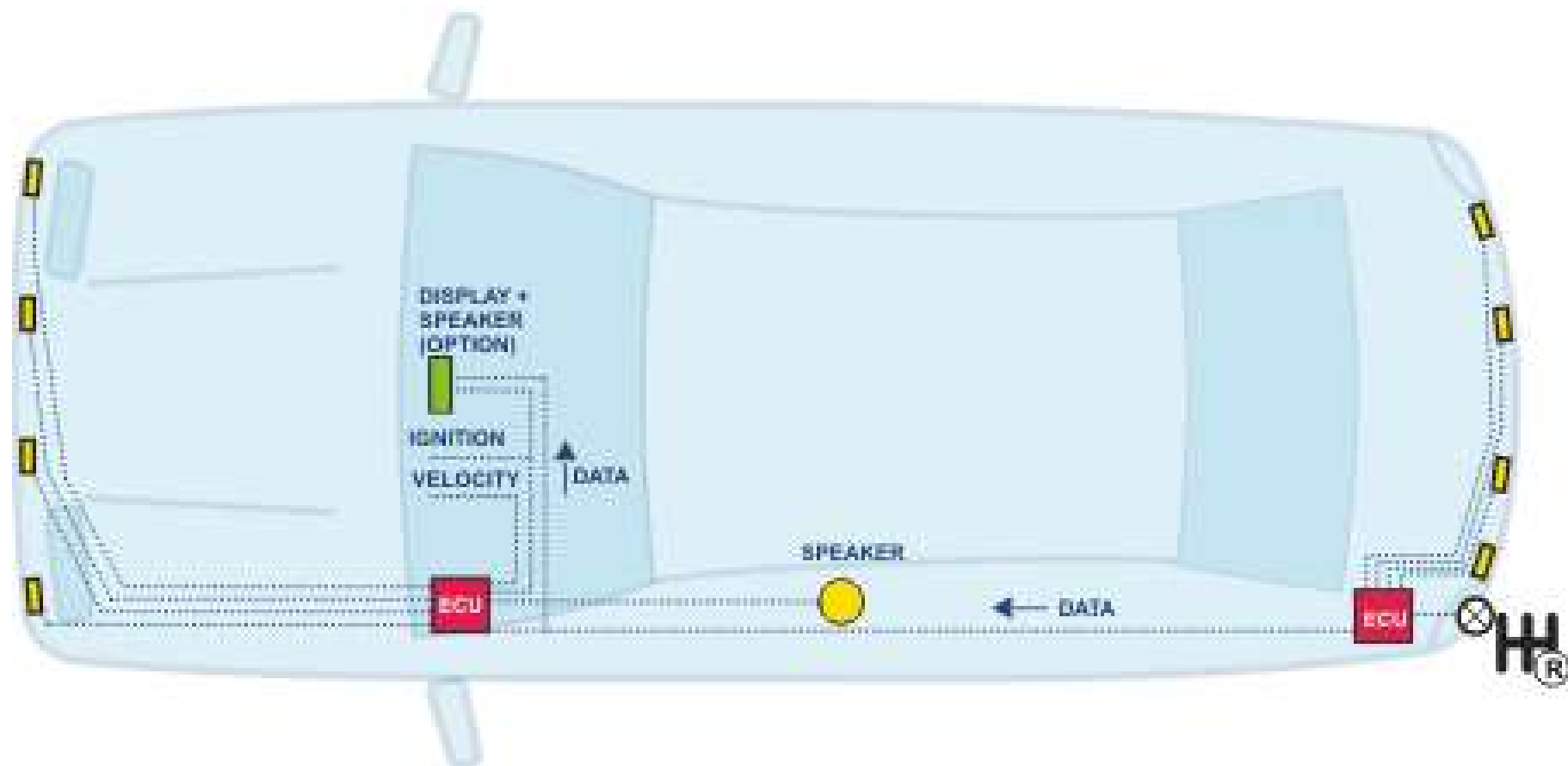
Kompletní sada

9 815,-

parksystem

