



Optoelektronické systémy

Optoelektronické senzory a senzorové systémy

Prof. RNDr. Ing. Ján Turán, DrSc., KEMT FEI TU Košice

Optická rampa

- Optický vysielateľ (L)
- Optický prijímač (F)

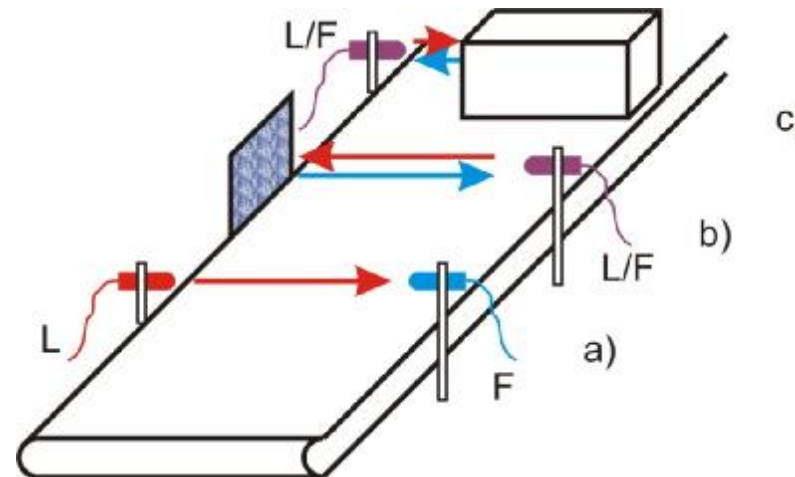
n Základné zapojenie optickej rampy

- Transmisné
- Reflexné – s využitím zrkadla – odrazky
- Reflexné – s využitím difúzneho odrazu

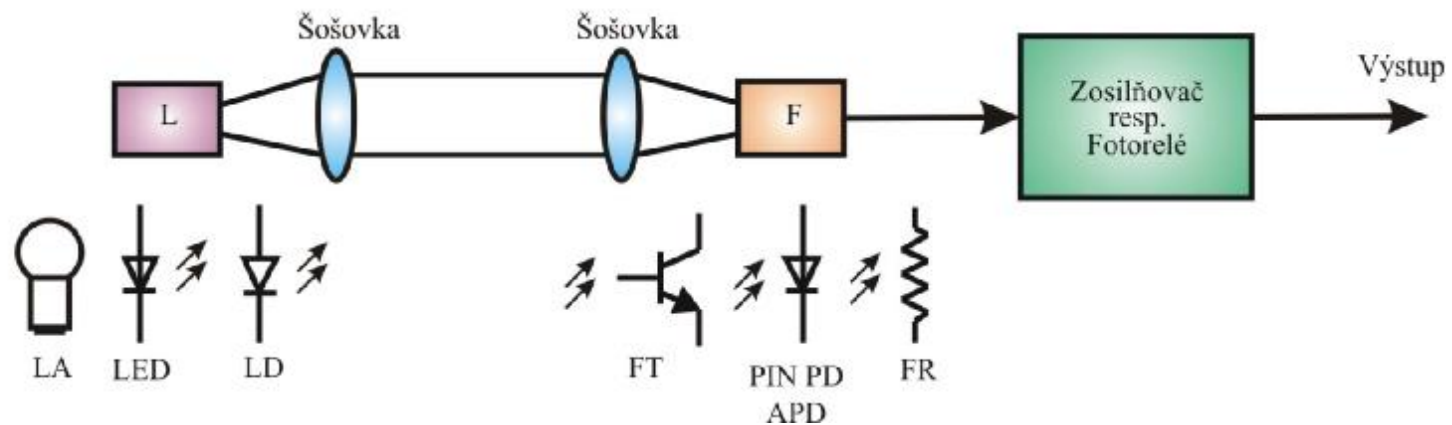
n Optické rampy aj s optickými vláknami

- Zdroj
 - n Miniaturná žiarovka (LA), LED alebo LD
- Fotodetektor
 - n Fotorezistor (FR), Fototranzistor (FT) alebo Fotodióda PIN (PIN PD), resp. Lavínová fotodióda (APD)

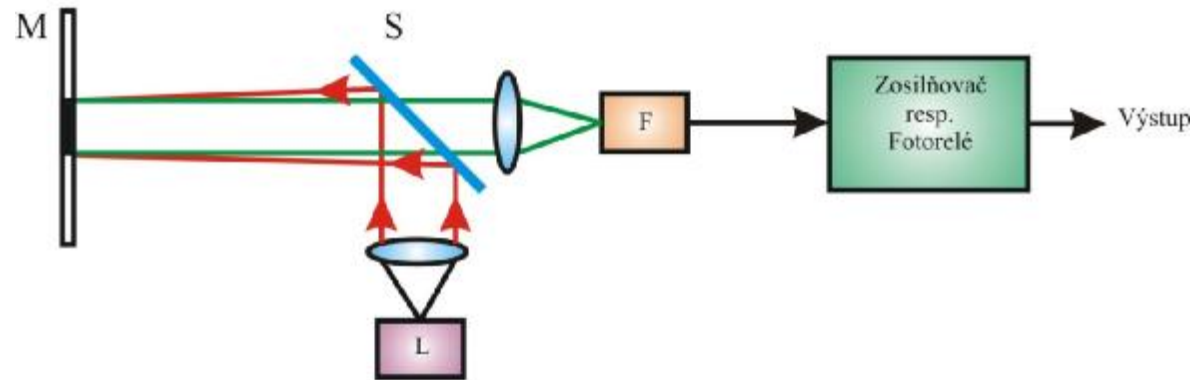
Schéma optickej rampy



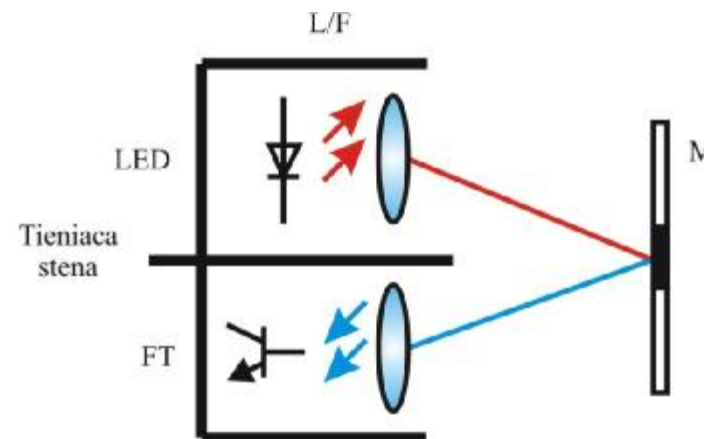
Bloková schéma transmisnej optickej rampy



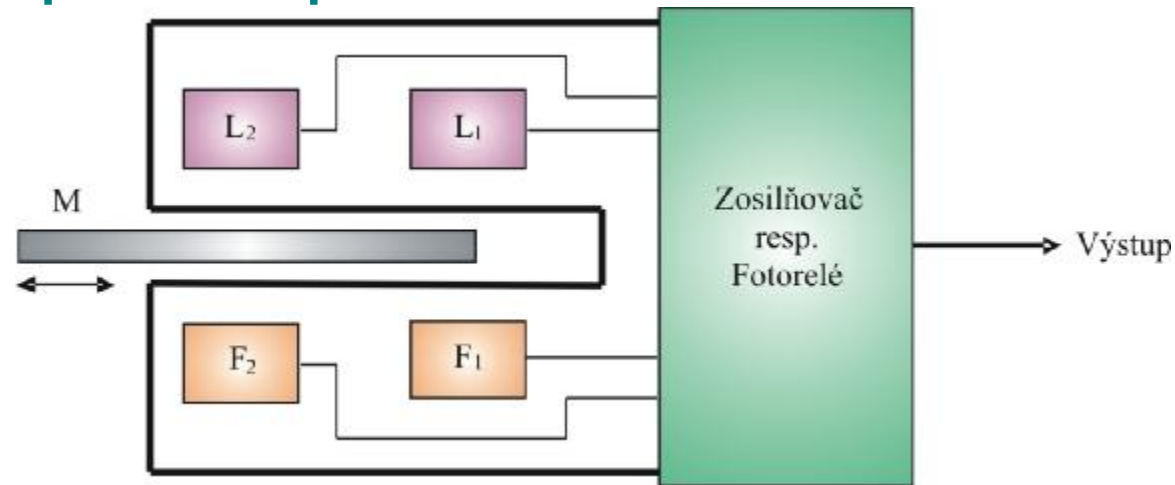
Reflexná optická rampa



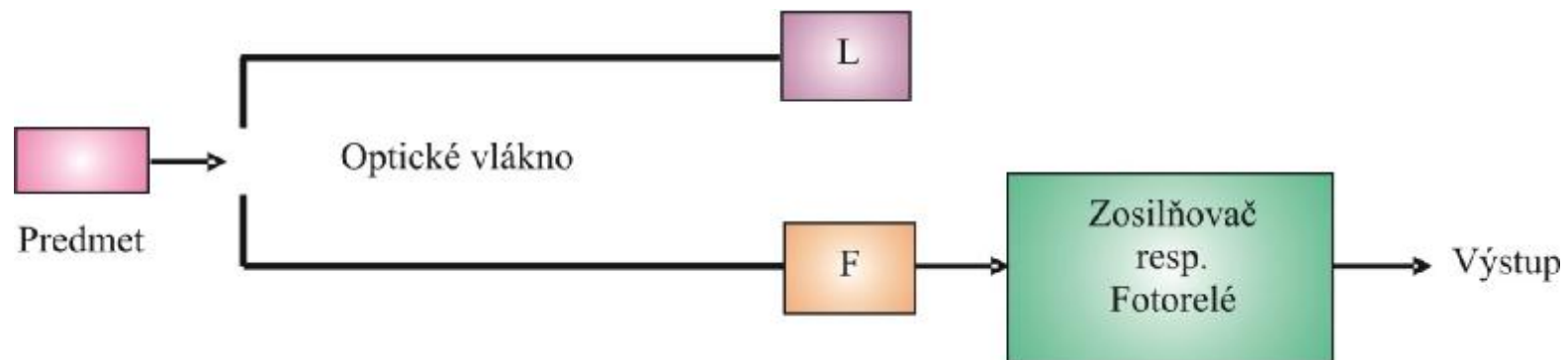
Reflexná optická rampa s kompaktnou konštrukciou vysielač/prijímač (L/F)



Vidlicová optická rampa



Optická rampa s využitím optických vlákien



Snímače čiarového kódu

Technológia čiarových kódov – mnohoúčelová, spoľahlivá, má jednoduché používanie

Typy čiarových kódov

- .. **EAN**
- .. **Kód 128**
- .. **Kód ITF**
- .. **Kód 39**
- .. **Codabar**
- .. **Dvojrozmerný čiarový kód PDF 417**
- .. **Iné**

Najpoužívanejšie čiarové kódy: kód EAN-13 a), kód 128 b),
kód ITF c), kód 39 d), kód codabar e), kód PDF 417 f)



a)



b)



c)



d)



e)

