

SNÍMAČE PRO MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI A POSUVU

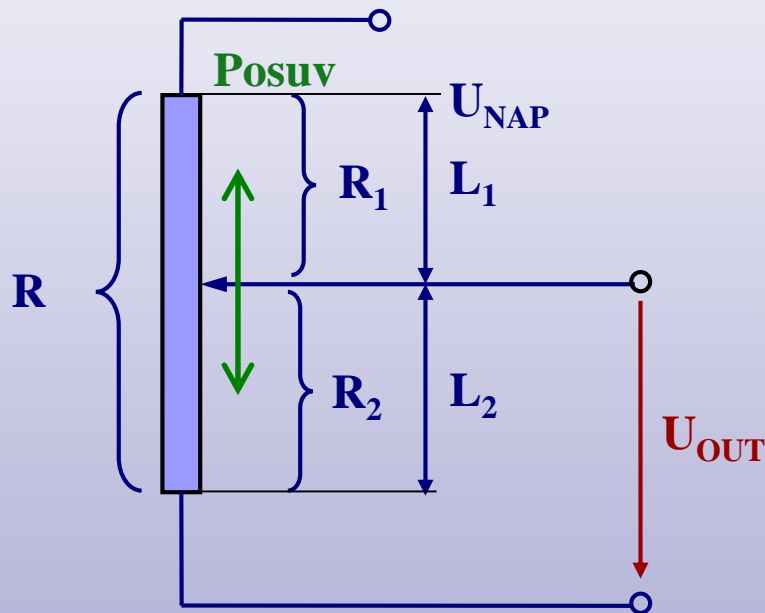


- 7.1. Odporové snímače
- 7.2. Indukční snímače
- 7.3. Magnetostrikční snímače
- 7.4. Kapacitní snímače
- 7.5. Optické snímače
- 7.6. Číslicové snímače

7.1. ODPOROVÉ SNÍMAČE

- Princip

- posuv je převáděn na pohyb jezdce (kontaktu) po odporové dráze
-princip poteciometru



Napěťový dělič

$$U_{\text{OUT}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{NAP}}$$

$$U_{\text{OUT}} = \frac{R_2}{R} U_{\text{NAP}} \quad \text{kde } R_2 = \rho \frac{L_2}{S}$$

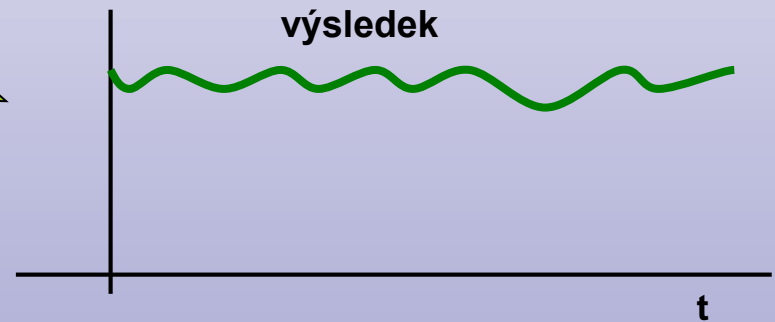
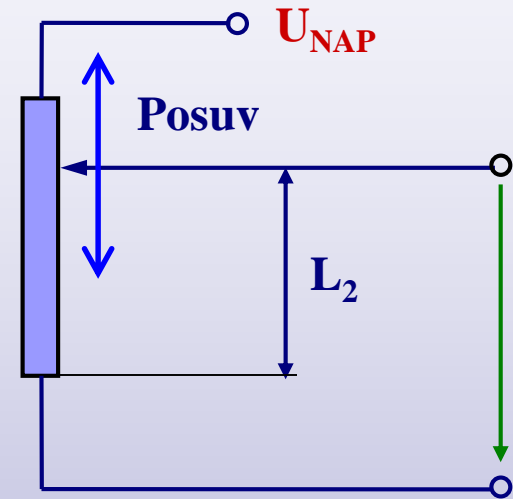
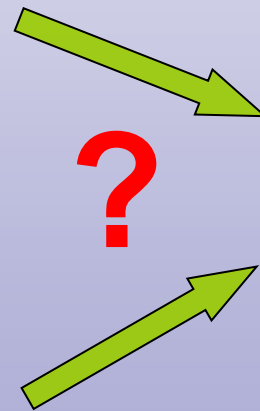
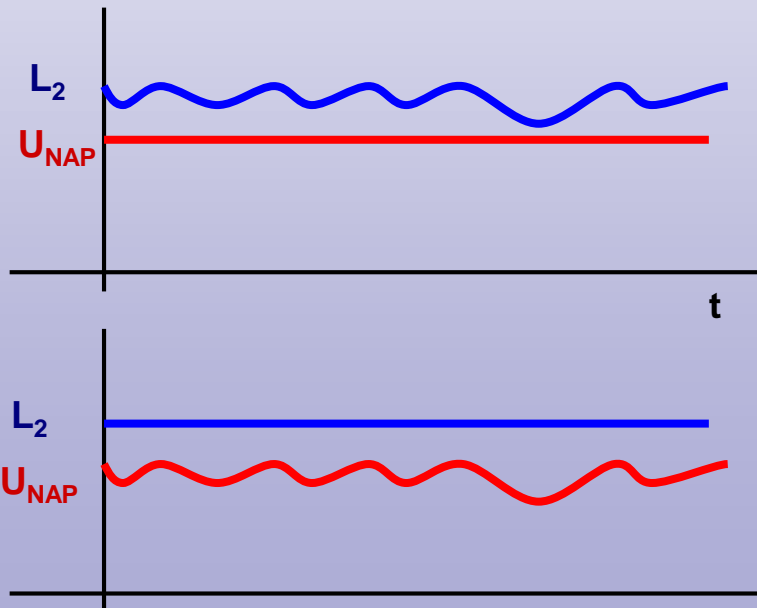
$$U_{\text{OUT}} = \frac{\frac{\rho}{S} U_{\text{NAP}}}{R} L_2$$

$$U_{\text{OUT}} = K L_2$$

pozor: K závisí na napájení

7.1. ODPOROVÉ SNÍMAČE

- zásady zapojení
 - **stabilita napájecího napětí v čase**
 - kvalitní a stabilní napájecí zdroj