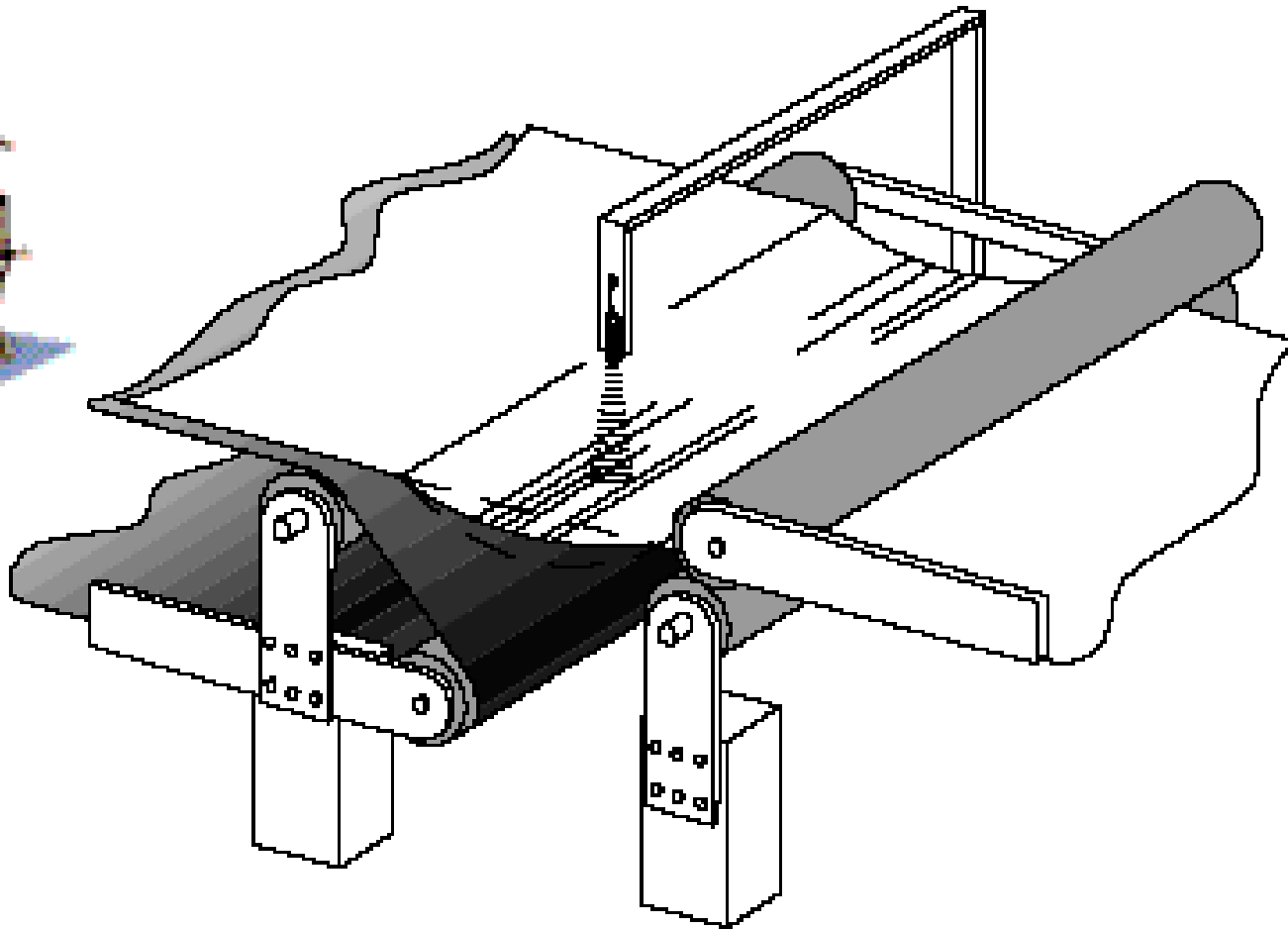
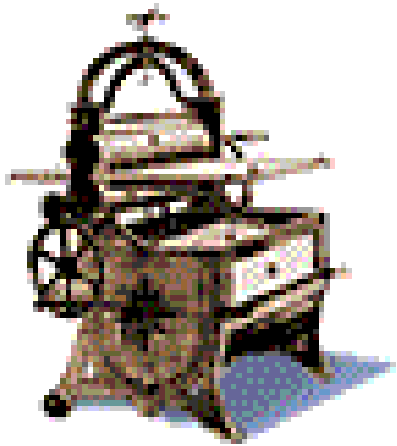
Nr. 85 24 75

