TEMA 1 - CORRENT CONTINU

Arnau Font

CÀRREGA ELÈCTRICA → S.I.: C I CAMP ELÈCTRIC → S.I.: N/C o V/m

$q_e = 1'6 \cdot 10^{-19}\,C$

$$\boxed{Fe_{12} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^{\,2}} \cdot \hat{r}_{12}}$$

$k = 9 \cdot 10^9 \, \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ $\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|r_{12}|}$

$$\boxed{\vec{E}_1 = \frac{\vec{F}_{10}}{q_0}} \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{10} = q_0 \cdot \vec{E}_1}$$

* En un condensador → $\boxed{\Delta V = \vec{E} \cdot d}$

ENERGIA POTENCIAL → S.I.: J

$$\boxed{\mathcal{U}_B - \mathcal{U}_A = \int_A^B (-Q\vec{E})\, d\vec{l}} \Rightarrow \boxed{\mathcal{U}_B - \mathcal{U}_A = \Delta Q\,(V_B - V_A)}$$

DIFERÈNCIA DE POTENCIAL → S.I.: V

$$\boxed{V_B - V_A = \frac{\mathcal{U}_B - \mathcal{U}_A}{Q} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}}$$

CORRENT ELÈCTRIC

$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}}$$

↳ S.I.: I

RESISTÈNCIA (Llei d'Ohm) → S.I.: Ω

$$\boxed{\Delta V = I \cdot R} \qquad \boxed{R = \rho \cdot \frac{l}{A}}$$

ρ → resistivitat
l → longitud
A → secció

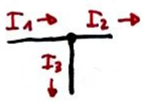
POTÈNCIA ELÈCTRICA → S.I.: W

$$\boxed{P = \frac{\Delta \mathcal{U}}{\Delta t} = \Delta V \cdot I = \underbrace{R \cdot I^2}_{\text{Pèrdues per efecte Joule}}}$$

GENERADORS DE CORRENT

$$\boxed{V_A - V_B = \mathcal{E} - r \cdot I} \Rightarrow \boxed{I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}}$$

LLEIS KIRCHHOFF

• Llei nusos 

$\Rightarrow \boxed{I_1 = I_2 + I_3}$

• Llei malles $\Rightarrow \boxed{\sum \Delta V_i = 0}$

APARELLS DE MESURA

• Amperímetre ($R_A \to 0$)
• Voltímetre ($R_V \to \infty$)
• Ohmímetre (petit corrent)

T. THEVENIN

• $\mathcal{E}_{th} \to V_A - V_B$ (circuit obert)
• $R_{th} \to R_{AB}$ (curtircuitar $\mathcal{E}$)

CONDENSADORS → S.I.: F

• Capacitat $\boxed{C = \frac{Q}{\Delta V}}$

$$\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}} \qquad \sigma = \frac{Q}{S} \to \boxed{C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d}}$$

• σ: dens. sup. de càrrega
• S: superf.
• d: dist.
• ε_0: $8'84 \cdot 10^{-12} \, \frac{C}{V \cdot m}$

$$\boxed{\mathcal{U} = \frac{Q^2}{2C}} \qquad \boxed{C' = \varepsilon_r \cdot C}$$

→ ε_r: Permitivitat relativa

TEMA 2. CORRENT ALTERN. FORMULARI

- Transitoris:

$$U_c = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-t/\tau} \qquad \tau = R \cdot C \qquad Q(t) = C \cdot \varepsilon \cdot (1 - e^{-t/\tau}) \qquad \varepsilon - V_r - V_c = 0$$

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-t/\tau} \qquad \tau = R \cdot C \qquad Q(t) = Q_0 \cdot e^{-t/\tau} \qquad V_r = V_c$$

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R}(1 - e^{-t/\tau}) \qquad V_L(t) = \varepsilon \cdot e^{-t/\tau} \qquad \tau = \frac{L}{R} \qquad \varepsilon - V_r - V_L = 0$$

$$I(t) = I_0 \cdot e^{-t/\tau} \qquad U_L = \frac{1}{2} L \cdot I_0^2 \qquad V_r = V_L$$

- Circuits corrent altern:

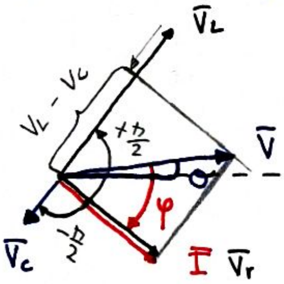
$$V(t) = V_0 \cos(\omega t) \qquad Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2} \qquad X = X_L - X_C$$

reactància; X_L: r. induct, X_C: r. capacitiva

$$\bar{I} = \frac{\bar{V}}{\bar{Z}} \qquad I_0 = \frac{V_0}{Z}$$

→ impedància

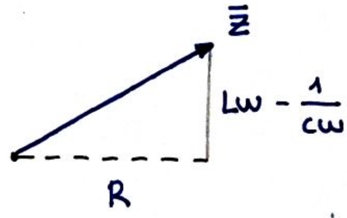
→ $\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{R}$



$V_L \angle \pi/2$, $V_C \angle -\pi/2$

$X_L > X_C \rightarrow \varphi > 0$

$X_L < X_C \rightarrow \varphi < 0$



$$\bar{Z} = R + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)j$$

- Associació d'impedàncies

S: $\bar{Z}_{eq} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2$ P: $\frac{1}{\bar{Z}_{eq}} = \frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2}$

- Potència en corrent altern

P. Activa: $P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos\varphi$ (W) P. Aparent: $S = V_{ef} \cdot I_{ef}$ (VA) P. Reactct: $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$ (VAr)

- Sèries de Fourier

$$V(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos(n\omega_0 t + \alpha_n) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot \sin(n \cdot \omega_0 \cdot t + \beta_n)$$

- Senyal quadrat

$$V(t) = V(-t) \rightarrow B_n = 0 \qquad A_0 = \frac{V}{2} \qquad A_n = \frac{2V}{n \cdot \pi} \cdot \sin\left(\frac{n \cdot \pi}{2}\right) \qquad f_n = f_0 \cdot n$$

- Transmissió d'un senyal

$$BW = \frac{1}{\tau} \text{ (Hz)} \qquad \tau = \text{ampl. pols} \qquad V_t = \frac{1}{2\tau} \left(\text{baud} = \frac{\text{bits}}{s}\right) \quad t(1 \text{ bit}) = 2\tau$$