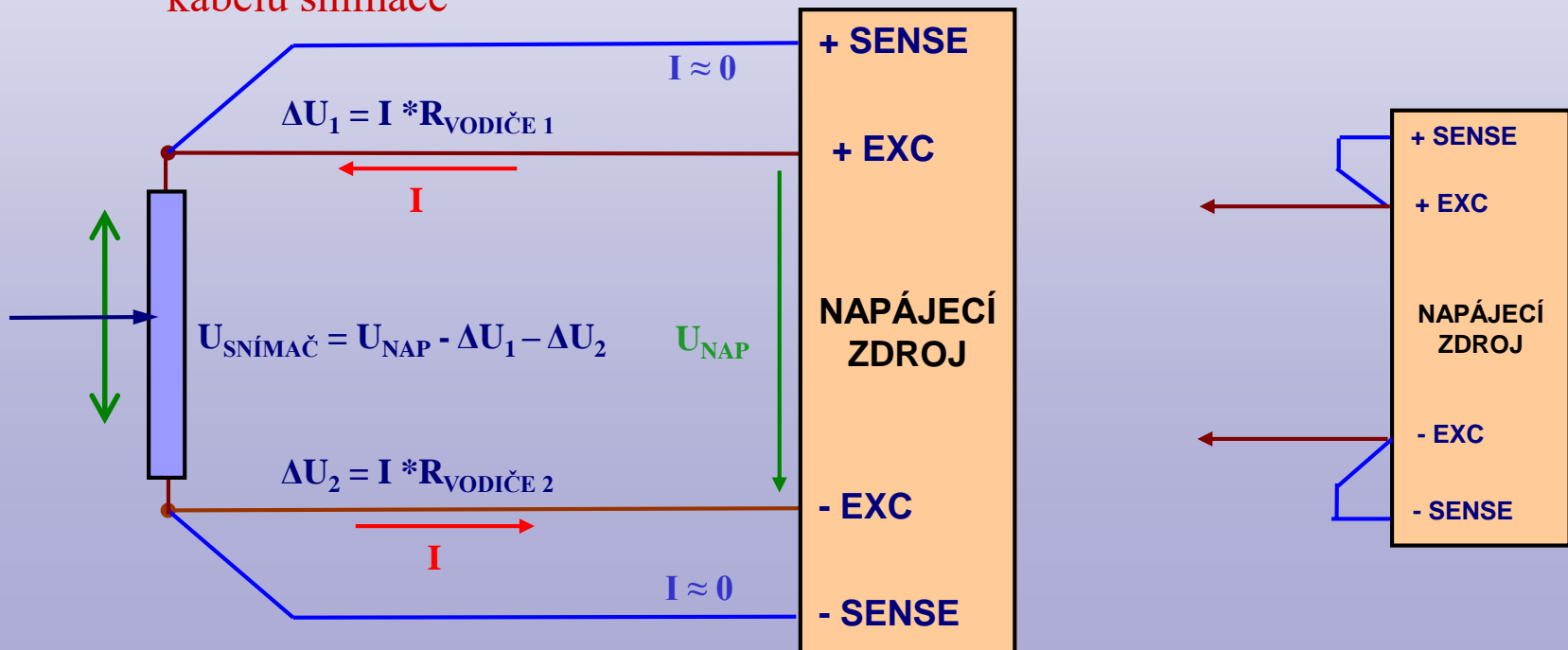


7.1. ODPOROVÉ SNÍMAČE

- zásady zapojení

- kompenzace úbytku napájení na vodičích (pro delší propojovací vedení)

- zdroj se vstupy SENSE odměřuje skutečné napětí na snímači
 - měřicí vodiče zpětné vazby prakticky nezatíženy proudem, tj. bez úbytku
 - napájecí zdroj zvýší U_{NAP} tak, aby na snímači bylo požadované napětí
 - vstupy SENSE nesmí zůstat nezapojeny!!!!!!
 - pokud se nepoužijí, je potřeba je propojit s výstupem napájení třeba v konektoru kabelu snímače