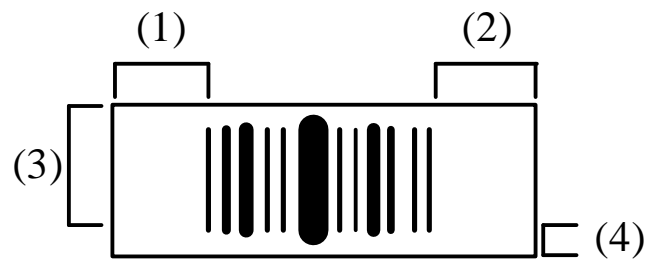


f)

Čiarové kódy musia obsahovať

- Ochrannú zónu
- Okrajové znaky

Základné rozmerové požiadavky na realizáciu etikety čiarového kódu



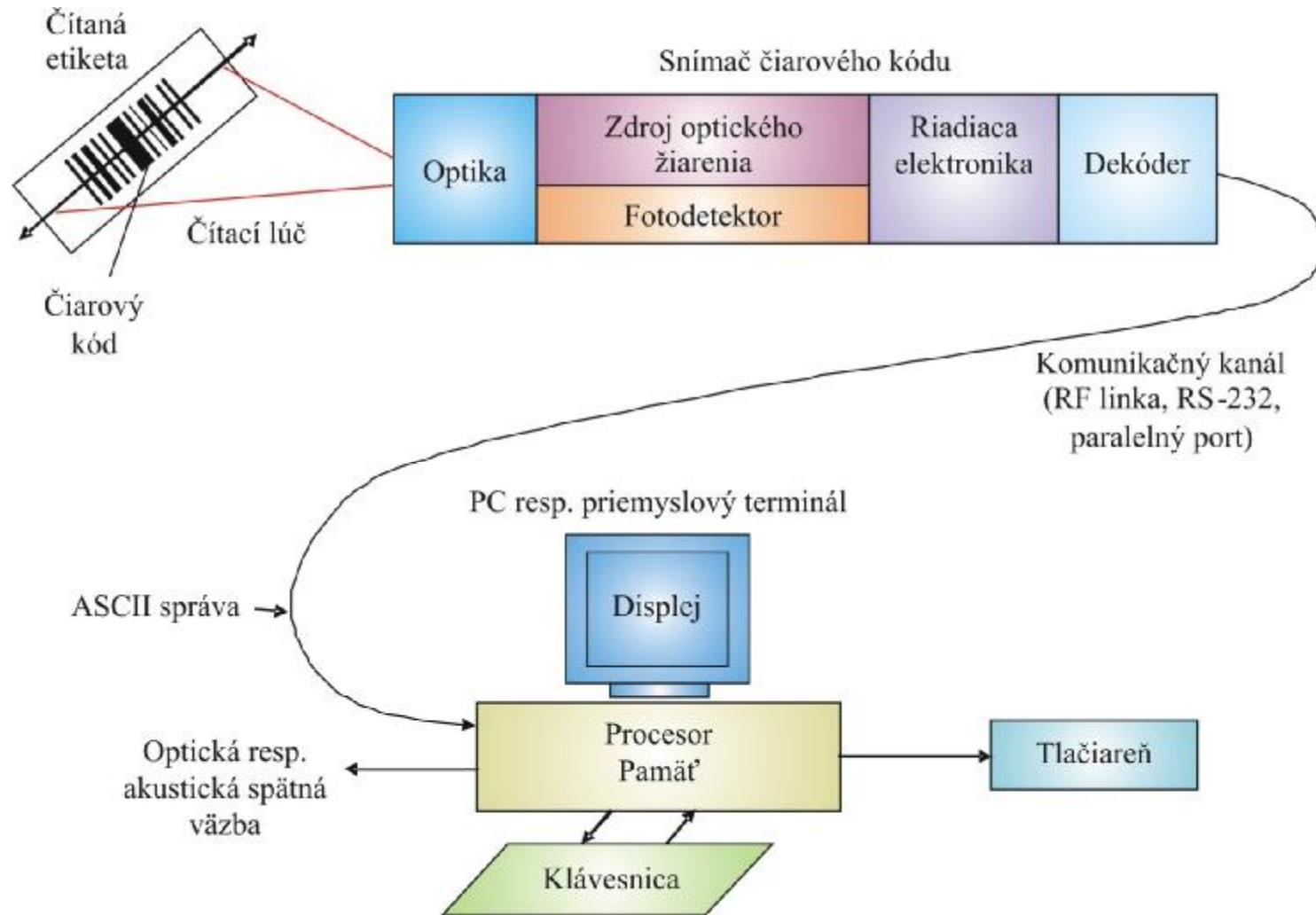
Snímače čiarových kódov

- .. Prenosné snímače
- .. Stacionárne snímače
- .. Laserové snímače
- .. Štrbinové snímače
- .. Čítacie pero
- .. Laserové snímače s pohyblivým lúčom
- .. CCD (Charge Coupled Device)

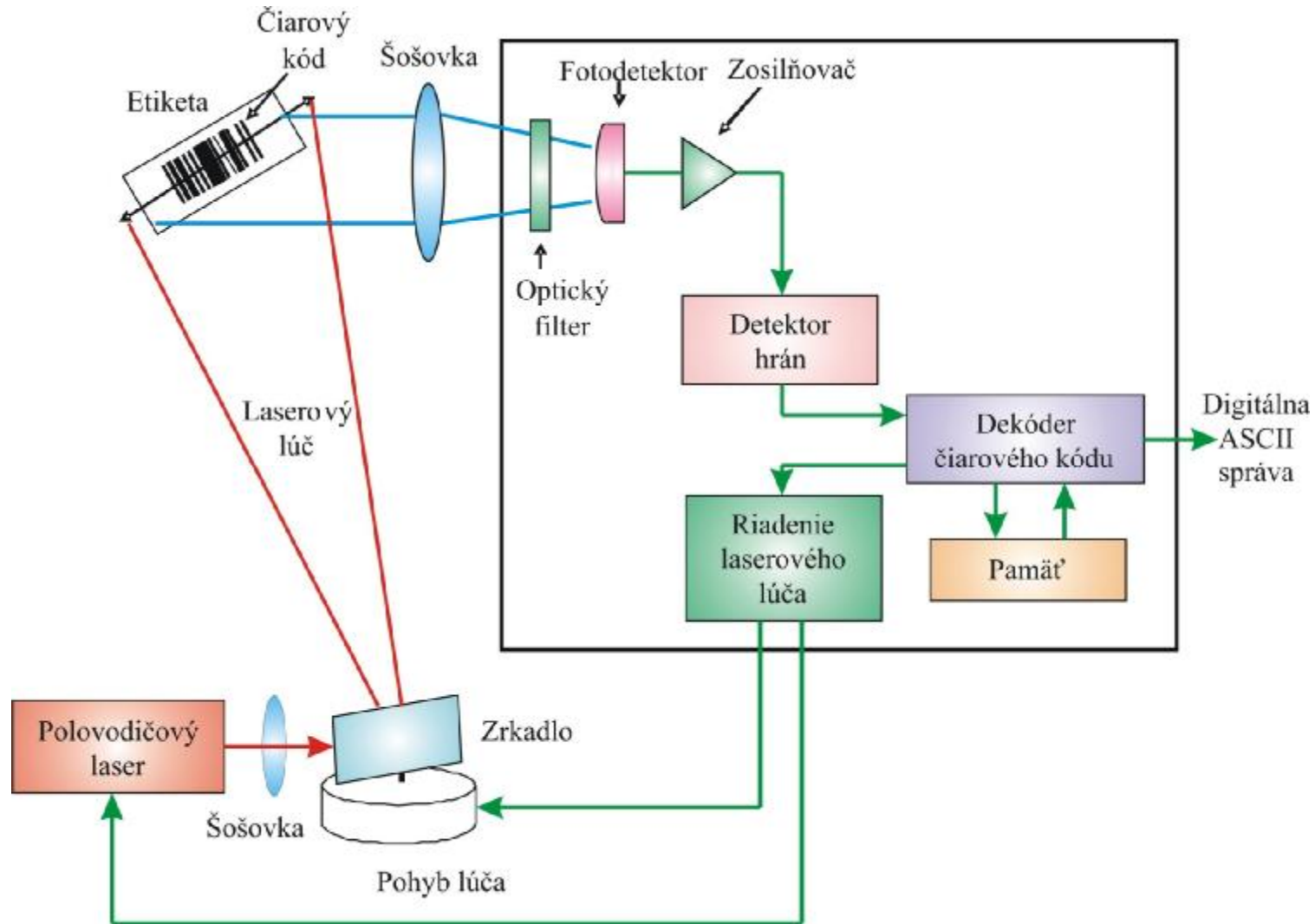
Riadiaca elektronika snímača

- .. Rozpoznanie okraja etikety a počiatočného, resp. koncového znaku záznamu v čiarovom kóde
- .. Meranie šírky čiary a medzery
- .. Identifikácia typu kódu
- .. Dekódovanie znakov
- .. Kontrola úplnosti záznamu
- .. Dekódovanie záznamu a vytvorenie digitálnej správy, obyčajne v kóde **ASCII**
- .. Odoslanie správy do pripojeného priemyselného terminálu

Bloková schéma snímača čiarového kódu



Bloková schéma spracovania signálov v laserovom snímači čiarového kódu



Optické vláknové senzory OVS

Vývoj

1972 – hydrofóny

1977 – **OVS** rádioaktívneho žiarenia, **OVS** polohy, elektrického a magnetického poľa, tlaku, teploty

Vlastnosti

- **Vysoká citlivosť**
- **Geometrická variabilnosť**
- **Možnosť použitia pri vysokých napätiach a teplotách, vo výbušných a ľahko zápalných prostrediach**