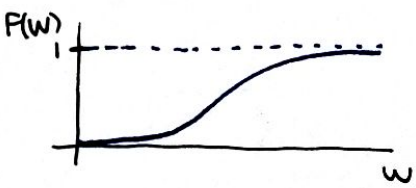
- Ressonància

$$P_{max} \rightarrow \bar{Z} = R_{\angle 0°} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{CL}} \qquad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad X' = -\frac{R^2 + X^2}{X}$$

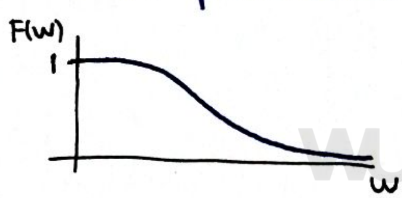
- Circuit Filtre

$$F(\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Filtre passaaltes



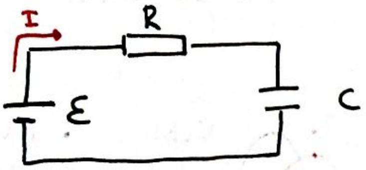
Filtre passabaixes



TEMA 2. CORRENT ALTERN

TRANSITORIS: CIRCUIT RC I CIRCUIT RL

· Circuit RC:

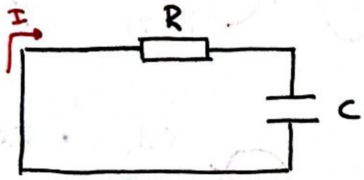


$t=0$ $\quad V_c = \frac{Q}{C} = \frac{0}{C} = 0 \rightarrow V_r = \varepsilon \rightarrow \boxed{I = \frac{\varepsilon}{R}}$

$t=\infty$ $\quad I_c = 0 \rightarrow V_r = 0 \rightarrow V_c = \varepsilon \rightarrow \boxed{Q = C \cdot \varepsilon}$

↳ Règim estacionari: Cond. actua com a interruptor obert.

$\varepsilon - V_r - V_c = 0$ $\quad \boxed{I(t) = I_0 \cdot e^{-t/\tau}}$ $\quad \boxed{\tau = R \cdot C}$ $\quad \boxed{Q(t) = C \cdot \varepsilon \cdot (1 - e^{-t/\tau})}$



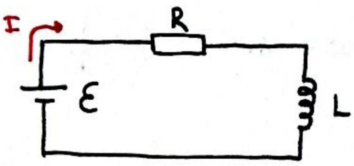
$t=0$ → Cond. actua com a font de tensió

$Q(0) = Q_A \rightarrow I(0) = \frac{V_c}{R} = \frac{Q_A}{C \cdot R}$

$t=\infty$ $\quad I = V_R = V_c = Q_f = 0 \rightarrow$ Descàrrega del condensador

$V_r - V_c = 0$ $\quad \boxed{I(t) = I_0 \cdot e^{-t/\tau}}$ $\quad \boxed{Q(t) = Q_0 \cdot e^{-t/\tau}}$

· Circuit RL



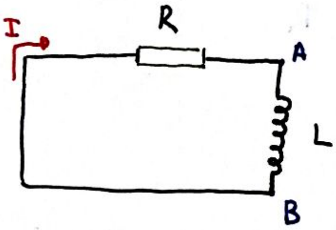
$t=0$ $\quad I = 0 \rightarrow V_r = 0 \rightarrow \boxed{\varepsilon = V_L}$

$t=\infty$ $\quad I = \frac{\varepsilon}{R} \rightarrow V_r = R \cdot I \rightarrow \boxed{V_L = 0}$

• La bobina s'encarrega d'assegurar que el circuit no tingui un corrent constant tan ràpid.

$\varepsilon - V_r - V_L = 0$ $\quad \boxed{V_L(t) = \varepsilon \cdot e^{-t/\tau}}$* $\quad \boxed{\tau = \frac{L}{R}}$

$\boxed{I(t) = \frac{\varepsilon}{R}(1 - e^{-t/\tau})}$ $\quad \boxed{U_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_f^2}$



$t=0$ $\quad I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$ $\qquad t=\infty$ $\quad I_f = 0$

$\boxed{I = I_0 \cdot e^{-t/\tau}}$

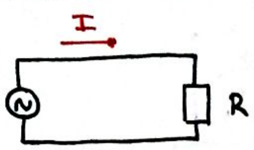
$U_R = \int_0^{\infty} R \cdot I^2 \cdot dt = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{\varepsilon}{R}\right)^2$, amb $\frac{\varepsilon}{R} = I_0$

$V_A - V_B = L \cdot \frac{dI}{dt} = -R \cdot I \qquad \tau = L/R$

$\left[\cos(x) = \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right)\right]$

CIRCUITS CORRENT ALTERN

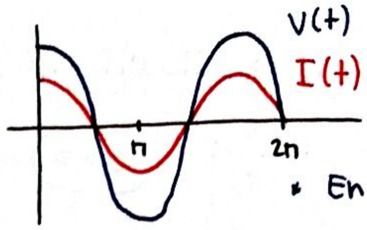
• Amb R :



$V(t) = V_0 \cdot \cos(\omega t + \theta)$

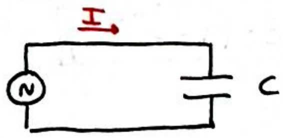
$I(t) = \frac{V(t)}{R}$

$I(t) = \frac{V_0}{R} \cdot \cos(\omega t + \theta)$



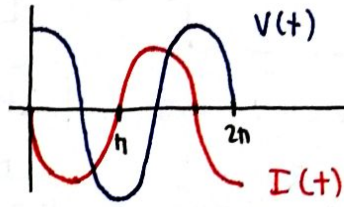
• En fase

• Amb C :



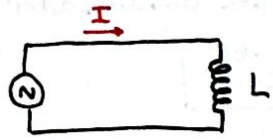
$V(t) = V_0 \cdot \cos(\omega t + \theta)$

$I(t) = C \cdot V_0 \cdot \omega \cos(\omega t + \theta + \frac{\pi}{2})$



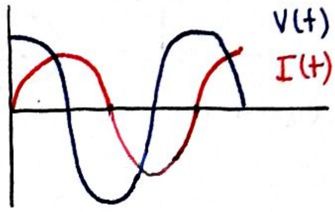
• I(t) està avanç. 90°.