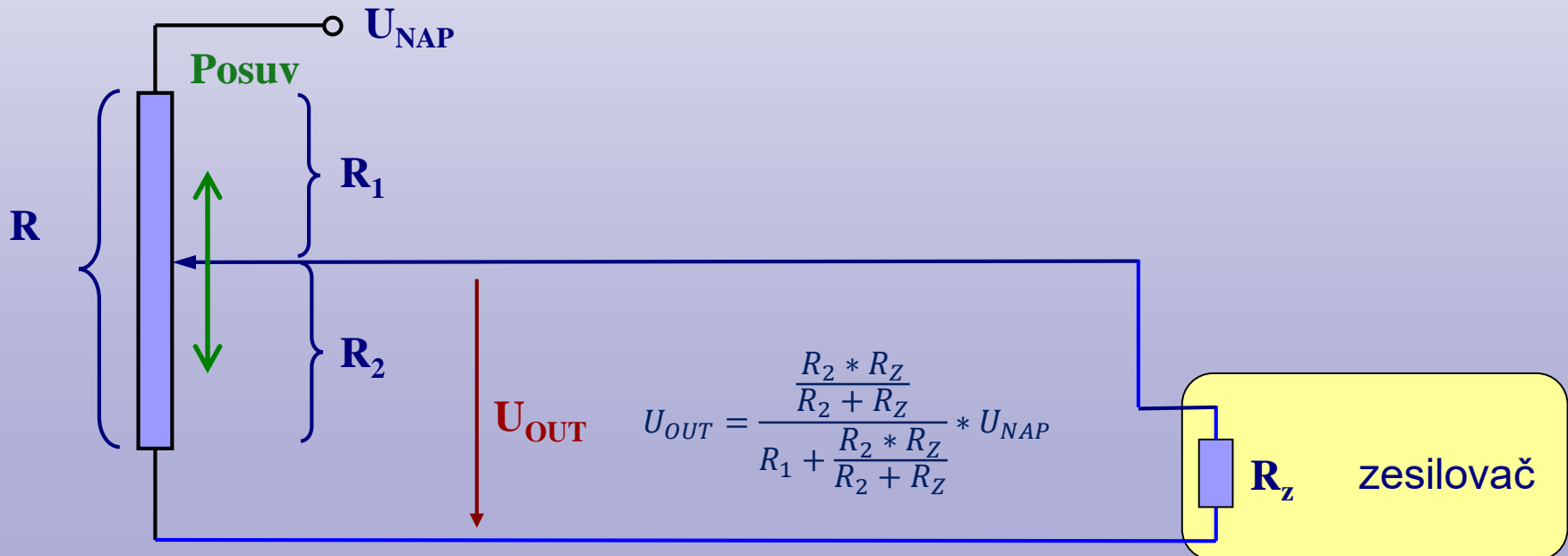


7.1. ODPOROVÉ SNÍMAČE

- zásady zapojení

- velký vstupní odpor navazujících obvodů

- k R_2 je paralelně zapojen vstupní odpor navazujícího členu řetězce R_Z
- nelinearita vztahu – R_Z musí být mnohonásobně větší než R_2
- typický odpor snímače je $5\text{k}\Omega$
- typický vstupní odpor zesilovače jsou stovky $\text{k}\Omega$, podmínka je splněna



7.1. ODPOROVÉ SNÍMAČE

▪ Základní charakteristika:

- lineární i rotační provedení
- délky desítky mm až několik metrů, rotační až 360°
- přesnost 0,1 až 0,02%
- životnost až 100 mil. cyklů
- rychlost až 10m/s, zrychlení až 200m/s², otáčky až 10000 ot/min

details např. na www.novotechnik.com

www.merret.cz



▪ Výhody:

- jednoduché, relativně levné
- široký výběr typů, délek, kotevních ok, vratná pružina
- výstup přímo el. napětí, triviální zapojení
- lze použít i pro vysoké rychlosti posuvu



▪ Nevýhody:

- pro posuv jezdce je třeba síla (tření) – možnost ovlivnění experimentu
- menší odolnost proti vlivům prostředí
- omezená životnost – závisí na materiálu odporové vrstvy – pozor na vibrace

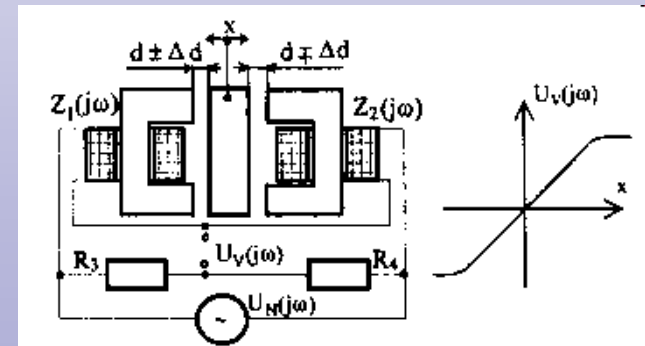
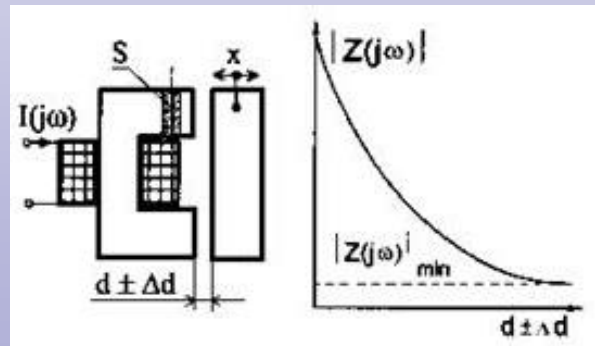
7.2. INDUKČNÍ SNÍMAČE

7.2.1. S UZAVŘENÝM MAGNETICKÝM OBVODEM

- Princip činnosti

- posuv je převáděn na změnu velikosti vzduchové mezery magnetického obvodu, tím se mění indukčnost
- jednoduchý, odolný snímač bez mechanického spojení pevné a pohyblivé části
- závislost je nelineární, lze vyřešit diferenčním zapojením
- vztahy platí jen pro velmi malou vzduchovou mezeru, tj. lze použít jen pro velmi malé posuvy
- potřebuje speciální obvody pro napájení (střídavé napětí) a vyhodnocení signálu

$$L = \frac{N^2}{2d} * \mu * S$$



7.2.1. INDUKČNÍ SNÍMAČE S UZAVŘENÝM MAGNET. OBVODEM

▪ **Základní charakteristika:**

detaily např. na www.balluff.cz

www.micr-epsilon.cz

- lineární senzor nebo detektor přítomnosti hmoty
- délky desetiny mm až několik mm (max. cca 20mm)
- přesnost cca 1%