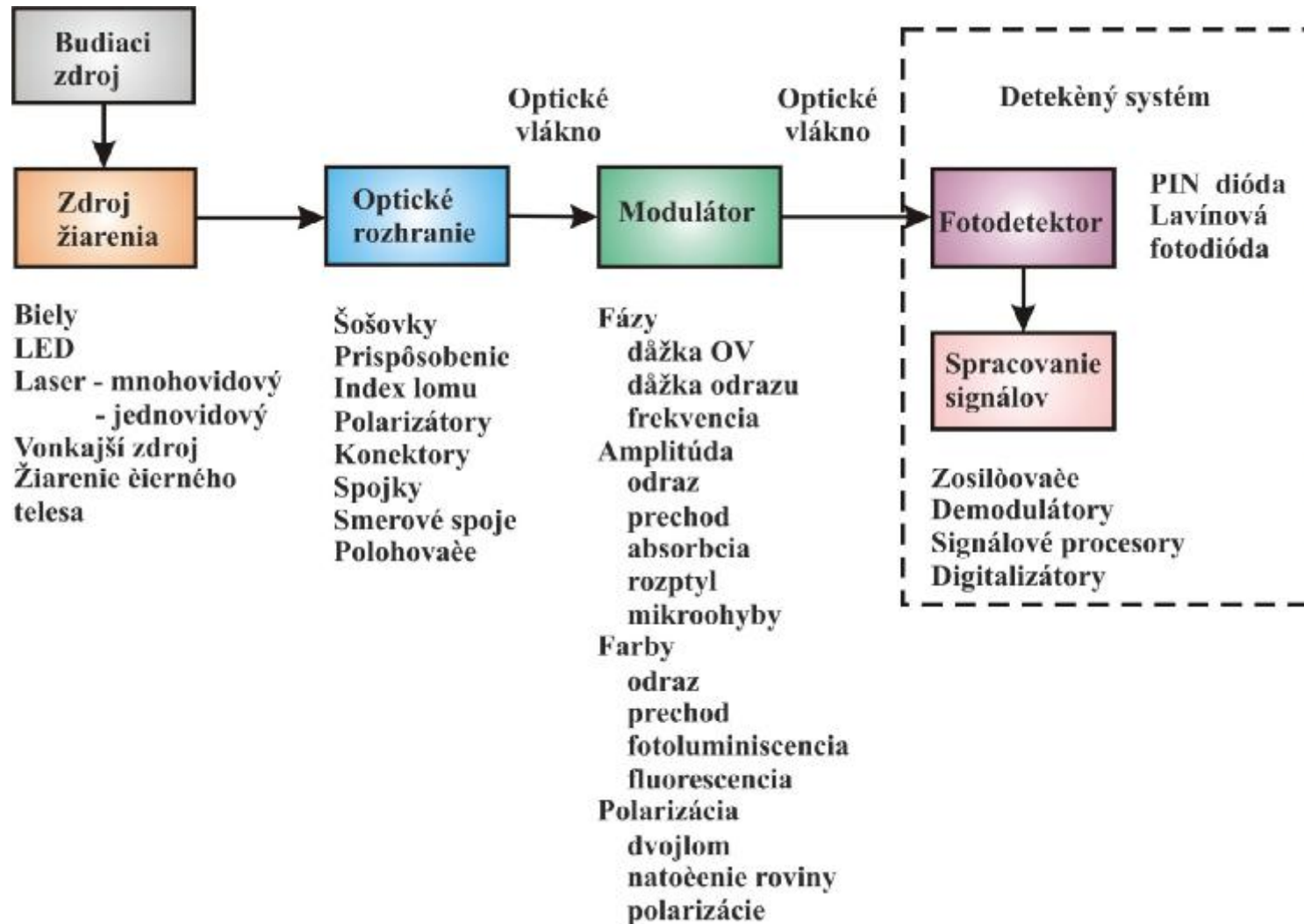
Rozdelenie OVS

- .. Prenosové
- .. Reflexné
- .. Jednovidové
- .. Mnohovidové

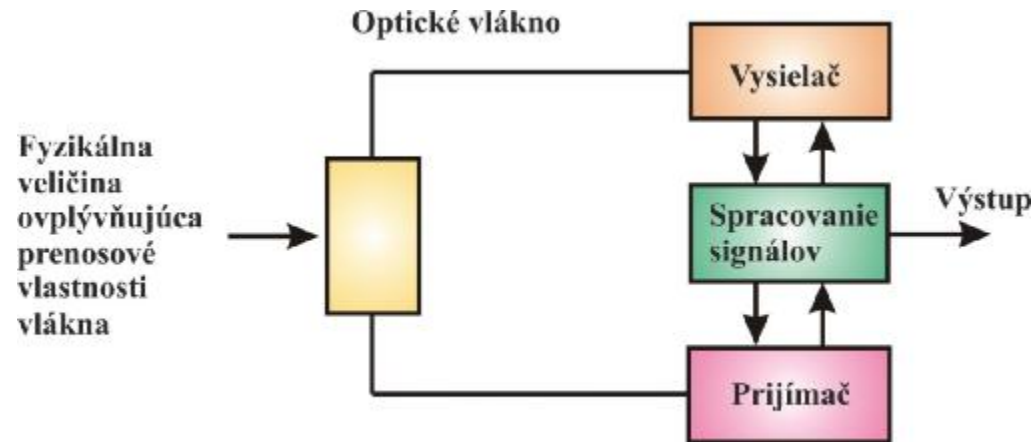
Spôsob modulácie

- .. Amplitúdová
- .. Fázová
- .. Polarizačná
- .. Frekvenčná
- .. OVS s moduláciou vlnovej dĺžky
- .. OVS s moduláciou šírky a polohy prenášaných optických impulzov

