
Corso di COSTRUZIONI OPTOELETTRONICHE

Misure su EDFA

Guido Giuliani

Dipartimento di Elettronica - Università di Pavia

Tel.

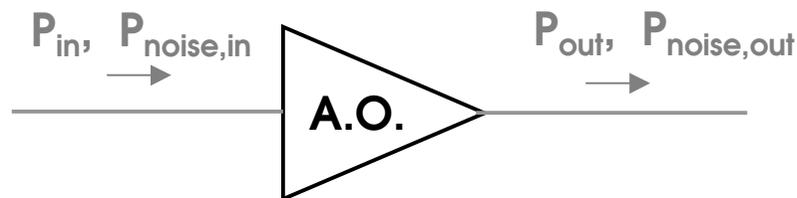
0382 985.224

e-mail:

guido.giuliani@unipv.it

Rumore negli amplificatori ottici - 1

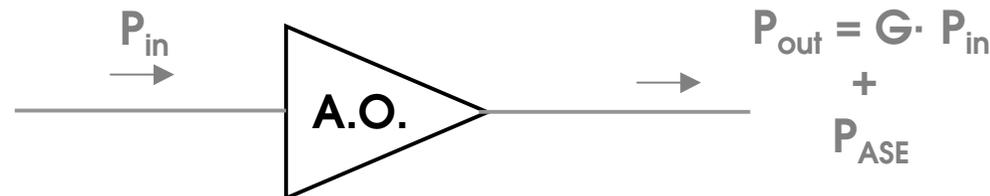
- ❑ analogamente agli amplificatori elettronici, anche gli amplificatori ottici sono “rumorosi”, ossia aggiungono rumore al segnale di uscita.
- ❑ Origine del rumore:
 - ❑ amplificatori elettrici
 - rumore termico ($\propto kT$)
 - shot-noise e partition noise nei transistor
 - ❑ amplificatori ottici
 - rumore quantico ($\propto h\nu$)
 - rumore aggiuntivo causato dal meccanismo di amplificazione ottica
- ❑ Il rumore introdotto da un amplificatore si quantifica attraverso la CIFRA di RUMORE (NOISE FIGURE - NF)



- ❑ $NF = (S/N)_{in} / (S/N)_{out} \geq 1$
- ❑ $NF = (P_{in} / P_{noise,in}) / (P_{out} / P_{noise,out})$

Rumore negli amplificatori ottici - 2

- ❑ Rumore ottico = fluttuazioni di potenza di un segnale ottico
- ❑ Gli amplificatori ottici generano in uscita:
 - ❑ il segnale di ingresso amplificato
 - ❑ ASE (Amplified Spontaneous Emission)
- ❑ L'ASE non costituisce un termine di rumore in sè, in quanto si tratta di un contributo di potenza continua (è quindi una sorta di segnale di uscita “spurio” additivo)
 - ❑ $P_{ASE} = 2 n_{sp} h\nu (G-1) \Delta\nu$
 - ❑ $n_{sp} = N_2 / (N_2 - N_1)$ $N_1, N_2 =$ densità di popolazione dei livelli della transizione atomica
 - ❑ $\Delta\nu =$ banda ottica di amplificazione dell'A.O.
 - ❑ vi sono però le fluttuazioni della potenza associata all'ASE, che contribuiscono a definire il livello di rumore complessivo all'uscita dell'A.O.



Rumore negli amplificatori ottici - 3

- Il rumore ottico in ingresso all'A.O. è il rumore associato ad un segnale coerente (rumore shot)
 - in termini di potenza ottica (densità spettrale): $S_p(f) = 2 \cdot h\nu \cdot P_0$ (W²/Hz)
 - in termini di fotocorrente (dopo la fotorivelazione): $S_i(f) = 2 \cdot q \cdot I_0$ (A²/Hz)
- Il rumore di uscita dell'A.O. si può calcolare in base a teorie quantistiche
 - in termini di fotocorrente:

$$S_{i_{phot}}(0) = \left(\frac{q}{h\nu} \right)^2 \left\{ 2h\nu GP_{in} + 4GP_{in} \frac{P_{ASE}}{\Delta\nu} + 2 \frac{P_{ASE}^2}{\Delta\nu} + 2h\nu P_{ASE} \right\}$$

- Per segnale di ingresso intenso ($P_{in} \gg P_{ASE,equiv. in}$, cioè $GP_{in} \gg P_{ASE}$) e guadagno elevato ($G \gg 1$)

$$\begin{aligned} S_{i_{phot}}(0) &\approx \left(\frac{q}{h\nu} \right)^2 \left\{ 2h\nu GP_{in} + 4GP_{in} \frac{P_{ASE}}{\Delta\nu} \right\} = \\ &= \left(\frac{q}{h\nu} \right)^2 \left\{ 2h\nu GP_{in} + 4GP_{in} n_{sp} \cdot h\nu \cdot (G-1) \right\} = \\ &\approx \left(\frac{q}{h\nu} \right)^2 2h\nu GP_{in} \{ 1 + 2Gn_{sp} \} \end{aligned}$$

Rumore negli amplificatori ottici - 4

□ **Calcolo della cifra di rumore:**

$$(S/N)_{in} = \left(\frac{q}{h\nu} \right)^2 \cdot \left(\frac{P_{in}^2}{2h\nu P_{in}} \right)$$

$$(S/N)_{out} = \left(\frac{q}{h\nu} \right)^2 \cdot \left(\frac{G^2 P_{in}^2}{2h\nu G P_{in} \{1 + 2Gn_{sp}\}} \right)$$

$$NF = \frac{(S/N)_{in}}{(S/N)_{out}} = \frac{G\{1 + 2Gn_{sp}\}}{G^2} = \frac{1}{G} + 2n_{sp} \approx 2n_{sp}$$

Metodi di misura della cifra di rumore

□ Metodo elettrico

- si misurano $(S/N)_{in}$ e $(S/N)_{out}$ a livello elettrico (nel dominio della fotocorrente) dopo la fotorivelazione

□ Metodi ottici

- si sfrutta la formula (approssimata) $NF = 2n_{sp}$ e si cerca di valutare il termine n_{sp} dallo spettro ottico dell'ASE in uscita (ricordiamo che $P_{ASE} = 2 n_{sp} h\nu (G-1) \Delta\nu$)