• Amb L :



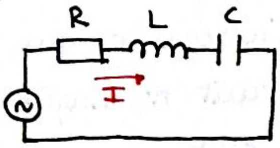
$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \theta)$

$I(t) = \frac{V_0}{L\omega} \cdot \cos(\omega t + \theta - \frac{\pi}{2})$



• I(t) està retardada 90°.

• Circuit RLC



$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \theta)$

$Z \text{ (impedància)} = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ $\qquad \omega = 2\pi f \qquad f = \frac{1}{T}$

$X \text{ (reactància)} = X_L - X_C = L\omega - \frac{1}{C\omega}$

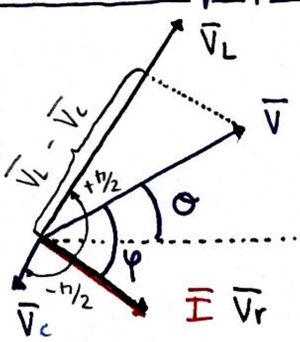
react. inductiva $\quad$ ↳ react. capacitiva

$I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}} = \frac{V_0}{Z} \qquad \text{tg}\,\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$

VALORS ANTERIORS AMB COMPLEXOS

$\overline{V(t)} = \underbrace{V_0 \cdot e^{j\theta}}_{\text{FASOR}} \cdot e^{j\omega t} = \bar{V} \cdot e^{j\omega t}, \quad \overline{I(t)} = \bar{I} \cdot e^{j\omega t} \Rightarrow \bar{V} = \bar{V}_R + \bar{V}_L + \bar{V}_C$

• Representació gràfica :



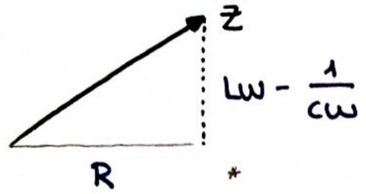
$V = \sqrt{V_r^2 + (V_L - V_C)^2} \qquad V = I_0 \cdot Z$

$\text{tg}\,\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$

$X_L > X_C \rightarrow \varphi > 0$

$X_L < X_C \rightarrow \varphi < 0$

· Impedància complexa : $\bar{Z} = \dfrac{\bar{V}}{\bar{I}} \rightarrow \bar{Z} = \dfrac{V_0}{I_0} \cdot e^{j\varphi}$



$\rightarrow \bar{Z} = R + \left(L\omega - \dfrac{1}{C\omega}\right) j$

CIRCUITS DE CORRENT ALTERN (passos a seguir)

① $V(t) = V_0 \cos(\omega t + \theta) \rightarrow \bar{V} = V_0 \cdot e^{j\theta}$

② $\bar{Z} = Z \cdot e^{j\varphi} \rightarrow \bar{Z} = R + Xj \rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \dfrac{X}{R}$

③ Llei d'Ohm per corrent altern.

$\bar{I} = \dfrac{\bar{V}}{Z} \rightarrow \bar{I} = \dfrac{V_0}{Z} \cdot e^{j(\theta - \varphi)} \rightarrow I_0 = \dfrac{V_0}{Z}$

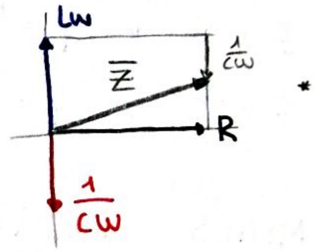
$I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t + \theta - \varphi)$

- $\varphi > 0 \rightarrow$ I retard. V
- $\varphi < 0 \rightarrow$ I avanç. V
- $\varphi = 0 \rightarrow$ I en fase amb V

* $\bar{Z}_R = R$ (impedància real) $\rightarrow R_{\angle 0}$

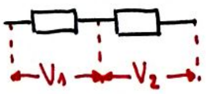
$\bar{Z}_L = L\omega j \rightarrow L\omega_{\angle \pi/2}$

$\bar{Z}_C = -\dfrac{1}{C\omega} j \rightarrow \dfrac{1}{C\omega}{}_{\angle -\pi/2}$



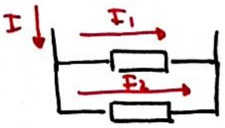
ASSOCIACIÓ D'IMPEDÀNCIES

· En sèrie: $\bar{V} = \bar{V}_1 + \bar{V}_2 = \bar{Z}_1 \cdot I + \bar{Z}_2 \cdot I$



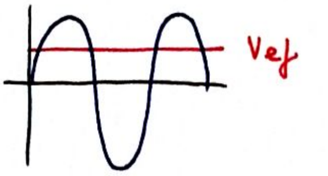
$\boxed{\bar{Z}_{eq} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \rightarrow \bar{V} = \bar{Z}_{eq} \cdot I$

· En paral·lel $\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = \dfrac{\bar{V}}{Z_1} + \dfrac{\bar{V}}{Z_2} = \dfrac{\bar{V}}{\bar{Z}_{eq}}$



$$\boxed{\bar{Z}_{eq} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{\bar{Z}_1} + \dfrac{1}{\bar{Z}_2}}}$$

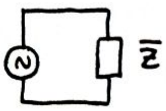
VALOR EFICAÇ



$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \theta)$$

$$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \rightarrow I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

POTÈNCIA EN CORRENT ALTERN



$$\left.\begin{aligned} V(t) &= V_0 \cos(\omega t + \theta) \\ I(t) &= I_0 \cos(\omega t + \theta - \varphi) \\ \bar{Z} &= Z_0 \cdot e^{j\varphi} \end{aligned}\right\}$$

$$P(t) = V(t) \cdot I(t)$$

$$P(t) = \frac{V_0 \cdot I_0}{2} \cdot (\cos\varphi + \cos(2\omega t + 2\theta - \varphi))$$

$\boxed{P = V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos\varphi}$ P. Activa (W)

$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ (factor de potència)

- Només es dissipa potència a les resistències:

$\bar{Z} = R \rightarrow \varphi = 0 \rightarrow P = V_{ef} \cdot I_{ef}$

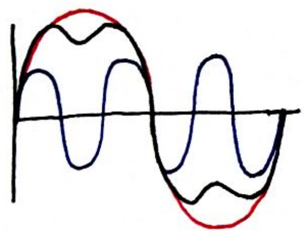
$\bar{Z} = L \rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} \rightarrow P = 0$

$\bar{Z} = C \rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2} \rightarrow P = 0$

$\boxed{S = V_{ef} \cdot I_{ef}}$ P. Aparent (V·A)

$\boxed{Q = \sqrt{S^2 - P^2}}$ P. Reactiva (VAr)

SENYALS PERIÒDICS



$$\left.\begin{aligned} s(t) &= \sin \omega t \\ s(t) &= \tfrac{1}{3} \sin 3\omega t \\ s(t) &= \sin \omega t + \tfrac{1}{3} \sin 3\omega t \end{aligned}\right\}$$

En fer la suma veiem com s'aproxima a un senyal quadrat.