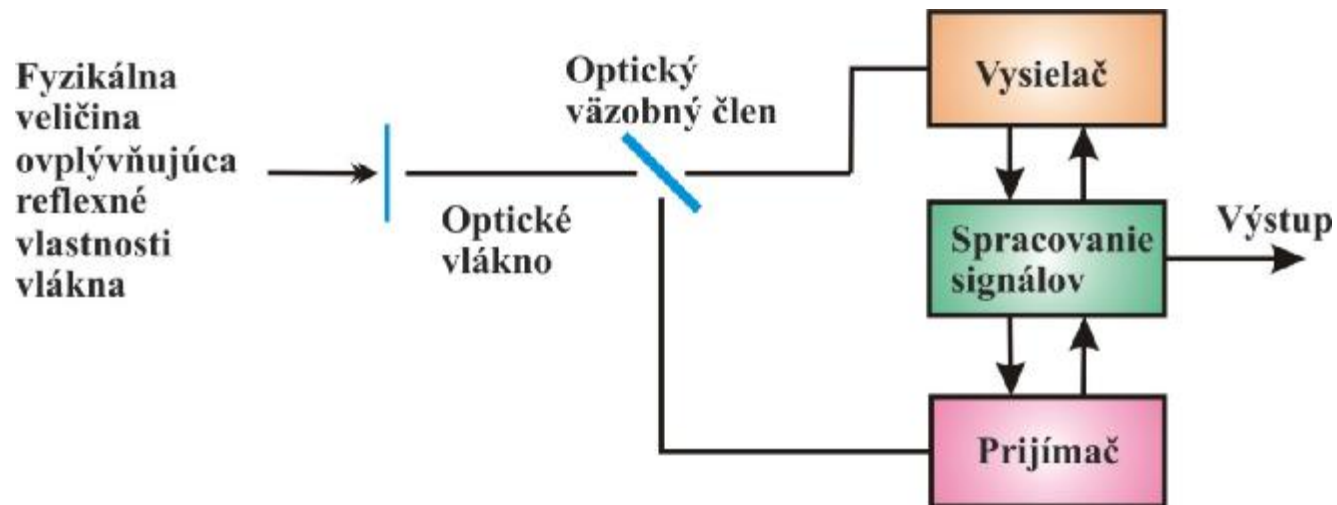
Hlavné konštrukčné prvky OVS



Základné zapojenie prenosového OVS



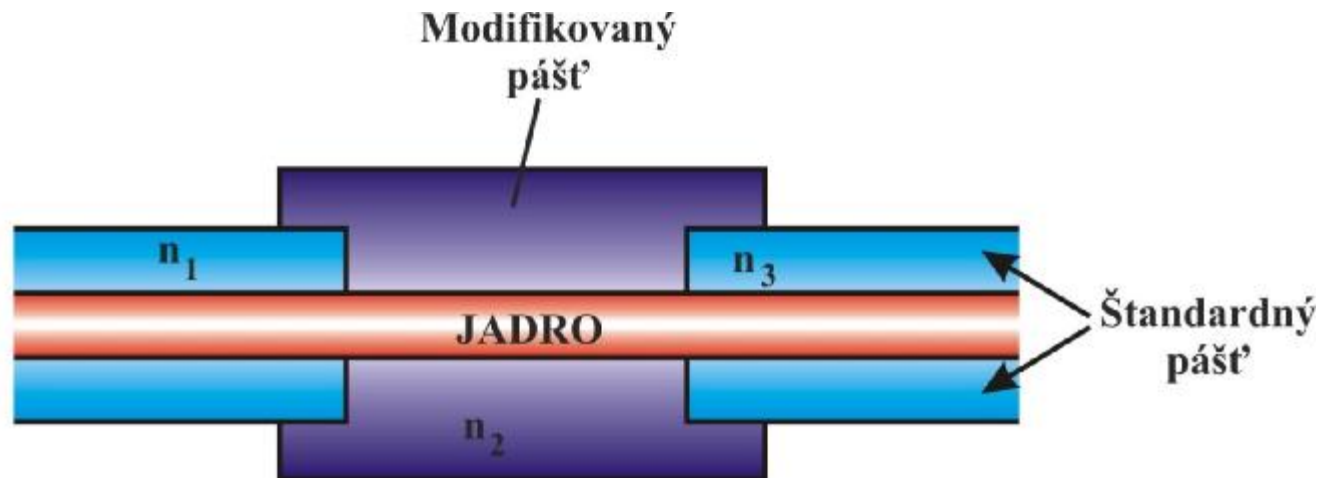
Základné zapojenie reflexného OVS



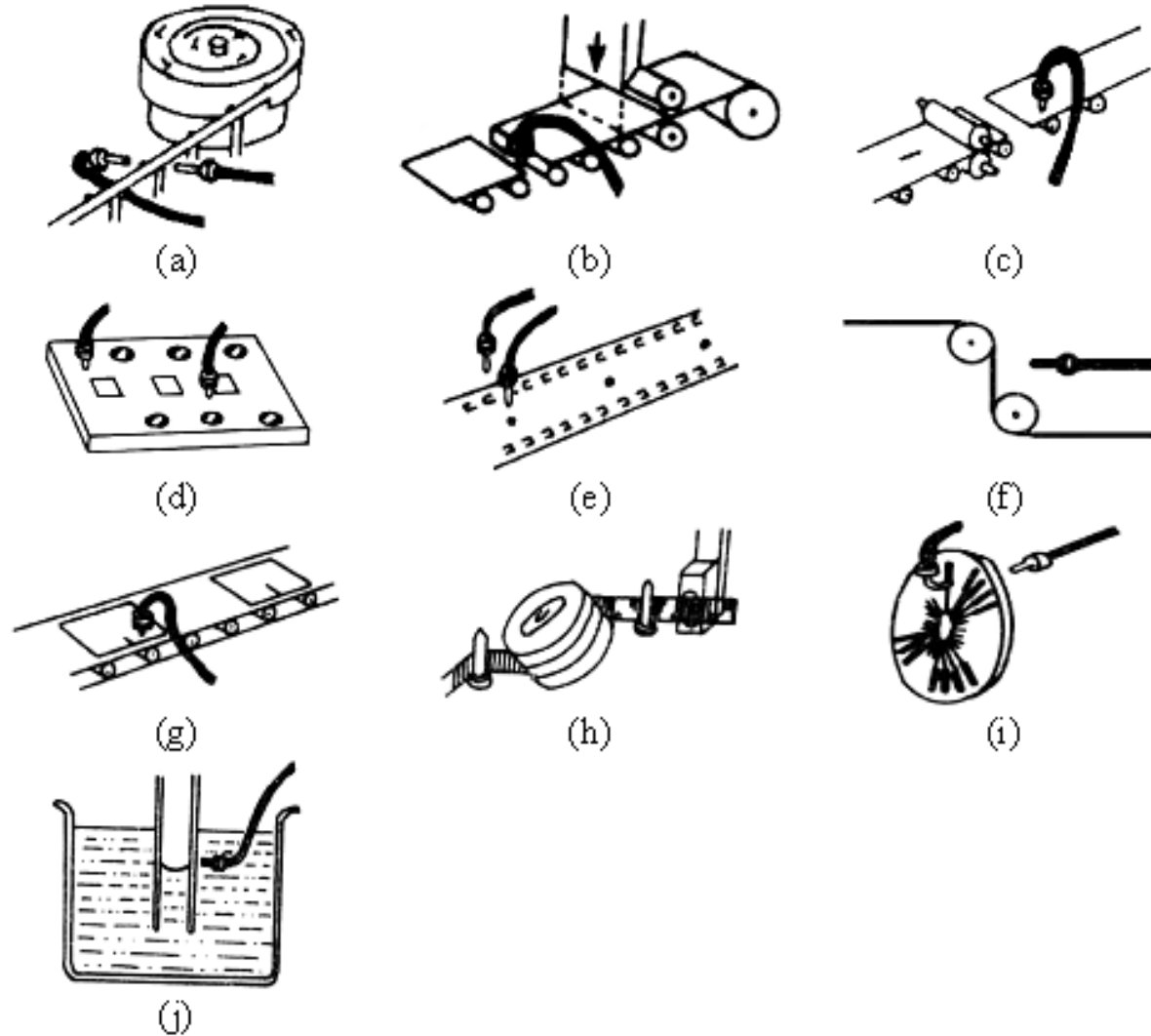
Parametre OVS

- · Citlivosť
- · Prah citlivosti
- · Dynamický rozsah
- · Linearita

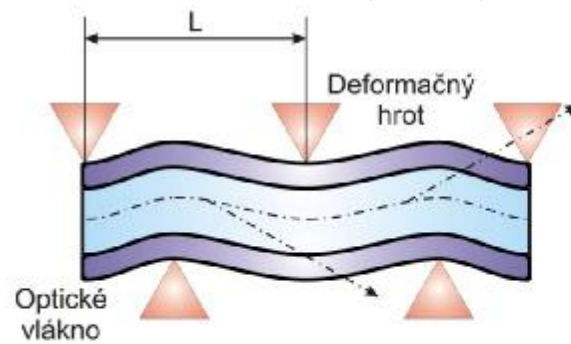
Amplitúdový OVS s využitím modifikovaného plášťa



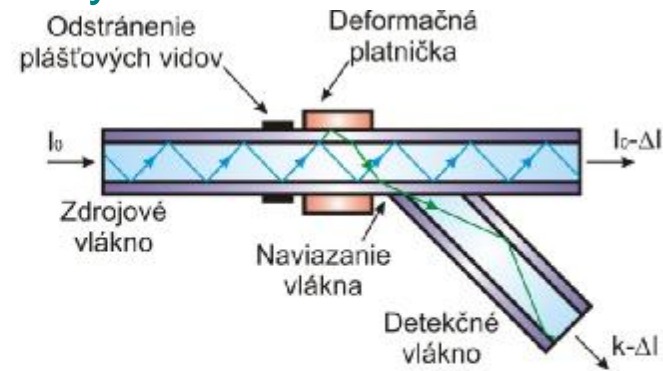
Priemyslové aplikácie jednoduchého amplitúdového OVS



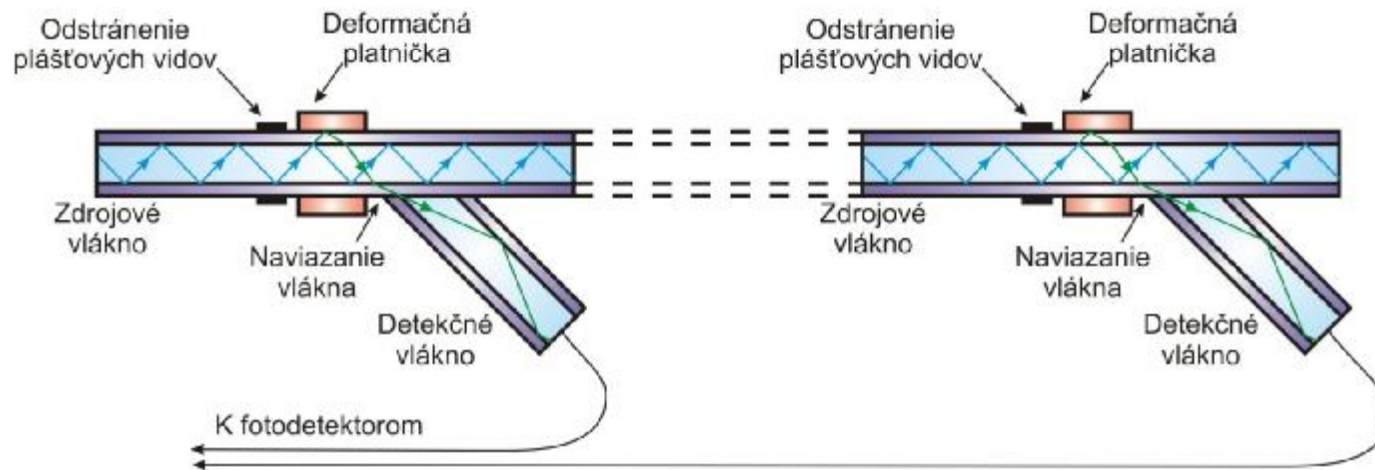
- Princíp činnosti amplitúdových **OVS** s využitím periodických mikroohybov
- (a) modulácia optického signálu pomocou periodických mikroohybov
 - (b) mikroohybový **OVS** s využitím žiarenia v tmavom poli
 - (c) sústava mikroohybových **OVS** s využitím žiarenia v tmavom poli



a)

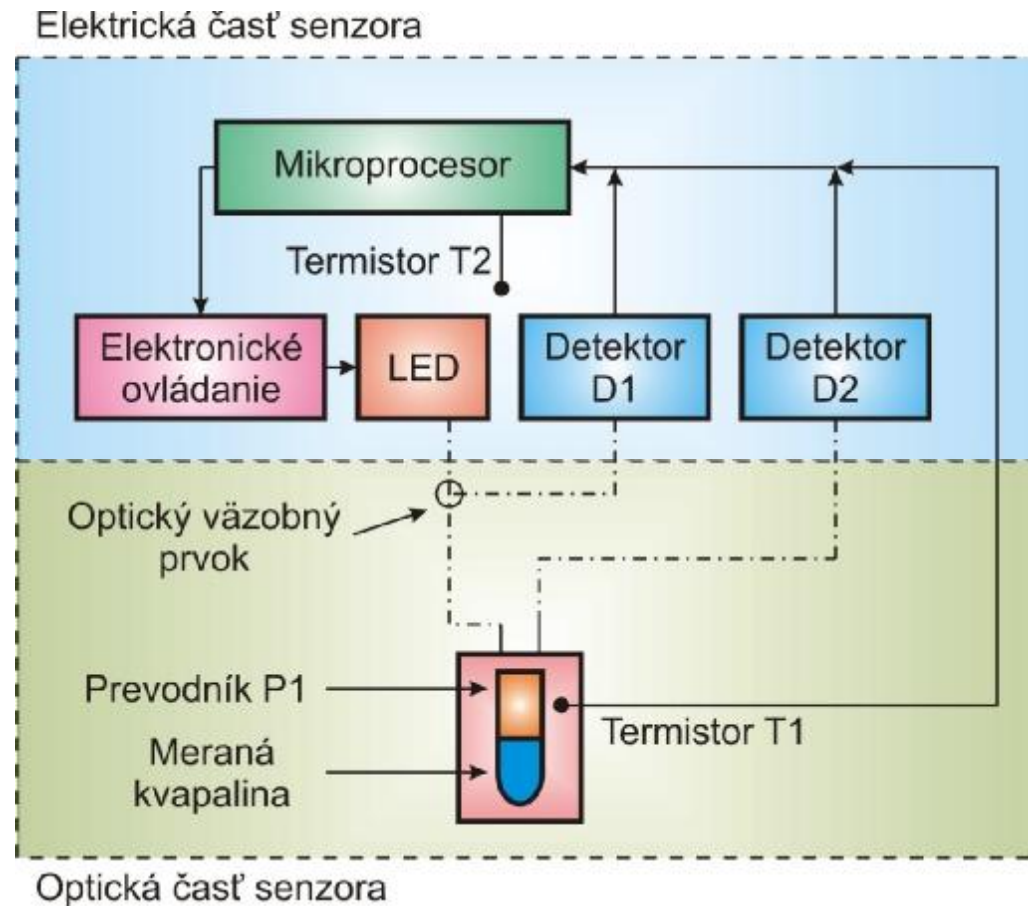


b)

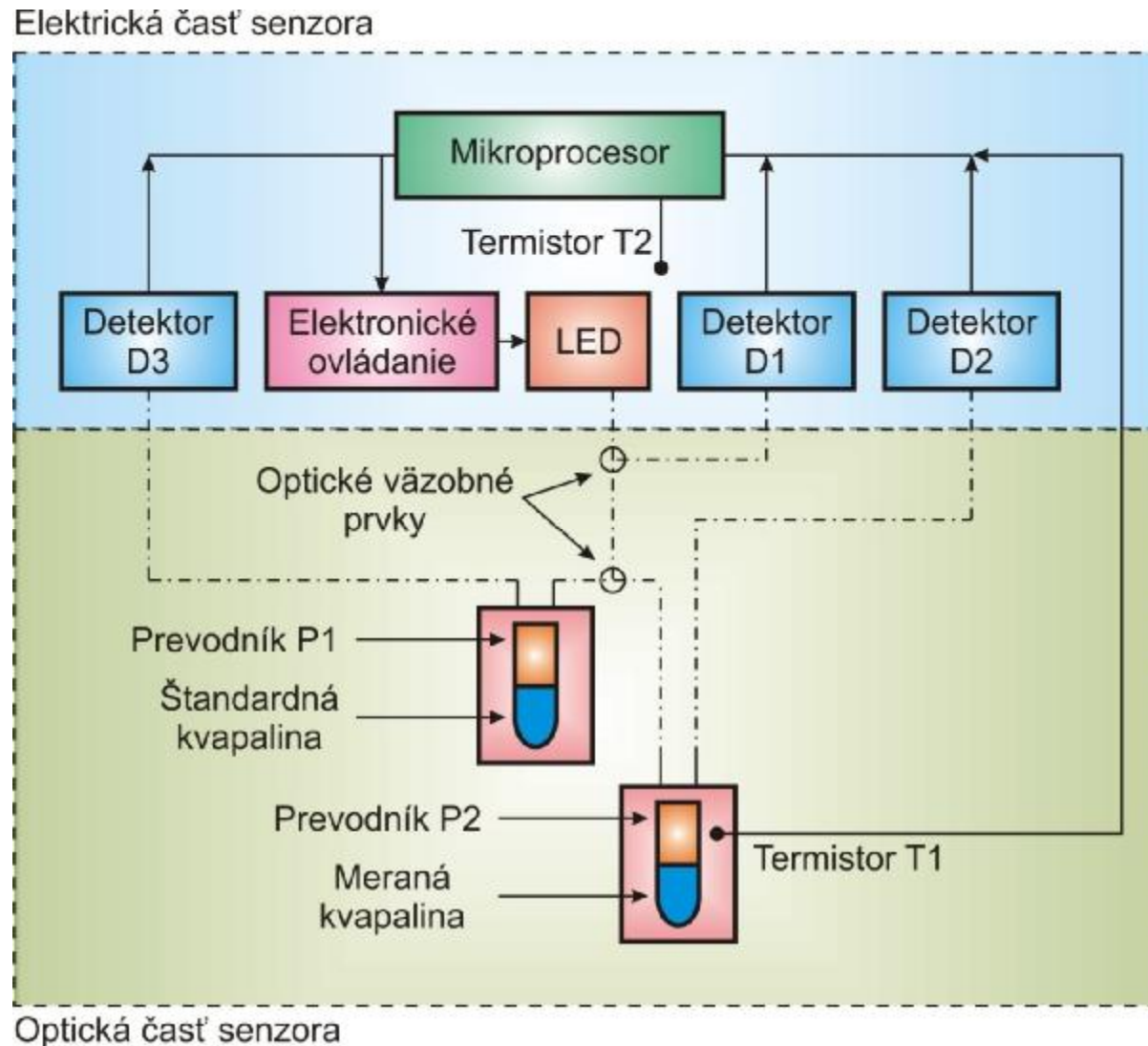


c)