▪ **Výhody:**

- jednoduché, levné
- integrovaná elektronika – unifikovaný výstup ve volitelném formátu
- velká odolnost proti vnějším vlivům
- bezkontaktní měření, bez dotyku pevné a pohyblivé části, bez tření
- prakticky neomezená životnost

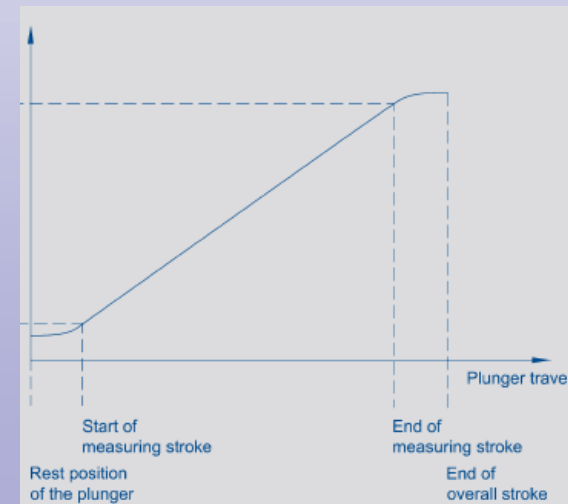
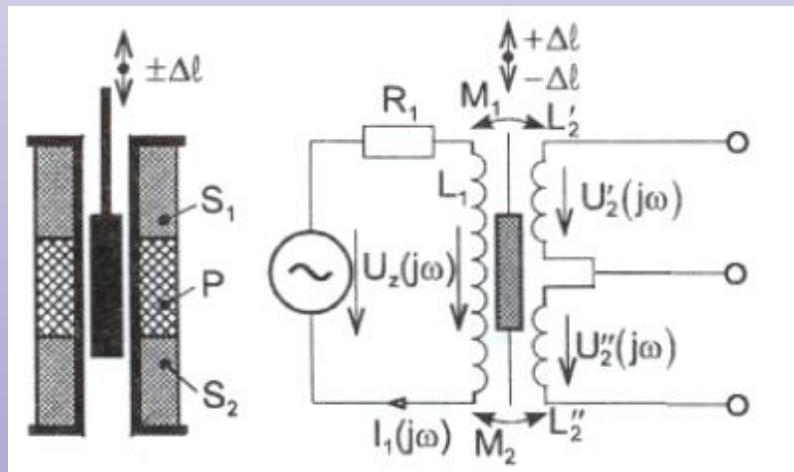
▪ **Nevýhody:**

- jen malé vzdálenosti
- neexistuje rotační provedení
- snímač pro konkrétní typ vnějšího materiálu (magnetické vlastnosti)
- vzhledem k vestavěné elektronice omezené teplotní pásmo (většinou 0 - 80 °C)
- vzhledem střídavému napájení omezeno frekvenční pásmo (shannonův teorém)
(nejčastěji stovky Hz)

7.2.2. INDUKČNÍ SNÍMAČE S OTEVŘENÝM MAGNET. OBVODEM

Princip činnosti

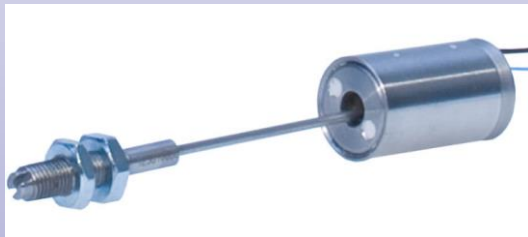
- posuv je převáděn na změnu vzájemné indukčnosti mezi primární a sekundárními cívkami
- jeden z nejstarších principů snímání polohy
- diferenciální transformátorový snímač
 - **LVDT** (Linear Variable Differential Transformer)
- jednoduchý, odolný snímač bez mechanického spojení pevné a pohyblivé části
- potřebuje speciální obvody pro napájení (střídavé napětí) a vyhodnocení signálu
- nelineární na koncích dráhy (používá se jen střední lineární oblast)



7.2.2. INDUKČNÍ SNÍMAČE S OTEVŘENÝM MAGNET. OBVODEM

▪ Praktické provedení

- do „trubky“ s cívkami se zasouvá jádro
- provedení jádra:
 - s volným jádrem – bez kontaktu pevné a pohyblivé části
 - jako kompaktní snímač – odpružený nebo neodpružený hrot
- kompletace snímače:
 - samostatný snímač bez elektroniky – velmi odolný, ale potřebuje externí elektroniku na střídavé napájení a vyhodnocení signálu
 - s vestavěnou elektronikou – omezuje teplotní rozsah



7.2.2. INDUKČNÍ SNÍMAČE S OTEVŘENÝM MAGNET. OBVODEM

▪ **Základní charakteristika:**

detaily např. na www.micro-epsilon.cz
www.hbm.cz

- jen lineární provedení
- střídavé napájení (většinou 4,8kHz)
- délky jednotky mm až cca 1 m
- přesnost cca 0,2% (speciální až 0,1 %)

▪ **Výhody:**

- široký výběr typů, délek, kotevních ok, vratná pružina
- velmi odolné proti účinkům prostředí
- široký teplotní rozsah
- lze použít pro vysoké rychlosti a zrychlení
- prakticky neomezená životnost
- může být „bezkontaktní“ – jádro nemusí být v kontaktu s tělem snímače – pohyb bez tření, bez síly