SÈRIES DE FOURIER

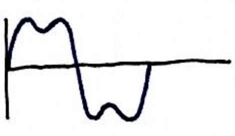
Tota funció periòdica es pot escriure:

$$V(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n \cdot \omega_0 \cdot t + \alpha_n) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sin(n \cdot \omega_0 \cdot t + \beta_n)$$

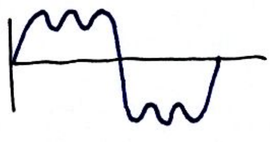
$V(t) = V(-t) \rightarrow B_n = 0$ i $\alpha_n = 0, \pi$

$V(t) = -V(-t) \rightarrow A_n = 0$ i $\beta_n = 0, \pi$

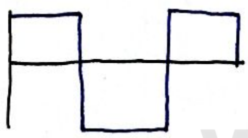
- Exemples



2 termes



3 termes



∞ termes

SENYAL QUADRAT

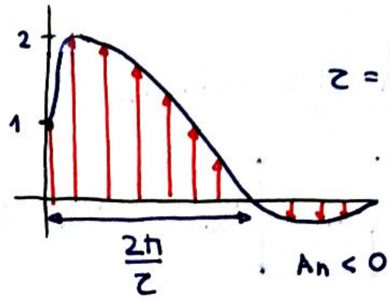
- Si $V(t) = V(-t) \rightarrow B_n = 0$ $\qquad A_0 = \frac{V}{2} \qquad A_n = \frac{2V}{n\cdot\pi}\cdot \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right)$

↳ Desenv. de Fourier:

$$V(t) = \frac{V}{2} + \frac{2V}{\pi}\cos(\omega_0\cdot t) - \frac{2V}{3\pi}\cos(3\omega_0 t) + \dots = \frac{V}{2} + \frac{2V}{\pi}\cos(\omega t) + \frac{2V}{3\pi}\cos(3\omega_0 t + \pi)$$

SUCCESSIÓ DE POLSOS

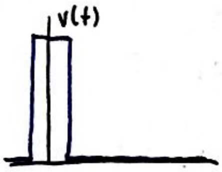
$$A_0 = \frac{V\cdot\tau}{T} \qquad A_n = \frac{2V\tau}{T}\cdot\frac{\sin\left(\frac{n\omega_0\tau}{2}\right)}{\left(\frac{n\omega_0\tau}{2}\right)}$$



$\tau = \frac{T}{10}$

. $A_n < 0$

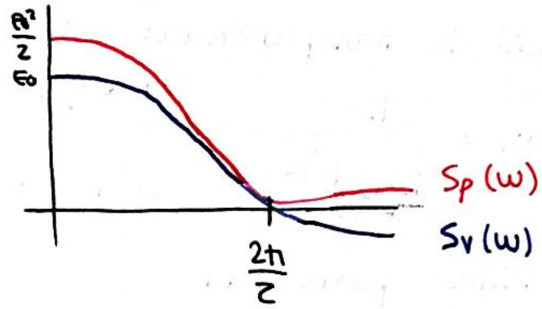
UN ÚNIC POLS (Transmissió)



$T \rightarrow \infty \qquad n\cdot\omega_0 \rightarrow \infty$

$$A(\omega) = E_0\,\frac{\sin\left(\frac{\omega\tau}{2}\right)}{\left(\frac{\omega\tau}{2}\right)}$$

$E_0 = 2V\tau$



Espectre de freqüències de l'energia d'un pols.

TRANSMISSIÓ D'UN SENYAL

- Amplada de banda (BW)

$\omega = 2\pi/\tau \qquad \tau = \text{amplada polsos} \rightarrow \boxed{BW = \frac{1}{\tau}}$ (Hz)

- Velocitat de transmissió (V_t)

$1 \text{ bit} \rightarrow 2\tau \quad \Rightarrow \boxed{V_t = \frac{1}{2\tau}}$ (baud) $\frac{\text{bit}}{\text{s}}$

FÍSICA TEMA 3. ELÈCTRÒNICA I PORTES LÒGIQUES. FORMULARI

· Díodes

$\boxed{V_\gamma = V_p - V_n}$

· Díode zener

$\boxed{V_p - V_n > V_z} \rightarrow I \neq 0$

Circuit lim. tensió:

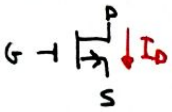
$\boxed{\varepsilon_{th} \geq V_z}$ → R fora

$\boxed{\varepsilon_{min} = V_z \cdot \frac{R + R_c}{R_c}}$ → R en par.

$$P_z = V_z \cdot I_z \rightarrow \varepsilon \cdot I = R \cdot I^2 + R_c \cdot I_c^2 + V_z \cdot I_z$$

· Transistors

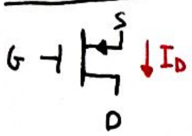
N-MOS:



1) $V_{GS} \leq V_t$ (V_t en N-MOS és > 0) → $I_D = 0$ → OFF
2) $V_{GS} > V_t$ i $V_{DS} < V_{GS} - V_t$ → Regió òhmica
3) $V_{GS} > V_t$ i $V_{DS} > V_{GS} - V_t$ → Regió Saturació (I ct.)

(V_{DS} molt petit) $r_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D}$

P-MOS:



1) $V_{GS} \geq V_t$ (V_t en P-MOS és < 0) → $I_D = 0$ → OFF
2) $V_{GS} < V_t$ i $V_{DS} > V_{GS} - V_t$ → Regió òhmica
3) $V_{GS} < V_t$ i $V_{DS} < V_{GS} - V_t$ → Regió Saturació (I ct.)