Bloková schéma základného systému optického vláknového refraktometra (lineárna metóda)



Bloková schéma základného systému optického vláknového refraktometra (diferenčná metóda)



Fázové OVS

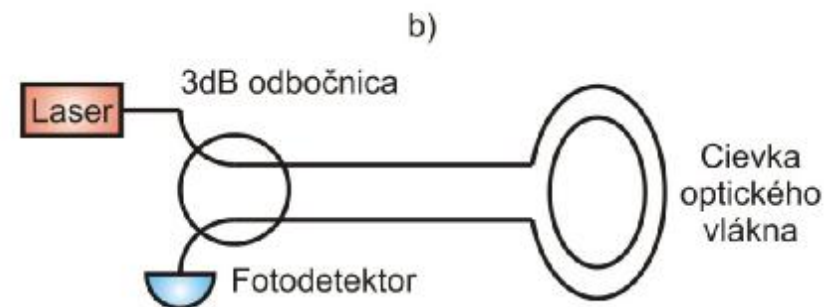
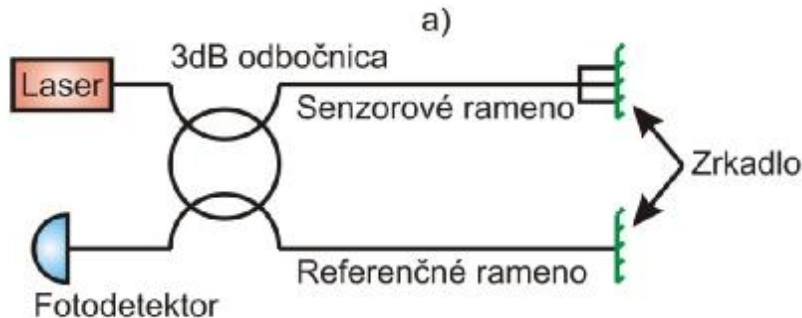
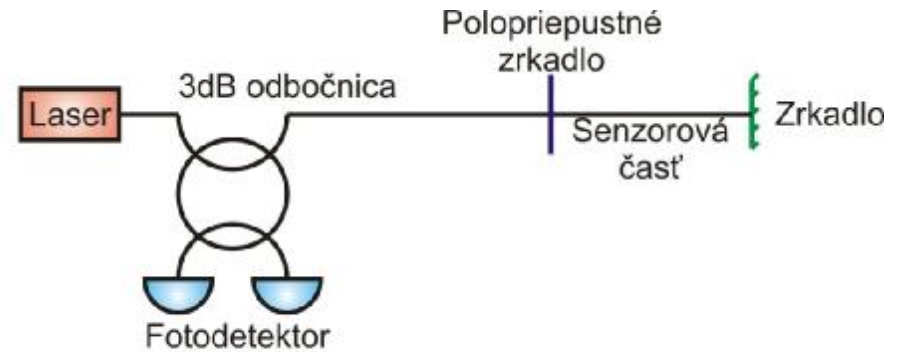
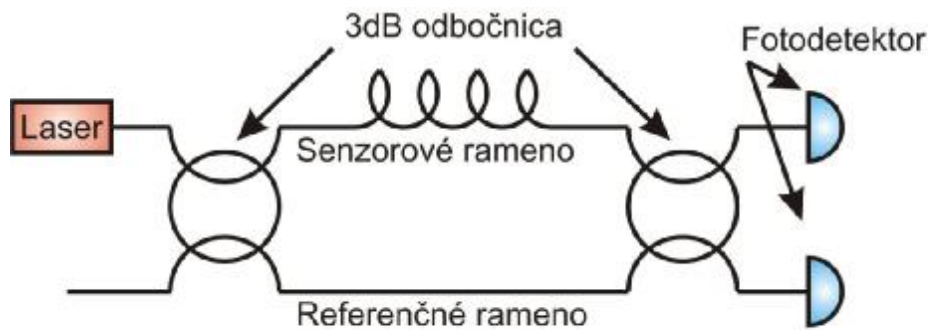
- .. Založené na **fázovej modulácii**
- .. Optickej vlny sa merajú interferometrickými metódami

n **Vláknové interferometre**

- .. Dvojramenný jednovidový interferometer (**Machov – Zehnderov alebo Michelsonov**)
- .. **Medzividový** interferometer
- .. Jednovláknový interferometer (**Sagnacov interferometer**)

n **Nevýhody diskretných optických väzobných prvkov** (citlivosť na vibrácie, prácne nastavenie a pod.) - odstraňuje **celovláknová konštrukcia** fázového **OVS**

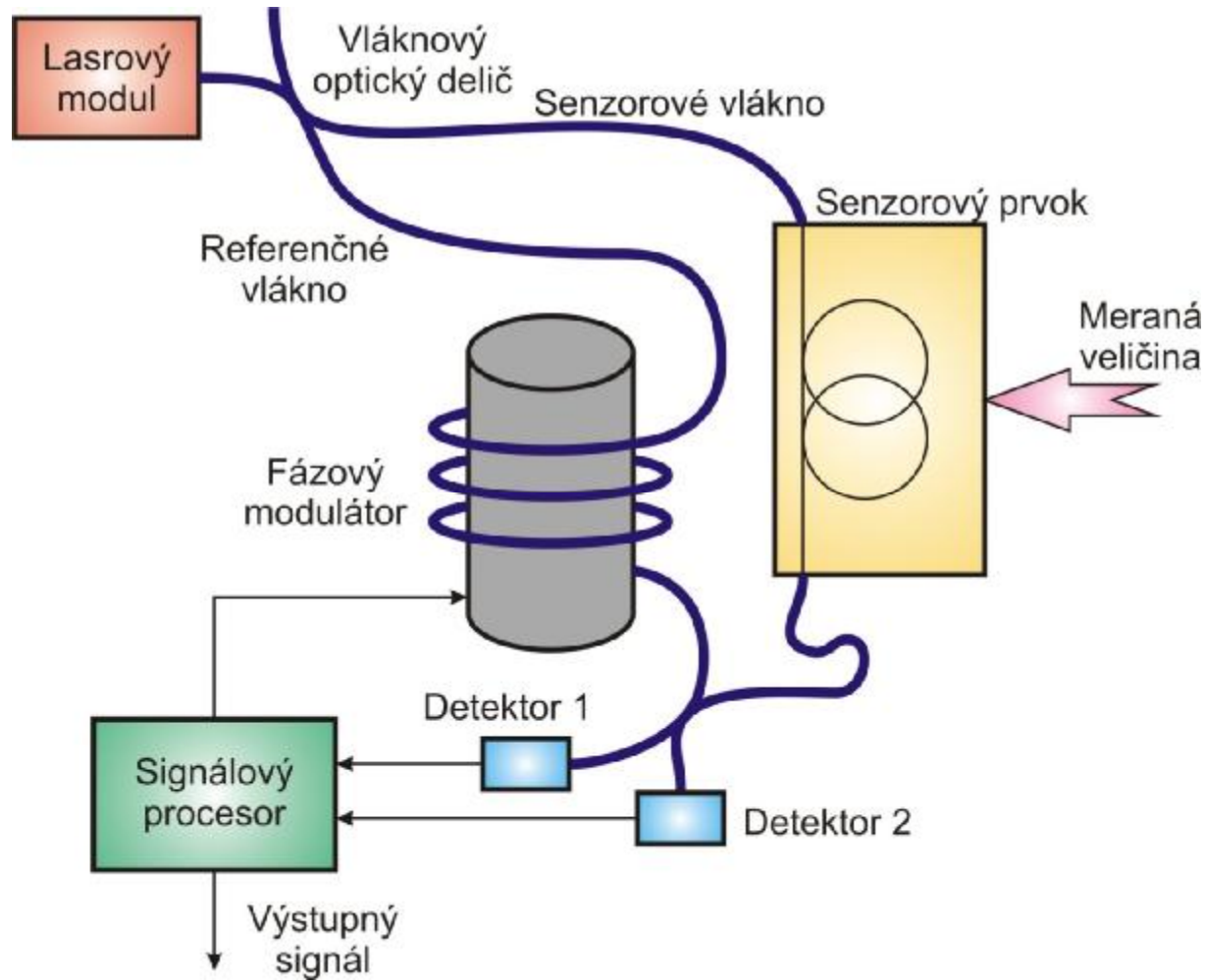
Optické fázové interferometre: (a) Machov-Zehnderov interferometer, (b) Fabryho-Perotov interferometer, (c) Michelsonov interferometer, (d) Sagnacov interferometer