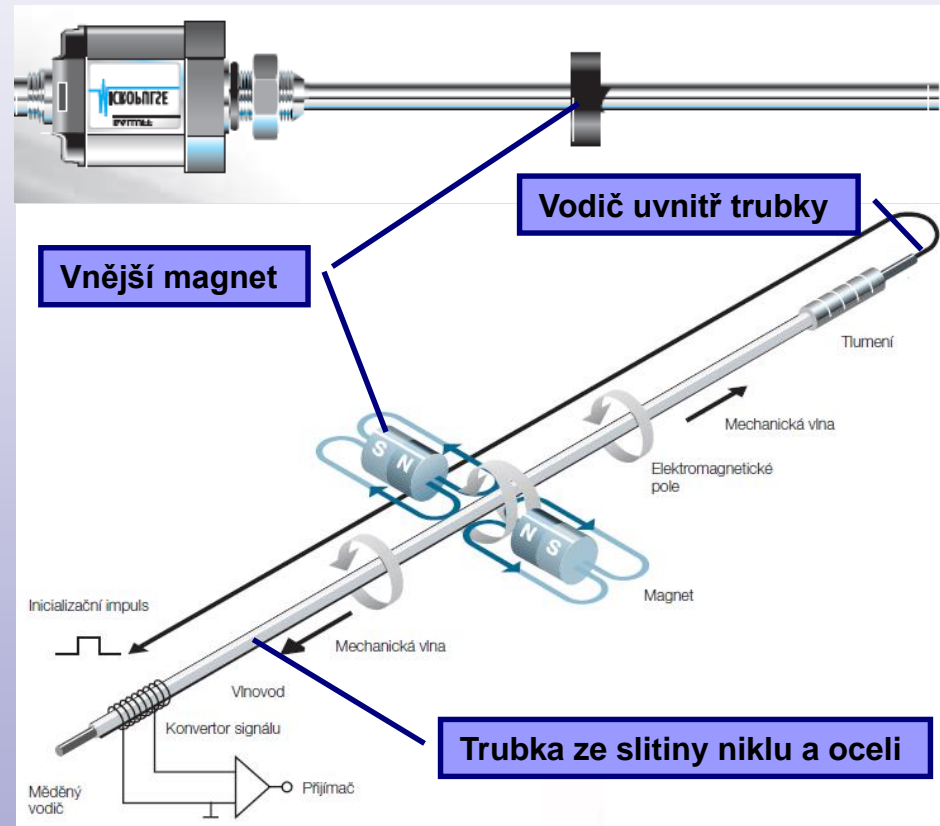
▪ **Nevýhody:**

- neexistuje v rotačním provedení
- nutné obvody pro tvorbu střídavého napájení a úpravu signálu
- max. rychlost je omezena elektronikou (dolní propust pro odfiltrování napájecí frekvence – shannonův teorém – cca 2,4kHz)

7.3. MAGNETOSTRIKČNÍ SNÍMAČE

Princip činnosti

- měření doby šíření mechanické vlny ve speciálním materiálu
 - proudový impuls ve vodiči uvnitř trubky vyvolá kruhové magnetické pole okolo vodiče
 - v místě, kde se toto pole protne s polem vnějšího magnetu vznikne elastická deformace trubky (magnetostrikční jev)
 - deformace trubky se šíří ve formě vlny trubkou k jejím okrajům rychlostí 2830m/s
 - na jednom konci je zatlumena, na druhém se její příchod zachytí snímačem
 - měří se čas mezi proudovým impulsem a příchodem vlny



7.3. MAGNETOSTRIKČNÍ SNÍMAČE

▪ Praktické provedení

- pevná tyč, okolo které se pohybuje permanentní magnet
- pohyblivý magnet
 - prstenec okolo trubky
 - magnet z jedné strany snímače
 - může být zcela samostatný – provedení bez kontaktu pevné a pohyblivé části, je třeba dodržet povolenou max. vzdálenost
- snímač obsahuje integrovanou elektroniku
- moderní náhrada LVDT snímačů



7.3. MAGNETOSTRIKČNÍ SNÍMAČE

▪ **Základní charakteristika:**

- jen lineární
- délky desítky mm až jednotky m
- přesnost cca 0,02%

detaily např. na www.balluff.cz
www.orbit.merret.cz

▪ **Výhody:**

- prakticky neomezená životnost
- vysoká odolnost proti vlivům prostředí
- může být bezkontaktní – snímá pohyb bez tření, bez síly
- integrovaná elektronika
 - standardní výstup 0-10V nebo 4-20mA
 - nebo digitální výstup

▪ **Nevýhody:**

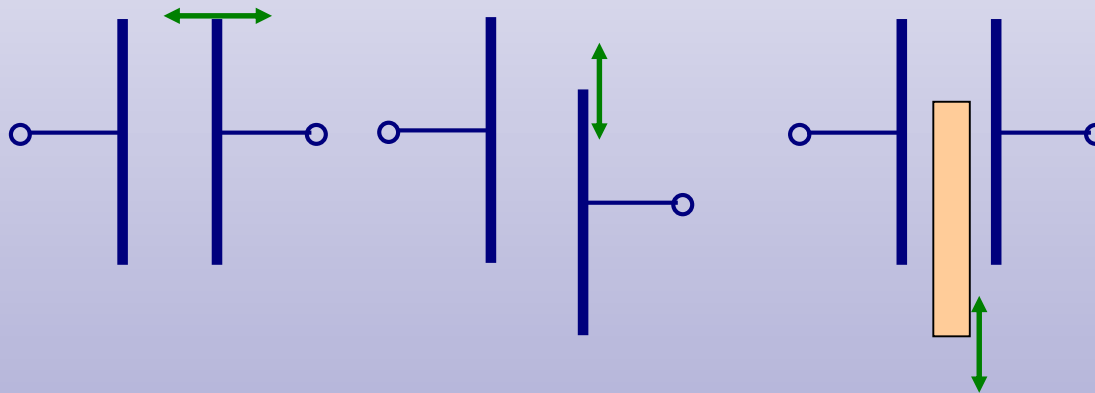
- pracuje nespojitě
 - puls – změření doby, puls – změření doby,.....
- nelze použít pro velké rychlosti
- teplotní rozsah omezený vestavěnou elektronikou