↳ Intensitats: R. Òhmica → $I_D = \beta \left[V_{DS}(V_{GS} - V_t) - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$

R. Saturació → $I_D = \frac{\beta}{2}(V_{GS} - V_t)^2$

↳ Portes lògiques: P-MOS: $\begin{cases} 5V \rightarrow OFF \\ 0V \rightarrow ON \end{cases}$ N-MOS: $\begin{cases} 5V \rightarrow ON \\ 0V \rightarrow OFF \end{cases}$

C-MOS:

3 estats dif: ① N sat, P òhm ② N sat, P sat ③ N òhm, P sat

* $V_{GS}^N \leq V_t$ → N en TALL ; $V_{GS}^P \geq V_t$ → P en TALL
* $V_o < V_i - V_t$ → N en ÒHM ; $V_o > V_i - V_t$ → P en ÒHM

$\left.\right\}$ $V_{DS}^N = V_o$, $V_{GS}^N = V_i$

· Retard i potència

$$t_{PHL} = 1'7 \cdot \frac{C}{V_{DD} \cdot \beta_N}, \quad t_{PLH} = 1'7 \cdot \frac{C}{V_{DD} \cdot \beta_P} \rightarrow t_p = \frac{T_{PHL} + T_{PLH}}{2}$$

$V(t) = V_{DD} \cdot e^{-t/\tau}$ (Descàrrega) $V(t) = V_{DD}(1 - e^{-t/\tau})$ (Càrrega) $\boxed{t_p = \tau \cdot \ln 2}$

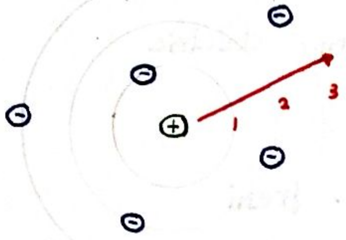
$\boxed{P = V_{DD}^2 \cdot C \cdot f}$ $C = \frac{Q}{\Delta V} \rightarrow Q = C \cdot \frac{V_{DD}}{2}$

$\boxed{DP = P \cdot t_p}$ (Energia consumida en un cicle)

FÍSICA. TEMA 3. ELECTRÒNICA I PORTES LÒGIQUES

ESTRUCTURA ELECTRÒNICA DELS ÀTOMS

· Model atòmic de Bohr :



$E_3 > E_2 > E_1$

Emissió 1 fotó:

$$\boxed{\Delta E = h \cdot f}$$

· Nivells electr. quantitzats
↳ Menor energia ⇒ Més proper al Nucl.

· Schrödinger → Orbitals

· Principi d'exclusió de Pauli (un el. no pot estar en dos llocs alhora)

TEORIA DE LA CONDUCCIÓ

· Semiconductors intrínsecs → Silici (Si), Germani (Ge)

- conducció per forats a la banda de valència

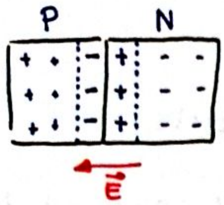
↳ Presenten problemes amb la temperatura. Solució? DOPAR-LOS.

· Semiconductors extrínsecs → Bor (B), Antimoni (Sb)

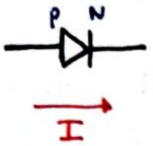
- Amb el Si i el Ge, el que passava era que els faltava un electró a la capa de valència per estar estables. Ara, amb l'antimoni, en té un de més, (↱ 5 electr. última capa) i estarà estable quan s'alliberi un electró.
I amb el bor, que en té un de menys, (↱ 3 electr. última capa) estarà estable quan en rebi un.

- Sb → Semiconductor tipus N (ric en electrons)
  B → Semiconductor tipus P (ric en "forats")

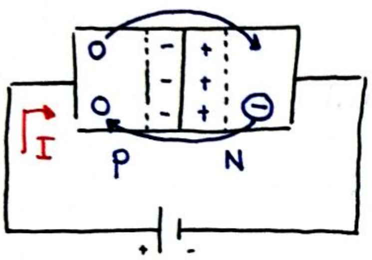
DÍODE D'UNIÓ P-N



- Quan posem en contacte els dos semiconductors, els electrons tendiran a omplir els "forats".
- Aquest moviment crearà un camp elèctric a la regió central que:
  - Farà que el mov. dels el. freni
  - Crearà una diferencia de potencial.

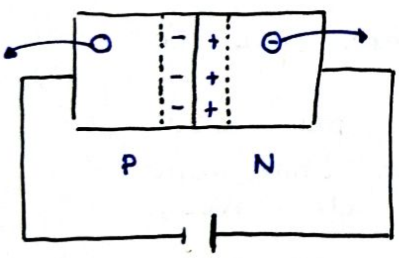


POLARITZACIÓ DIRECTA



→ Hi haurà forats capaços d'atravessar la unió i contribuir al corrent del circuit. Els electrons es mouen en sentit oposat al corrent. → Hi HA $\underline{\underline{I}}$

POLARITZACIÓ INVERSA

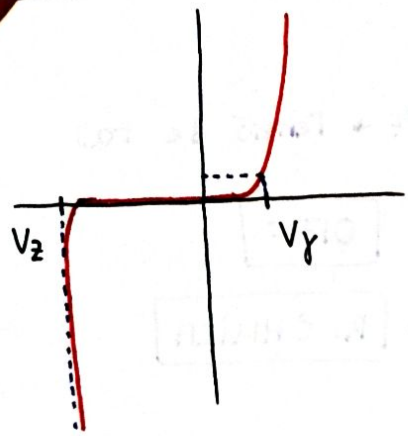


→ D'aquesta manera es van acumulant "forats" i electrons. Hi haurà un corrent molt petit, però es considerarà com si fos un interruptor obert → $I = 0$

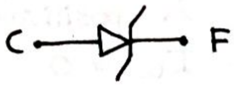
DÍODE LED (Light Emitting Diode)

- La diferència d'energia que es produeix en la recombinació dels electrons en alguns materials es transforma en llum.
- Propietats:
  - Baixa potència
  - Temps de resposta curt
  - Llarga vida
  - Amplia gamma de colors
  - Llum divergent i incoherent.

DIODE ZENER



El diode zener, polaritzat inversament, actua com a limitador de tensió.