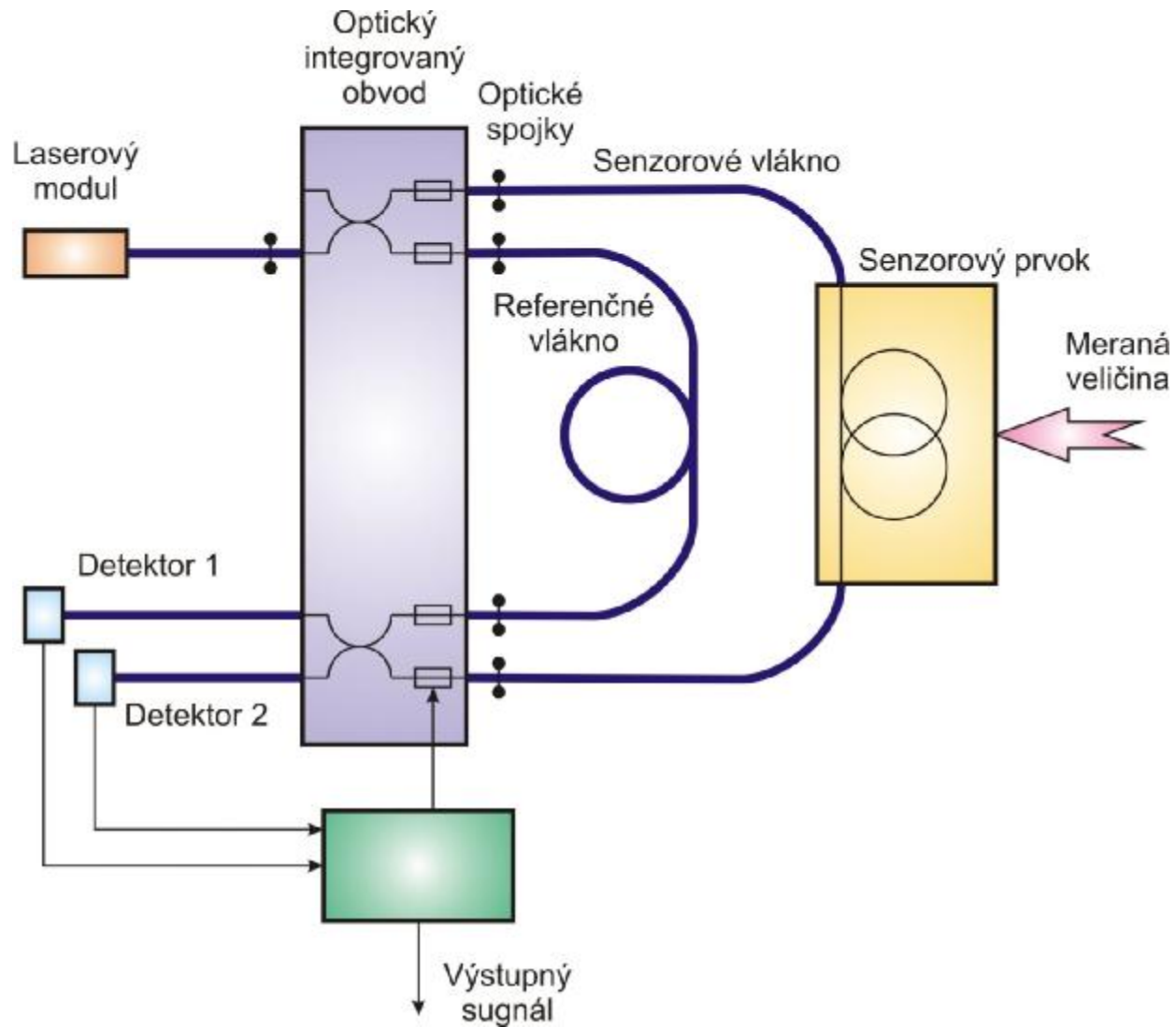
c)

d)

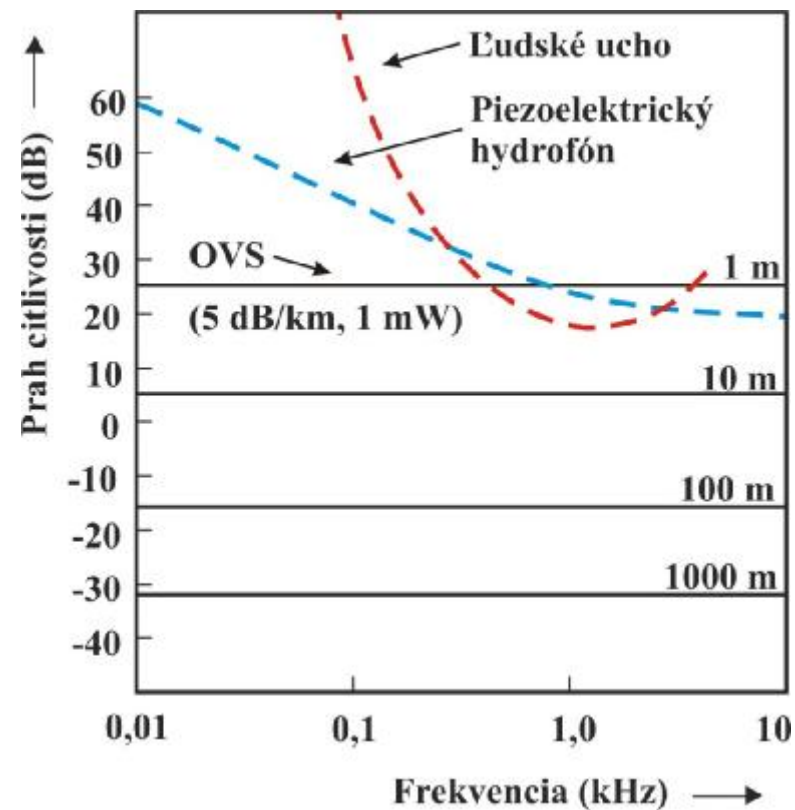
Celovláknový Machov-Zehnderov interferometer



Integrovaný Machov-Zehnderov interferometer



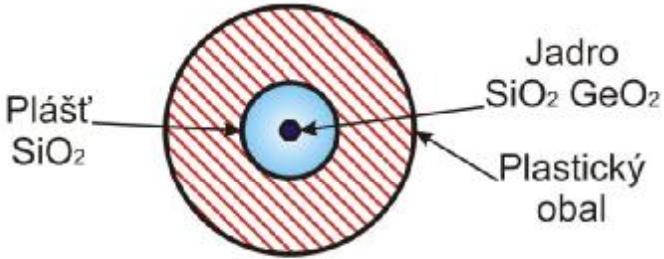
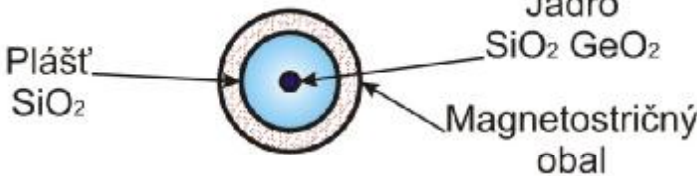
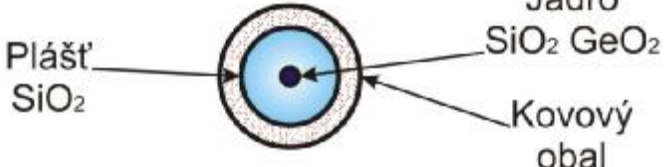
Frekvenčné závislosti prahu citlivosti OVS, piezoelektrického hydrofónu a ľudského ucha



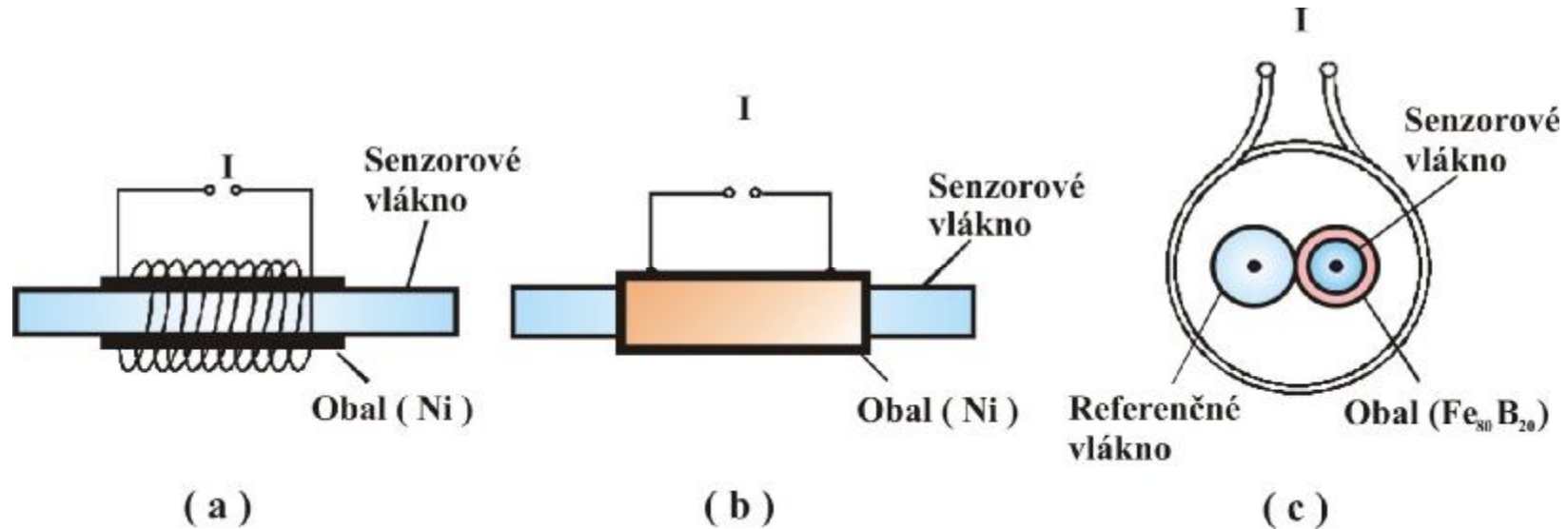
Aplikácie týchto OVS

- Vytváranie **hydroakustických anténových sústav**

Konštrukčné usporiadanie senzorového vlákna a citlivosť fázového OVS tlaku, intenzity magnetického poľa a teploty

OVS	Usporiadanie	Prah citlivost ($\Delta\Phi=10^{-6}$ rad, 1m vlákna)
Tlaku	 <p>Jadro SiO₂ GeO₂ Plášť SiO₂ Plastický obal</p>	$P_{\text{MIN}} \sim 60\text{dB}$ (vzhľadom na 1Pa)
Magnetického poľa	 <p>Jadro SiO₂ GeO₂ Plášť SiO₂ Magnetostričný obal</p>	$B_{\text{MIN}} \sim 5 \cdot 10^{13} \text{ T}$
Teploty	 <p>Jadro SiO₂ GeO₂ Plášť SiO₂ Kovový obal</p>	$\Delta T_{\text{MIN}} \sim 10^{-8} \text{ K}$

- n OVS elektrického prúdu (a), (c) - s využitím magnetostrikčného javu, (b) - s využitím teplotnej rozťažnosti obalu optického vlákna