7.4. KAPACITNÍ SNÍMAČE

▪ Princip činnosti

- posuv je převáděn na změnu
 - velikosti vzduchové mezery - nelineární závislost
 - permitivity prostoru - lineární závislost
 - ploch elektrod - lineární závislost, většinou pro snímač natočení

$$C = \varepsilon_0 * \varepsilon_r * \frac{S}{d}$$

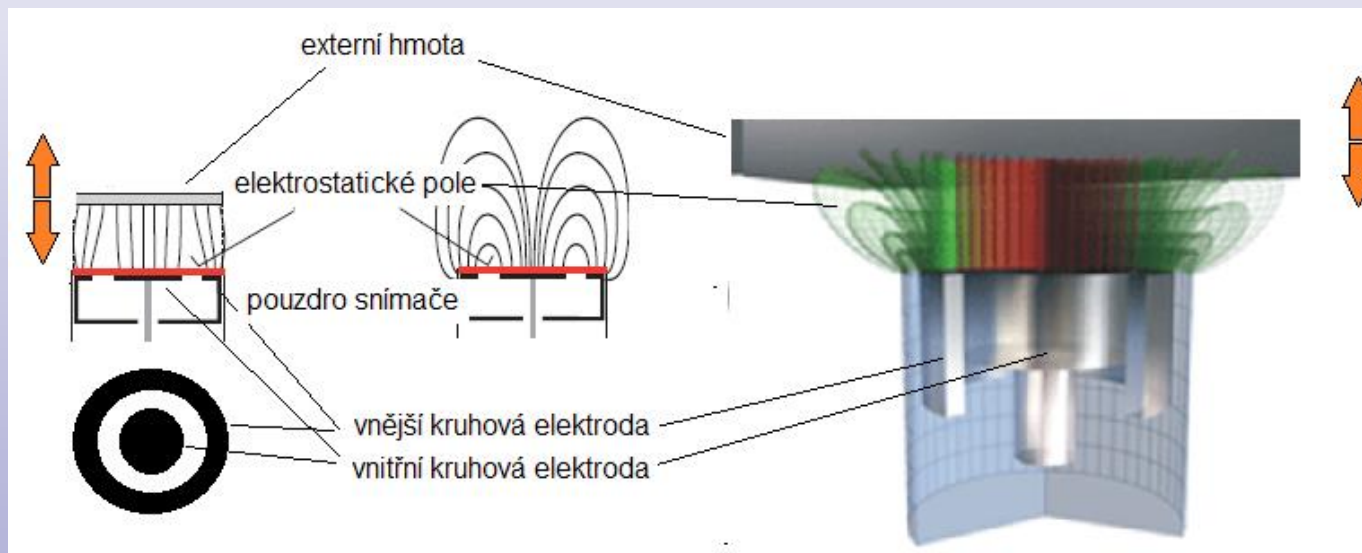


- vztah platí jen pro velmi malou vzduchovou mezeru, tj. lze použít jen pro velmi malé posuvy

7.4. KAPACITNÍ SNÍMAČE

▪ Praktické provedení

- „otevřený kondenzátor“
- jeho elektrostatické pole je ovlivněno vnějším materiálem
- všechny potřebné obvody pro střídavé napájení i vyhodnocení jsou integrovány přímo v těle snímače



7.4. KAPACITNÍ SNÍMAČE

▪ **Základní charakteristika:**

detaily např. na www.balluff.cz

www.micro-epsilon.cz

- lineární senzor nebo detektor přítomnosti hmoty
- délky desetiny mm až několik mm (max. cca 10mm)
- přesnost cca 0,5%
- buď měření vzdálenosti nebo jen sledování přítomnosti

▪ **Výhody:**

- jednoduché, levné
- integrovaná elektronika – unifikovaný výstup ve volitelném formátu
- velká odolnost proti vnějším vlivům
- bezkontaktní měření, bez dotyku pevné a pohyblivé části, bez tření
- prakticky neomezená životnost

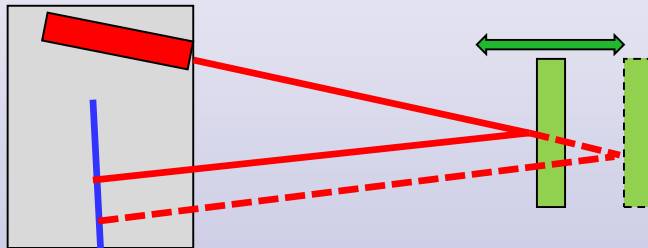
▪ **Nevýhody:**

- jen malé vzdálenosti
- neexistuje rotační provedení
- snímač pro konkrétní typ vnějšího materiálu (elektricky vodivý)
- vzhledem k vestavěné elektronice omezené teplotní pásmo (většinou 0 - 80 °C)
- vzhledem střídavému napájení omezeno frekvenční pásmo (shannonův teorém)
(nejčastěji stovky Hz)

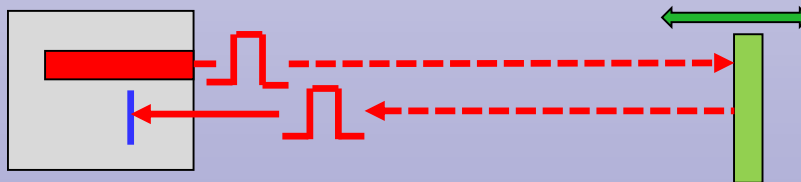
7.5. OPTICKÉ SNÍMAČE

Princip činnosti

- triangulační princip
 - posuv je převáděn na změnu polohy dopadu odraženého paprsku od povrchu
 - vysílaný paprsek se odráží zpět a dopadá na CCD snímač
 - poloha na CCD snímači odpovídá vzdálenosti odrazu