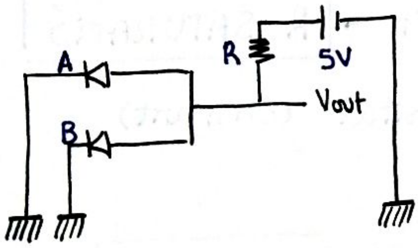


$V_F - V_C \leq V_Z \rightarrow$ No condueix $\rightarrow$ Interruptor obert.

$V_F - V_C > V_Z \rightarrow$ condueix $\rightarrow I_Z \neq 0$

* PORTES LÒGIQUES (Amb diodes)

$\begin{cases} 0V \rightarrow 0 \\ 5V \rightarrow 1 \end{cases}$

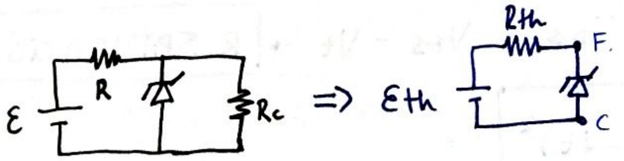


- Polarittació inversa $\rightarrow I = 0$
- Polarització directa $\rightarrow I \neq 0 \rightarrow V_p - V_n = V_\gamma$

↳ Exemple de porta AND

A	B	V_A	V_B	A	B	I	Vout	OUT
0	0	0V	0V	P.D.	P.D.	$I \neq 0$	$V_\gamma = 0'7V$	0
0	1	0V	5V	P.D.	P.I.	$I \neq 0$	$V_\gamma = 0'7V$	0
1	0	5V	0V	P.I.	P.D.	$I \neq 0$	$V_\gamma = 0'7V$	0
1	1	5V	5V	P.I.	P.I.	$I = 0$	5V	1

* Circuit limitador de tensió



$$\varepsilon_{th} = R_c \cdot \frac{\varepsilon}{R + R_c}$$

$$\varepsilon_{th} \geq V_Z$$

$$\left.\right\} \quad \varepsilon \geq V_Z \cdot \frac{R + R_c}{R_c}$$

<u>Potència dissipada</u>:

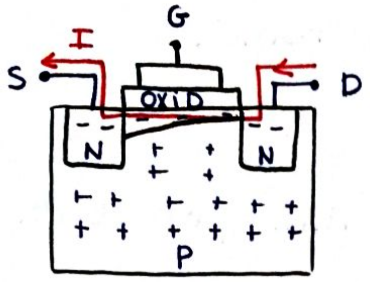
$$P_Z = V_Z \cdot I_Z$$

$$\varepsilon \cdot I = R \cdot I^2 + R_c \cdot I_c^2 + V_Z \cdot I_Z$$

$$\varepsilon_{min\,z} = V_Z \cdot \frac{R + R_c}{R_c}$$

TRANSISTORS.

TRANSISTOR N-MOS



S → Font , D → Drenador , V_t → Tensió de tall

→ Aquí és positiva

① $V_{GS} \leq V_t \rightarrow I_D = 0 \rightarrow$ **OFF**

② $V_{GS} > V_t$ i $V_{GD} > V_t \rightarrow$ **R. ÒHMICA**

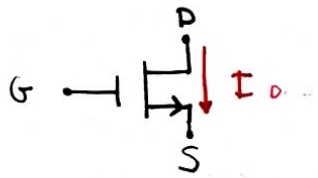
$$\boxed{I_D = \beta\left[V_{DS}(V_{GS}-V_t) - \frac{V_{DS}^2}{2}\right]}$$

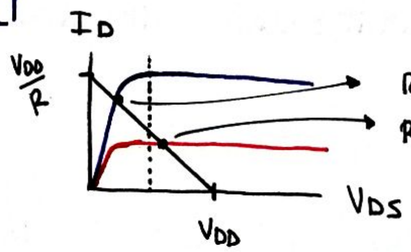
$$\begin{cases} V_{DS} = 0 \rightarrow I_D = 0 \\ V_{DS} > 0 \rightarrow 0 < V_{DS} < V_{GS} - V_t \end{cases}$$

③ $V_{DS} > V_{GS} - V_t \rightarrow V_{GD} < V_T \rightarrow$ **R. SATURACIÓ**

$$\boxed{I_D = \beta\,(V_{GS}-V_t)^2/2}$$

(Intensitat constant)



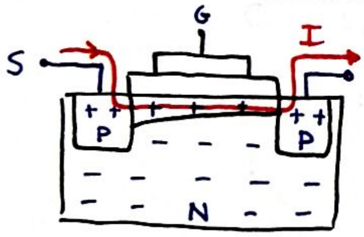


$$\boxed{r_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D}}$$

↳ Quan V_{DS} sigui petit i es pugui ignorar

TRANSISTOR P-MOS

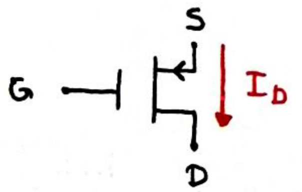
→ Aquí és negativa.



① $V_{GS} \geq V_t \rightarrow I_D = 0 \rightarrow$ **OFF**

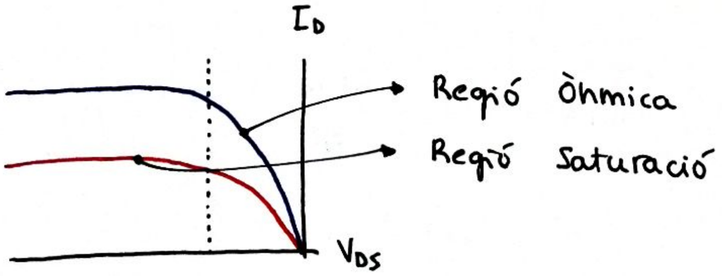
② $V_{GS} < V_t$ i $V_{DS} > V_{GS} - V_t \rightarrow$ **R. ÒHMICA**

$$\boxed{I_D = \beta \cdot \left[(V_{GS}-V_t)\cdot V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2}\right]}$$