OVS uhlovej rýchlosti (gyroskopy) – vytvorené zo Sagnacovho interferometra

Sagnacov jav

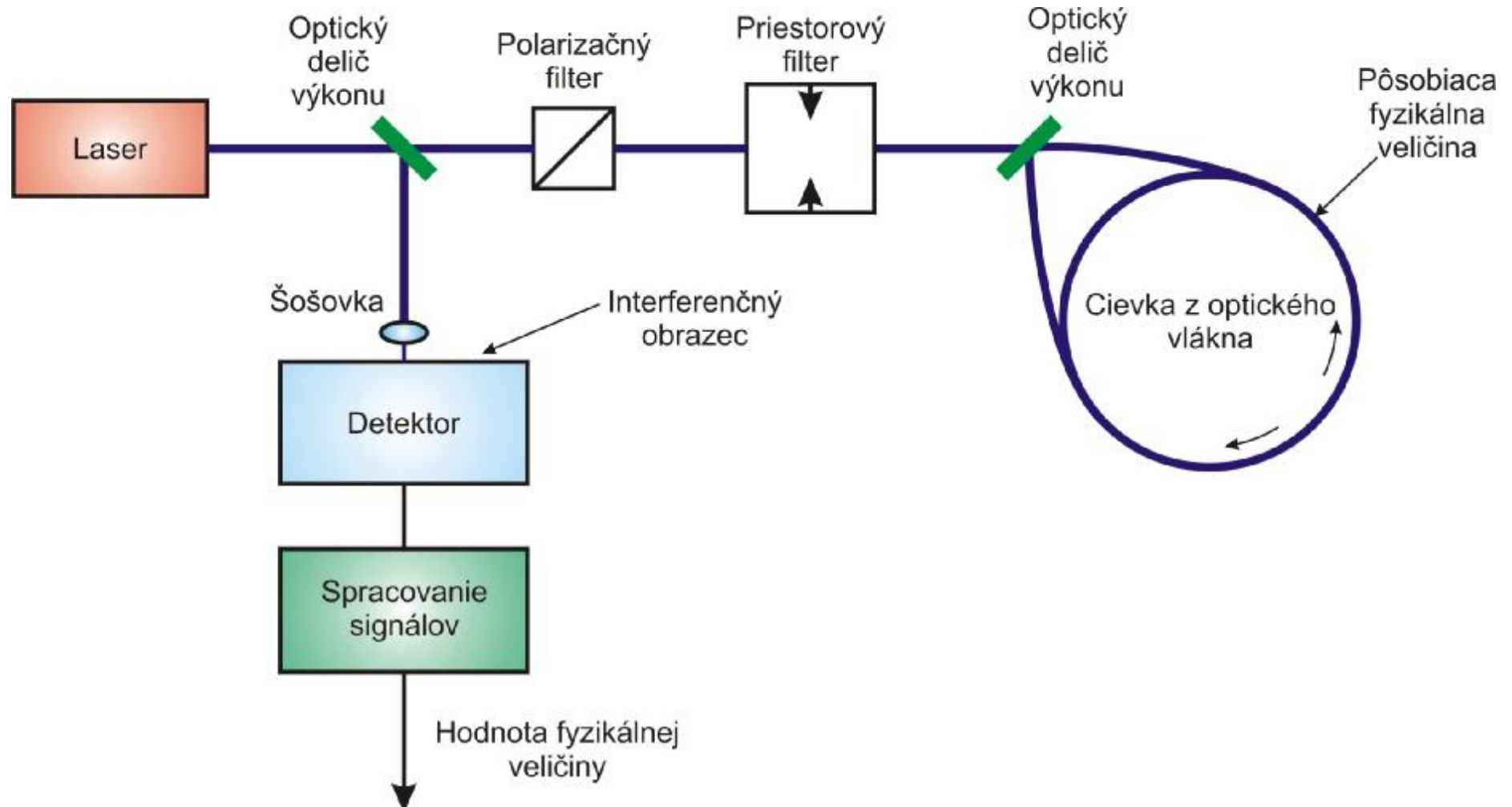
$$n \Phi = \frac{8pNS\Omega}{l_0c} = \frac{4pLR\Omega}{l_0c}$$

Ω – uhlová rýchlosť otáčania, S – plocha cievky, λ_0 je dĺžka vlny vo vákuu, c – rýchlosť svetla, N – počet závitov cievky, L – celková dĺžka optického vlákna

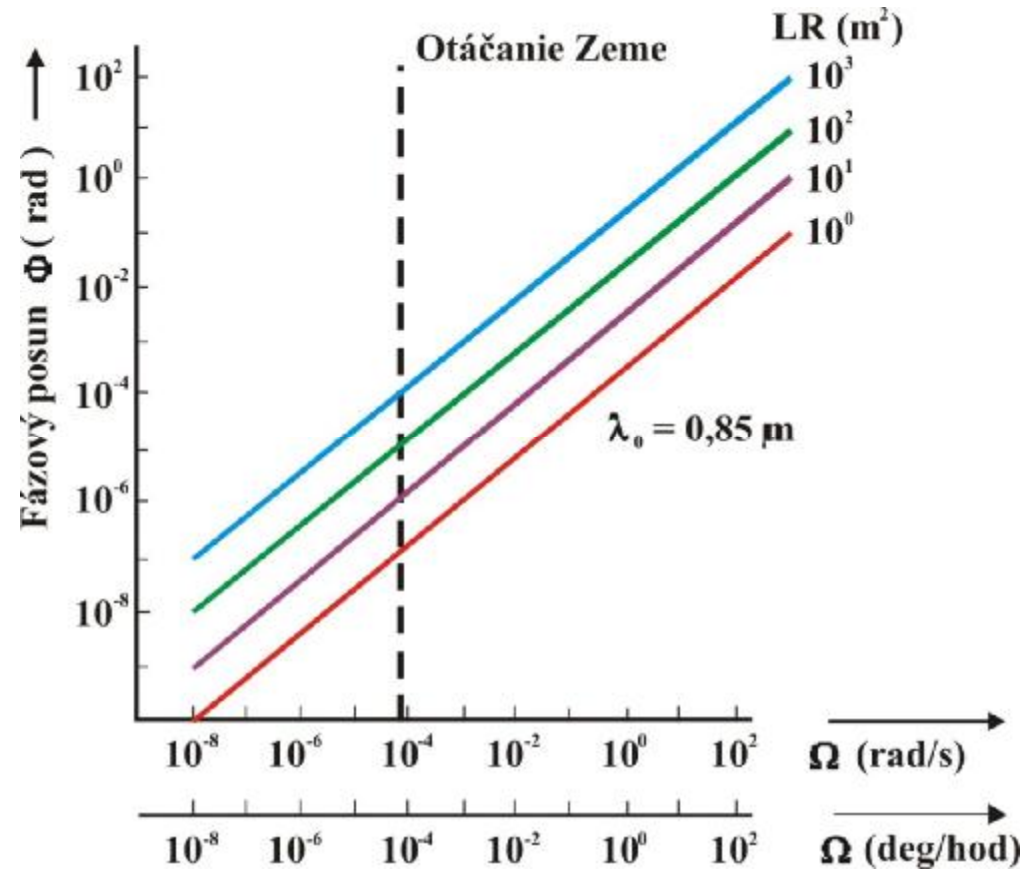
n Optické vláknové gyroskopy

- .. $L \sim 500\text{m}$, $R = 10\text{cm}$
- .. Detekcia rýchlosti rotácie $\Omega = 1^\circ/\text{hod}$ - fázový posun 10^{-5} rad
- .. **Účinná plocha NS Sagnacovho javu $\sim 50\text{m}^2$**
- .. **Aplikácie**
 - n **Meranie jednosmerných aj striedaných elektrických prúdov** v rozmedzí od niekoľko mA do niekoľko sto A s rozlíšením $\sim 10^{-5}$

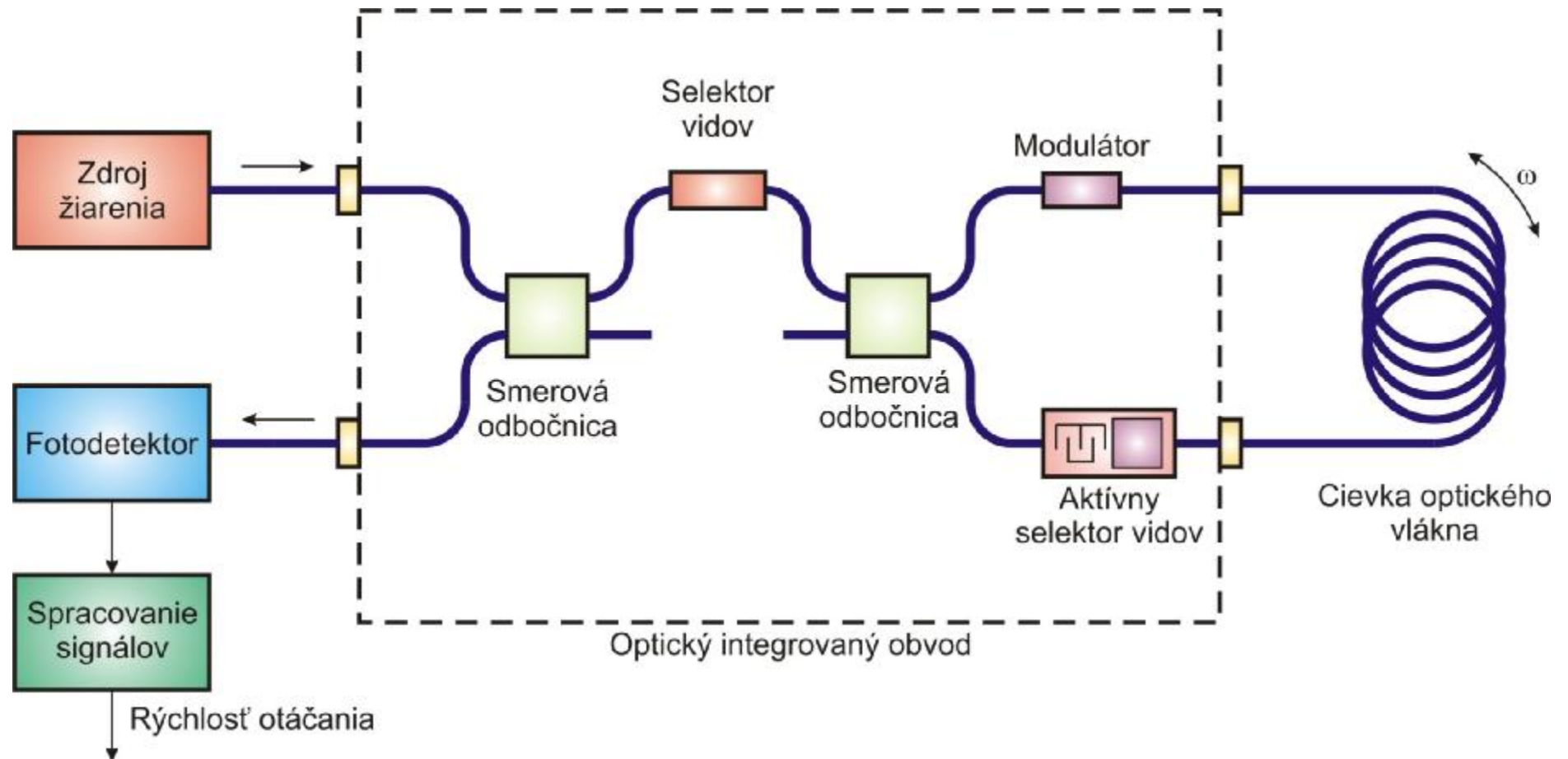
Schéma zapojenia fázového OVS so Sagnacovým interferometrom