- měření času mezi vyslaným pulsem a pulsem odraženým zpět
 - rychlost světla je známá konstanta
 - vyžaduje velmi přesné měření času



- detektory přítomnosti hmoty – optické závory
 - dvoustavový výstup

7.5. OPTICKÉ SNÍMAČE

- **Praktické provedení – měření vzdálenosti**
 - triangulační princip
 - kompaktní snímač pro přesné měření menších vzdáleností (max. stovky mm)
 - nespojité měření, rychlost omezená CCD snímačem
 - měření času mezi vyslaným a přijatým pulsem
 - kompaktní snímač pro měření větších vzdáleností (desítky metrů)
 - nespojité měření
 - vždy vestavěná elektronika, unifikovaný výstup ve volitelném formátu



7.5. OPTICKÉ SNÍMAČE

▪ **Základní charakteristika:**

detaily např. na www.micro-epsilon.cz
www.balluff.cz

- jen lineární
- rozsah jednotky mm až vyšší stovky mm u triangulačních
- rozsah nižší stovky mm až desítky m u čidel s měřením času
- přesnost cca 0,2%

▪ **Výhody:**

- prakticky neomezená životnost
- je bezkontaktní – snímá pohyb bez tření, bez síly
- integrovaná elektronika, unifikovaný výstup ve volitelném formátu

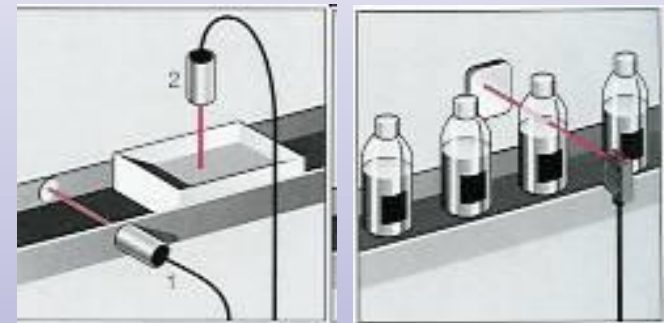
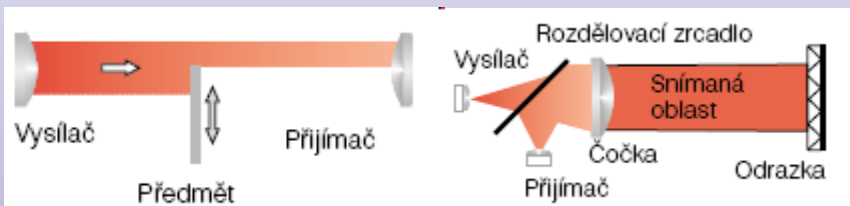
▪ **Nevýhody:**

- nespojité měření
- málo odolné proti vlivům prostředí
- požadavky na povrch odrazové plochy
- triangulační
 - nelze použít pro velké rychlosti - omezeno rychlostí detektoru

7.5. OPTICKÉ SNÍMAČE

▪ Detektory přítomnosti

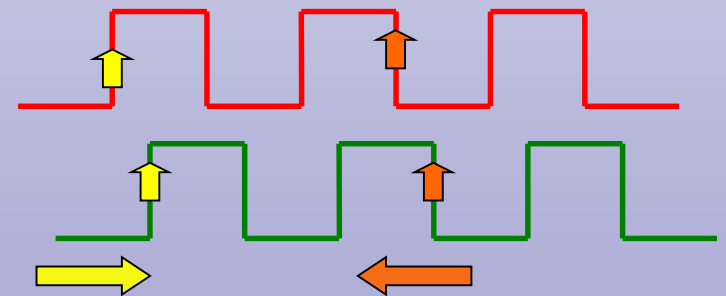
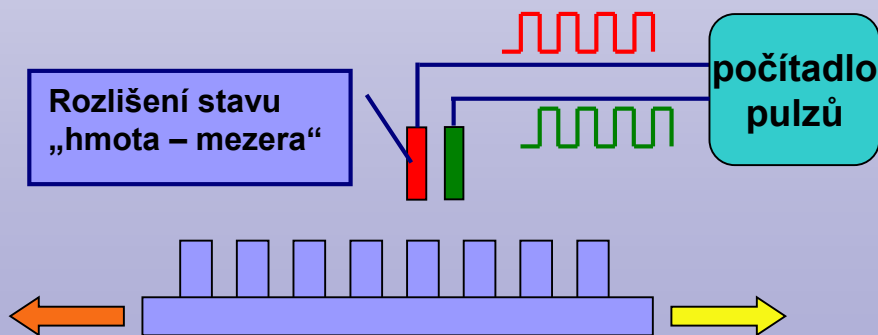
- nejpoužívanější, levné řešení
- nezávislé na typu materiálu
- provedení
 - vysílač a oddělený přijímač na druhé straně
 - vysílač i přijímač společně, na druhé straně odrazka
 - kompaktní závora ve tvaru U
- dvoustavový výstup



7.6. ČÍSLICOVÉ SNÍMAČE – INKREMENTÁLNÍ SNÍMAČE POLOHY

Princip činnosti

- posuv „hřebenu“ hmota - mezera
- 2 detektory hmota – mezera, posunuté o polovinu šířky zubu
 - optický, magnetický nebo kapacitní princip
 - počet pulsů určuje velikost posuvu
 - pořadí pulsů z obou detektorů určuje směr posuvu
- měří relativně, tedy přírůstky polohy
 - po zapnutí není známá aktuální poloha
 - většinou je třeba udělat posun na nějaký „doraz“ – nulovou značku a tam vynulovat čítač impulsů