③ $V_{GS} < V_t$ i $V_{DS} < V_{GS} - V_t \rightarrow$ **R. SATURACIÓ**

$$\boxed{I_D = \frac{\beta}{2}(V_{GS}-V_t)^2}$$

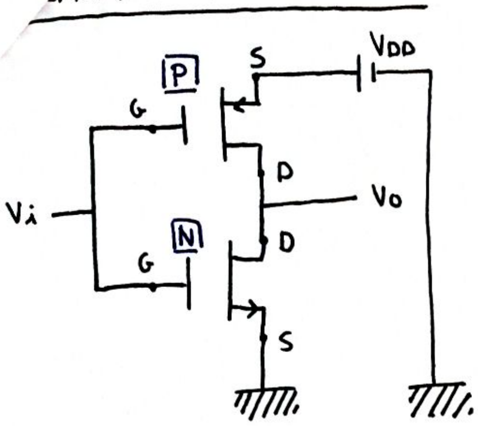


- Portes lògiques:

$$T.P \begin{cases} 5V \rightarrow OFF \\ 0V \rightarrow ON \end{cases}$$

$$T.N \begin{cases} 5V \rightarrow ON \\ 0V \rightarrow OFF \end{cases}$$

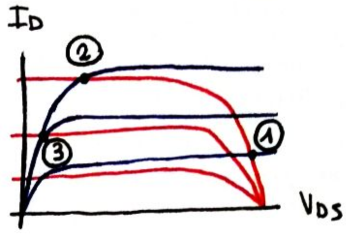
[T]RANSISTOR C-MOS



→ N-MOS: $V_{GS}^N = V_i$ $\quad V_{DS}^N = V_o$

→ P-MOS: $V_{GS}^P = V_i - V_{DD}$

$V_{DS}^P = V_o - V_{DD}$ → $\boxed{V_{DS}^N = V_{DS}^P + V_{DD}}$



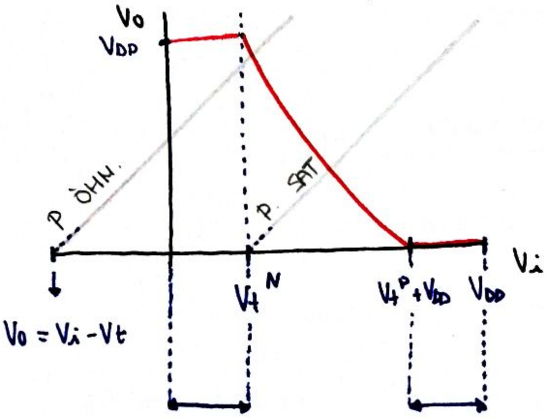
P-MOS
N-MOS

① → N saturació, P òhmica

② → N saturació, P saturació

③ → N òhmica, P saturació

· Corba de transparència:



N tall
↓
$I_D^N = 0$

P tall
↓
$I_D^P = 0$

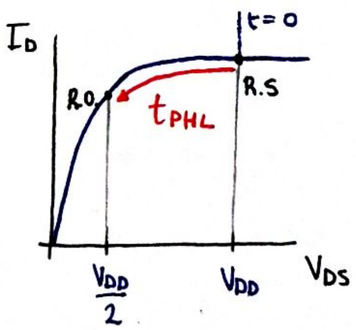
→ $V_{GS}^N \leq V_t$ → tall → $V_i \leq V_t^N$ → TALL (N-MOS)
$V_{GS}^N = V_i$

→ $V_{GS}^P \geq V_t$ → tall → $V_i \geq V_t^P + V_{DD}$ → TALL (P-MOS)
$V_{GS}^P = V_i - V_{DD}$

→ $V_{DS}^N < V_{GS}^N - V_t$ → R. ÒHMICA (N-MOS)
$V_o < V_i - V_t$

→ $V_{DS}^P > V_{GS}^P - V_t$ → R. ÒHMICA (P-MOS)
$V_o > V_i - V_t$

RETARD I POTÈNCIA



t_{PHL}: temps propagació "High to Low"

$$\boxed{t_{PHL} = 1'7 \cdot \frac{C}{V_{DD} \cdot \beta_N}} \qquad \boxed{t_{PLH} = 1'7 \cdot \frac{C}{V_{DD} \cdot \beta_P}}$$

↳ Es diu que el T_p és $T_p = \frac{t_{PHL} + t_{PLH}}{2}$

Descàrrega ← $\boxed{V(t) = V_{DD} \cdot e^{-t/\tau}}$ $\quad \boxed{t_p = \tau \cdot \ln 2}$

$\boxed{V(t) = V_{DD} \cdot (1 - e^{-t/\tau})}$ → càrrega

Potència:

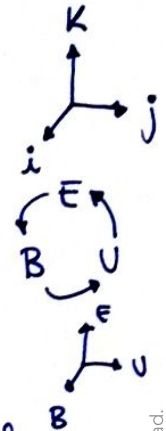
$\boxed{P = V_{DD}^2 \cdot C \cdot f}$ $\quad \boxed{DP = P \cdot T_p}$ (pJ)

↳ Energia consumida en un cicle pel transistor.

T4. ONES. FORMULARI

Ones harmòniques $y(x,t) = A \sin(kx \pm \omega t + \varphi)$ — $+$ va cap a l'esquerra; $-$ va cap a la dreta

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (m^{-1}) $\quad T = \frac{\lambda}{v}$ (s) $\rightarrow$ $v = \lambda \cdot f$ (m/s) $\quad \omega = 2\pi f$



Ones electromagnètiques $c = \lambda \cdot f$ (ones electr.)

$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ $\quad \varepsilon_0 = 8'84 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m}$ $\quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$

$E_0 = B_0 \cdot C_0$ $\quad \vec{E} = c(\vec{B} \times \vec{v})$

$\vec{v} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{|\vec{E} \times \vec{B}|}$ $\rightarrow$ $\vec{B} = \frac{1}{c}(\vec{v} \times \vec{E})$

$\vec{E}(x,t) = \vec{E_0} \sin(kx \pm \omega t + \varphi) \left(\frac{V}{m}\right)$ Camp elèctric

$\vec{B}(x,t) = \vec{B_0} \sin(kx \pm \omega t + \varphi)$ (T) Camp magnètic

$E_f = h \cdot f$

$h = 6'63 \cdot 10^{-34}$ J·s

$\hookrightarrow$ E 1 fotó

Ones esfèriques $P = E_f \cdot$ fotons/s $\quad$ $\hookrightarrow$ A_i es pot subst. per E_i

$I = \frac{P}{S}$, on $S = 4\pi r^2$ (sup esf) $\quad \frac{A_1}{A_2} = \frac{r_2}{r_1}$, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ $\quad S = \frac{E \cdot B}{\mu_0}$