Sagnacov fázový posun Φ v závislosti od rýchlosti otáčania Ω a veličiny LR



Integrovaný optický vláknový gyroskop



Polarizačné OVS

n Otočenie roviny polarizácie

$$\dots q = V \int_0^L H_1 dl$$

V – **Verdeho konštanta**

$$\dots q = VHL$$

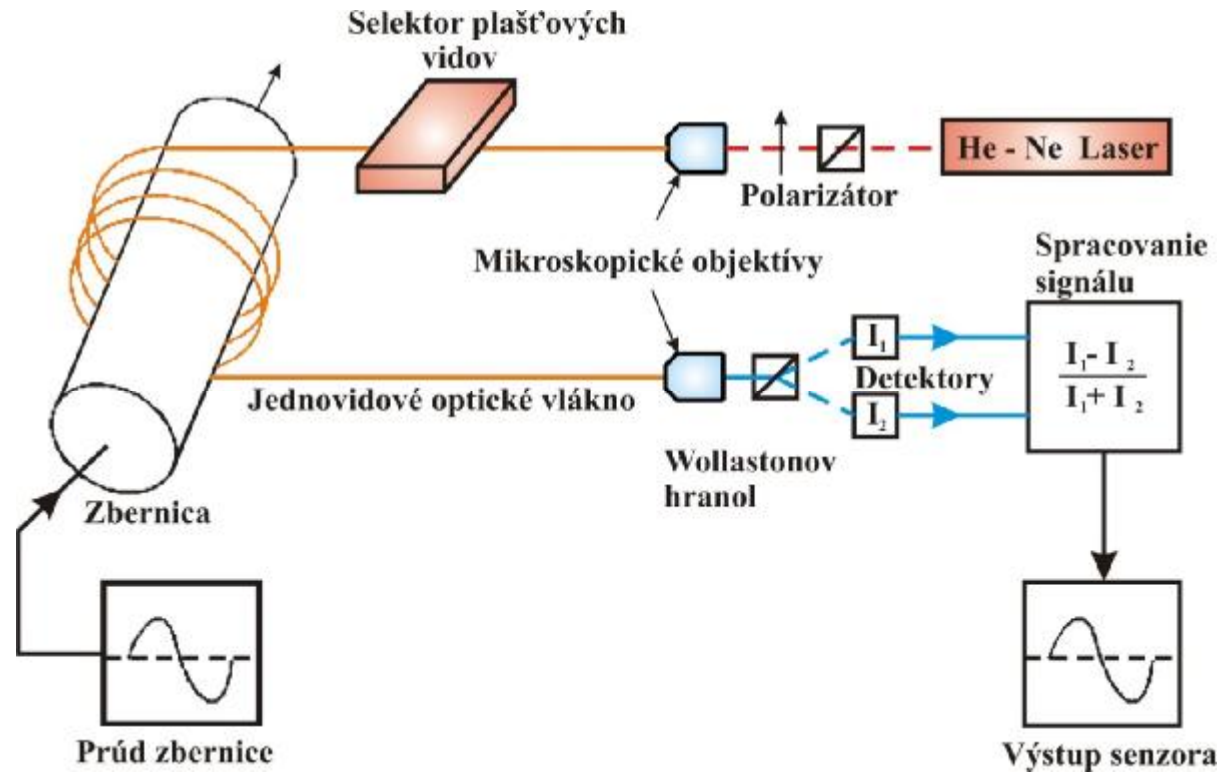
$$\dots H = I / 2\pi R \quad L = 2\pi RN$$

$$\dots q = VIN$$

n Použitie Wollastonovho hranola

$$\dots J_1 = \frac{J_0}{2} (1 + \sin 2q) \quad J_1 = \frac{J_0}{2} (1 - \sin 2q)$$

Polarizačný OVS elektrického prúdu využívajúci Faradayov jav



Výstupný signál polarizačného OVS

$$n \quad S = C \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} = C \sin 2q$$

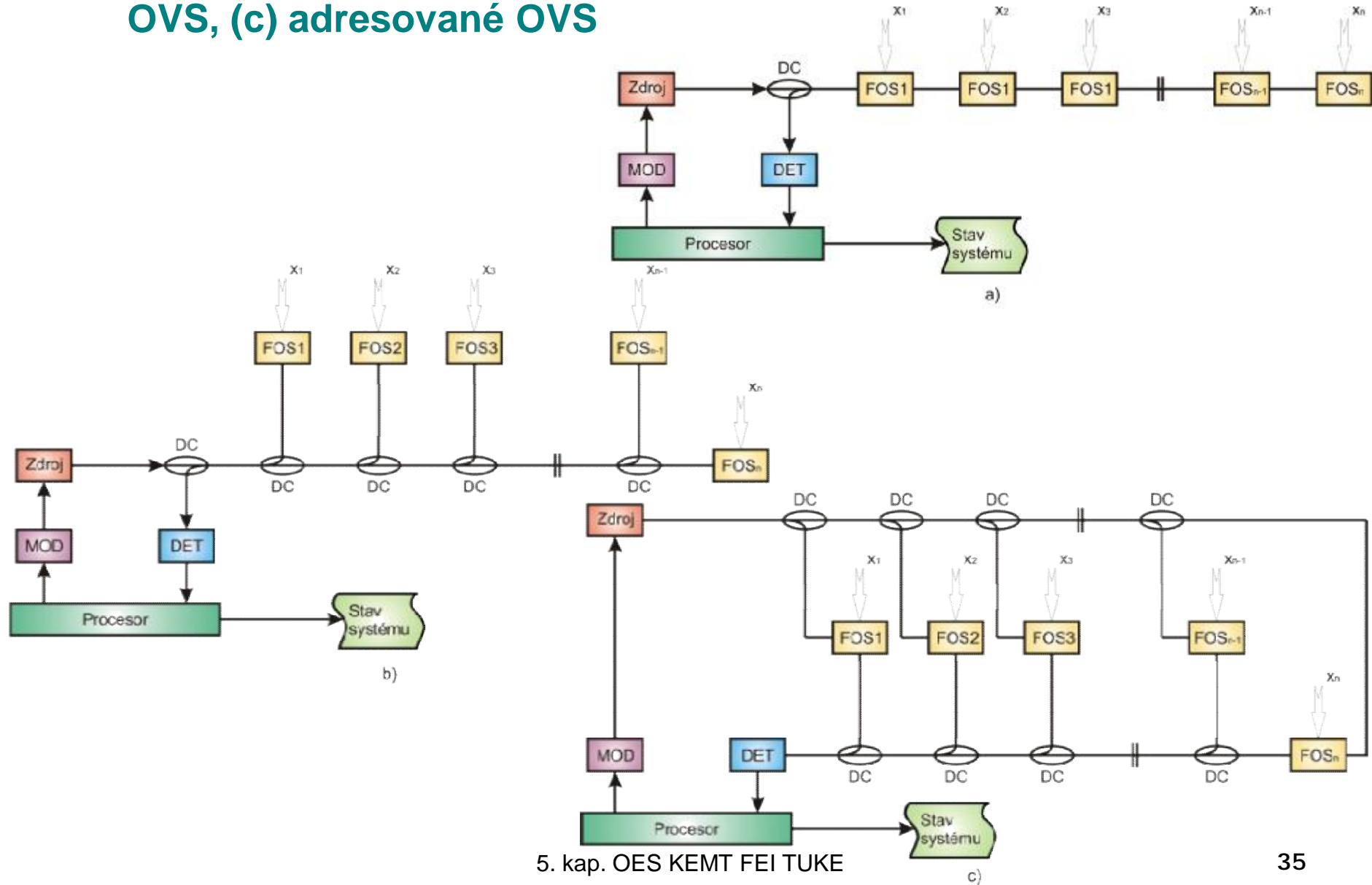
Typické hodnoty pre polarizačné OVS

- · $V \gg 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ radA}^{-1}$
- · Citlivosť rádovo $10^{-5} \text{ radA}^{-1}\text{m}^{-1}$
- · Dynamický rozsah od 0,2 do 2000 A

Systémy OVS

- · Systémy s využitím optickej reflektometrie (OTDR)
- · Distribuované systémy OVS

Systémy OVS s využitím OTDR: (a) transmisné OVS, (b) reflexné OVS, (c) adresované OVS



Opticky napájané senzorové systémy (ONSS)

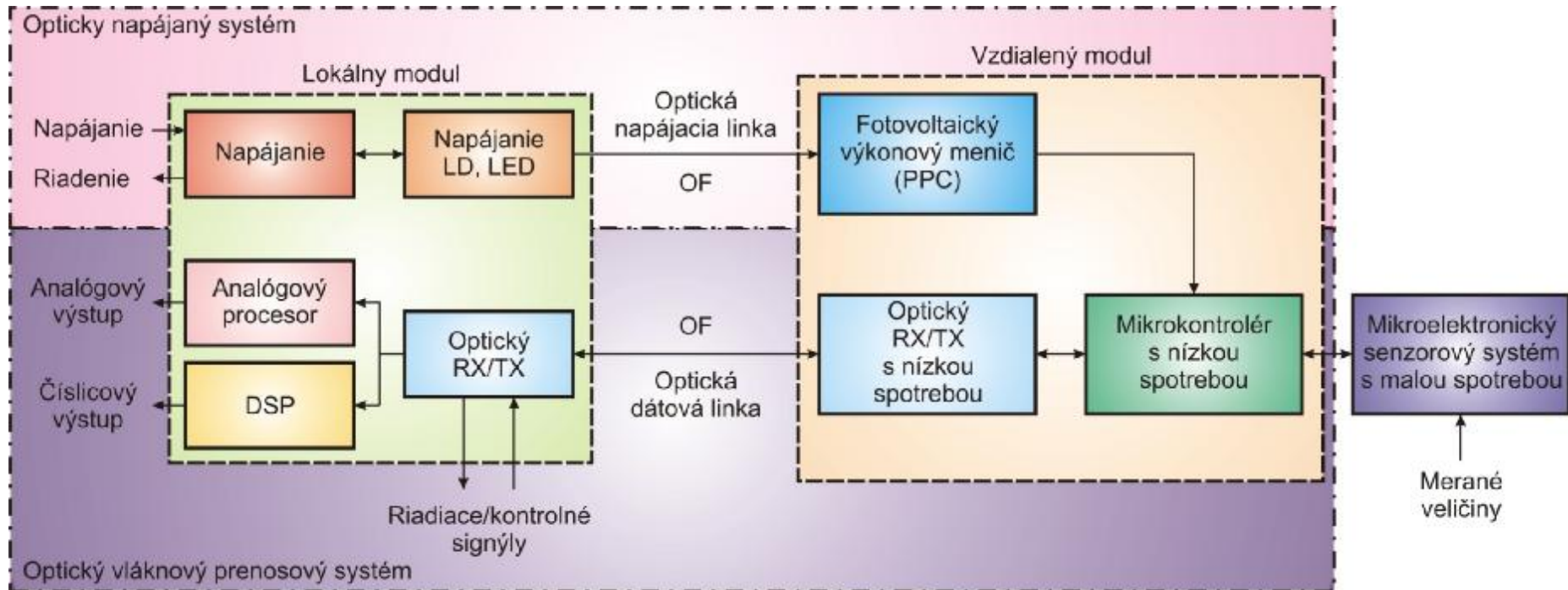
Štruktúry ONSS

- .. Trojvláknový senzorový systém
- .. Dvojvláknový senzorový systém
- .. Jednovláknový senzorový systém

Podsystemy

- .. Mikroelektronický senzorový systém s malou spotrebou (L-PMSS)
- .. Optický vláknový prenosový systém (dáta/riadenie)
- .. Opticky napájaný systém

Základné usporiadanie univerzálneho ONSS systému



Aplikácie

- Sensory teploty
- Sensory vysokých napätí a prúdov (HOFCT- Hybrid Optical Fiber Current Transformer)
- Sensory mechanických veličín (poloha, uhol, rýchlosť, napätie, sila, chvenie, tlak, vzdialenosť, atď.), EMI
- Sensory úrovne hladiny v nádržiach petrochemických produktov
- Sensory vysokofrekvenčných elektromagnetických polí (E a H) (EMC - electromagnetic compatibility)
- Sensory umožňujúce kontrolu plynu a kameňuhoľných baní na diaľku
CH₄, NO₂, SO₂, CO
- Sensory automatizácie domácností (teplota, vlhkosť, napätie, osvetlenie, pohyb)

OPL – Optical Power Links