7.6. ČÍSLICOVÉ SNÍMAČE – INKREMENTÁLNÍ SNÍMAČE POLOHY

▪ Praktické provedení:

- nepohyblivá snímací hlava a samostatný pohybující se hřeben
- hřeben
 - z teplotně málo dilatujícího materiálu
 - páska s magnetickým záznamem „hmota - mezera“
 - páska s optickým záznamem „hmota - mezera“ – laserem vytvořené rysky
 - může být i opravdu „mechanická hmota - mezera“ – kotouč s otvory



• kompaktní snímač

- hlava i hřeben v jednom pouzdrů – nejčastěji rotační provedení



7.6. ČÍSLICOVÉ SNÍMAČE – INKREMENTÁLNÍ SNÍMAČE POLOHY

▪ **Praktické provedení:**

details např. na www.leinelinde.com

www.renishaw.cz

- lineární i rotační
- délky desítky mm až jednotky m
- rozlišení závisí na provedení – lze i μm
- odolnost proti prostředí závisí na provedení
- výstupem je přímo číslicová informace

▪ **Výhody:**

- prakticky neomezená životnost
- přesnost nezávisí na rozsahu (neuvádí se „klasická“ relativní chyba)
- je bezkontaktní – snímá pohyb bez tření, bez síly

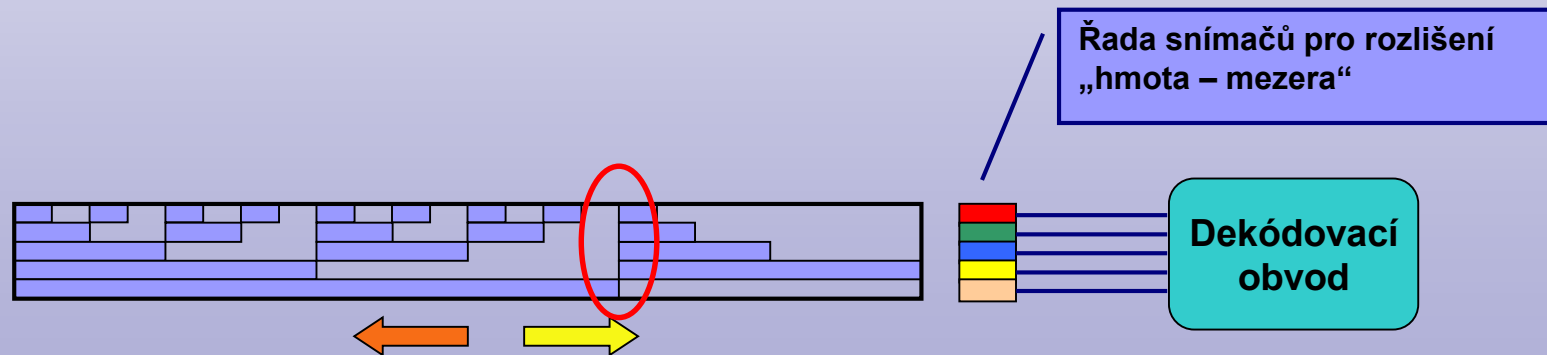
▪ **Nevýhody:**

- měří relativně – po zapnutí nelze určit polohu - pro její určení se musí provést posuv, až se detekuje „nulová“ značka

7.6. ČÍSLICOVÉ SNÍMAČE – SNÍMAČE S KÓDEM

▪ Princip činnosti

- posuv je převáděn přímo na binární kód
- princip děrné pásky
 - optický nebo magnetický princip
- více detektorů hmota – mezera, podle počtu bitů
 - každý detektor snímá jeden bit kódu
 - většinou používá Grayův kód – ten se mění vždy jen v jednom bitu současně
- měří absolutně
 - po zapnutí je ihned známá aktuální poloha



7.6. ČÍSLICOVÉ SNÍMAČE – SNÍMAČE S KÓDEM

▪ **Základní charakteristika:**

detaily např. na www.renishaw.cz

- lineární i rotační
- délky desítky mm až jednotky m
- rozlišení závisí na provedení – lze i μm
- odolnost proti prostředí závisí na provedení
- výstupem je přímo číslcová informace

▪ **Výhody:**

- měří absolutní polohu
- po zapnutí je hned známá aktuální poloha
- prakticky neomezená životnost
- přesnost nezávisí na rozsahu (neuvádí se „klasická“ relativní chyba)
- je bezkontaktní – snímá pohyb bez tření, bez síly

▪ **Nevýhoda:**

- cenově náročnější řešení
 - složitější výroba velmi přesné kódové pásky
 - více detektorů



KONTROLNÍ OTÁZKY

- odporové snímače posuvu
 - princip funkce (str. 2)
 - zásady zapojení (str. 3, 4)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 6)
- indukční snímače s uzavřeným obvodem
 - princip funkce, praktické provedení (str. 7, 8)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 9)
- indukční snímače s otevřeným obvodem - LVDT
 - princip funkce, praktické provedení (str. 10, 11)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 12)
- magnetostrikční snímače
 - princip funkce, praktické provedení (str. 13, 14)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 15)
- kapacitní snímače
 - princip funkce, praktické provedení (str. 16, 17)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 18)
- optické snímače
 - dva základní principy funkce, praktické provedení (str. 19, 20)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 21)



KONTROLNÍ OTÁZKY

- číslíkové inkrementální snímače
 - princip funkce, praktické provedení (str. 23, 24)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 25)
- číslíkové snímače s kódem
 - princip funkce, praktické provedení (str. 26)
 - charakteristika, výhody, nevýhody (str. 27)