Ultrazvuk – parkovací senzory



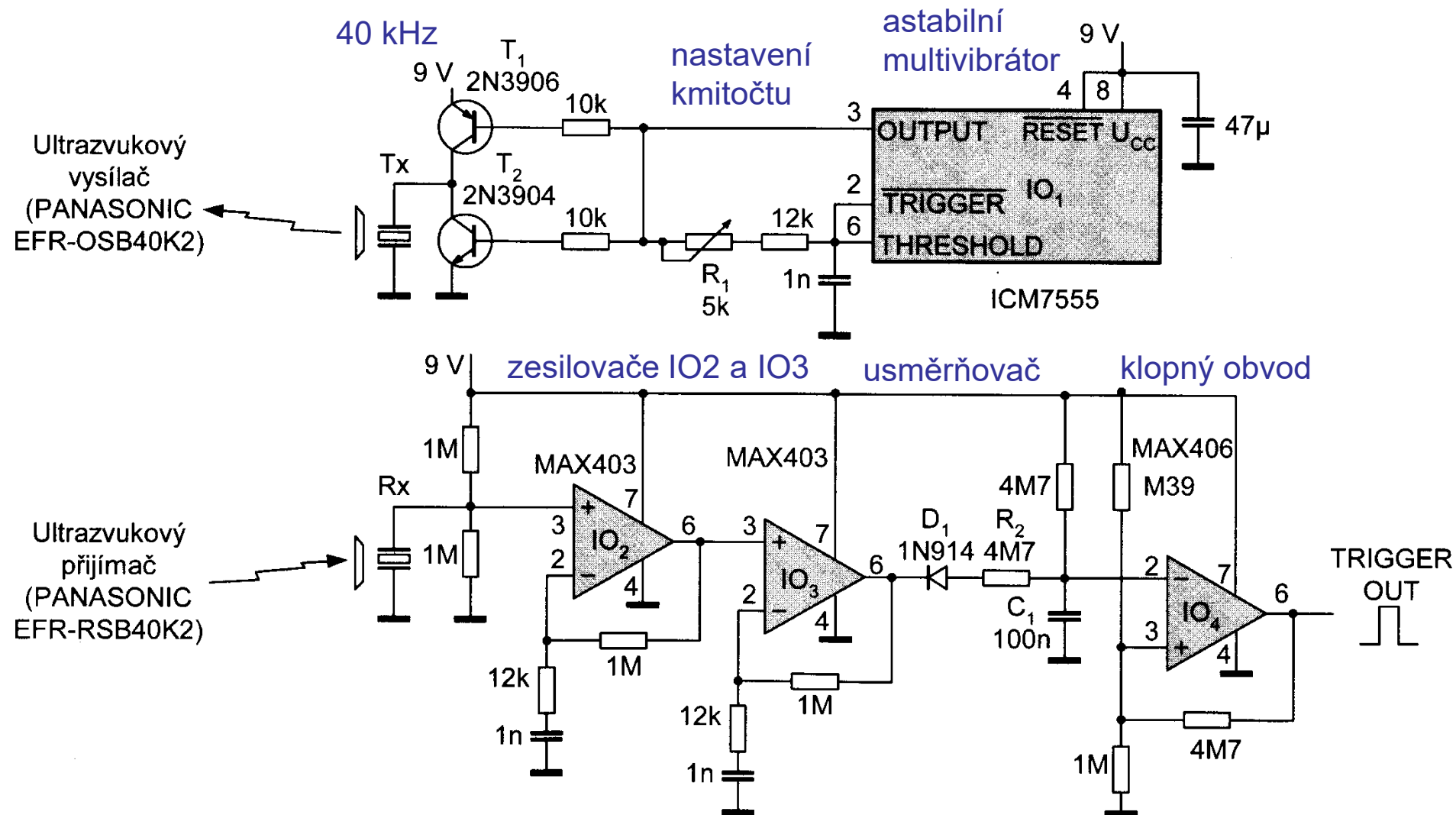
Kontrola přítomnosti vlhkého papíru ve stroji-

Honeywell ULTRASONIC AP 00212



Ultrazvuk – senzor přiblížení

V přítomnosti předmětu nebo osoby dojde k odrazu signálu a jeho vyhodnocení v přijímači.
Bez přítomnosti předmětu nebo osoby se signál neodráží.



Otázky ke zkoušce

1. Ultrazvuk: Jaká je přibližná rychlost šíření zvuku a ultrazvuku ve vzduchu, jaká je teplotní závislost, závislá rychlost šíření na tlaku vzduchu, dolní kmitočtová hranice ultrazvuku.
2. Měření vzdálenosti ultrazvukem: Nakreslete základní princip (impulsy v závislosti na čase) a způsob vyhodnocování, Nakreslete zjednodušeně blokové schéma elektronické části senzoru pro měření vzdálenosti.
3. Použití ultrazvukových senzorů v jednom prostoru: lze použít více ultrazvukových senzorů současně v jednom prostoru, event. jakými metodami lze řešit použití více senzorů v jednom prostoru (nakreslete příklady).
4. Aplikace ultrazvukových senzorů: uveďte příklady 3 aplikací.