$\eta_E = \frac{\varepsilon_0 \cdot E^2}{2} = \eta_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$ $\quad I = c \cdot \eta \rightarrow I_E = \frac{\varepsilon_0 \cdot E^2 \cdot c}{2}$, $I_B = \frac{c \cdot B^2}{2\mu_0}$

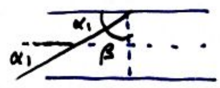
Vector Poyting $\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}$, $I = \langle |\vec{S}| \rangle = \frac{I_0}{2}$, $\langle \eta \rangle = \frac{I}{c} = \frac{\langle |\vec{S}| \rangle}{c}$

Polarització

$I_1 = \frac{I_0}{2}$, $I_n = I_{n-1} \cdot \cos^2\theta$ $\quad E_{ef} = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$ $\quad B_{ef} = \frac{B_0}{\sqrt{2}}$ $\quad \hookrightarrow \langle I \rangle = \frac{E \cdot B}{2\mu_0}$

Reflexió i refracció. reflex $\alpha_1 = \alpha_r$ $\quad$ fibr. òptiques $\beta \geq \alpha_c$

refracció $n_1 \cdot \sin\alpha_1 = n_2 \cdot \sin\alpha_2$, $\sin\alpha_c = \frac{n_2}{n_1}$



$\beta = 90 - \alpha_1$

Interferències: $2A \cos\frac{k \cdot \Delta x}{2}$ pot variar

Constructiva $\rightarrow$ $k \cdot \Delta x = 2\pi \cdot n \rightarrow \Delta x = \lambda \cdot n$

Destructiva $\rightarrow$ $k \cdot \Delta x = \pi \cdot (2n+1) \rightarrow \Delta x = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$

Exp. Young

$d = \frac{1}{N lin}$ $\quad d = \frac{\lambda \cdot \sqrt{\Delta x^2 + D^2}}{\Delta x}$

$\sin\varphi = \frac{\Delta y}{D}$

Memòries òptiques

$\left.\begin{aligned} v_p &= \frac{c}{n_p} \\ \lambda_p &= \frac{\lambda}{n_p} \end{aligned}\right\} d = \frac{\lambda}{4}$

Podem observar la d quan hi ha Int. Destr.

$k \cdot \Delta x = \pi$, on $\Delta x = 2d$ i $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

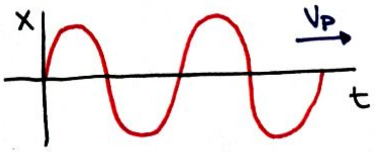
$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2d = \pi \rightarrow d = \frac{\lambda}{4}$

TEMA 4. ONES

TIPUS D'ONES. FUNCIÓ D'ONES

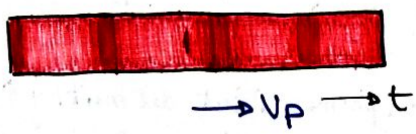
Ona: pertorbació que es propaga que no implica transport de massa, sinó d'energia i quantitat de moviment.

Ones transversals: Moviment perp. a la velocitat de propagació.



$$y(x,t) = y_{max} \cdot \sin(kx - \omega t - \phi)$$

Ones longitudinals: Moviment paral·lel a la velocitat de prop.



$$X_i(t) = X_{ieq} + S_0 \cdot \cos(\omega t - kx + \phi)$$

* No hem treballat amb aquestes.

Ones combinades: Es propaguen tant verticalment com horitzontalment.

$$x = x_{eq} + A\cos(\omega t - kx_{eq}) \qquad y = A\sin(\omega t - kx_{eq})$$

Superfície / front d'ona: Conjunt de punts on l'ona arriba simultàniament

Classificació:
- Mecàniques → Necessiten medi i la propag. varia en aquest
- Electromagnètiques → No Nec. Medi, associades a un camp elèctric ($\vec{E}$) i a un camp magnètic ($\vec{B}$), ones transv.

Funcions d'ona: Poden propagar-se cap a la dreta o cap a l'esq.:

Dreta → $(x - vt)$; Esquerra $(x + vt)$

Equació d'ona:

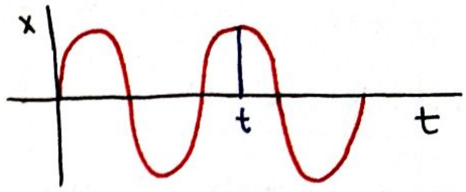
$$\frac{\partial^2 y}{\partial^2 x} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial y}{\partial t}$$

v = Vel. prop. ona

ONES HARMÒNIQUES

$$\boxed{y(x,t) = \underbrace{A}_{\text{Amplitud}} \underbrace{\sin\left(k(x - vt) + \phi\right)}_{\text{FASE}}}$$

ϕ → Fase inicial

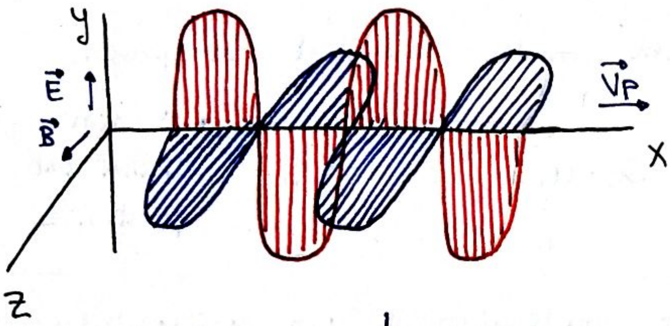


$t = 0;$	$t = t;$
$\phi = 0;$	$k(x - vt) = \pi/4;$
$A = 0;$	$A = A$

$\boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda} \ (m^{-1})}$ → Nombre d'ones

$\boxed{T = \frac{\lambda}{v} \ (s)}$ $\boxed{f = \frac{1}{T} \ (Hz)}$ → $\boxed{v = \lambda \cdot f}$

ONES ELECTROMAGNÈTIQUES



Camp elèctric Camp magnètic

Vel. prop (en el buit) = $3 \cdot 10^8 \ m/s = c$

Pq ?

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0}} \quad \begin{cases} \varepsilon_0 \text{ (permeabilitat del buit)} = 8'85 \cdot 10^{-12} \ \frac{C^2}{N \cdot m^2} \\ \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \ \frac{T \cdot m}{A} \end{cases}$$

→ $v \simeq 3 \cdot 10^8 \ m/s = c$

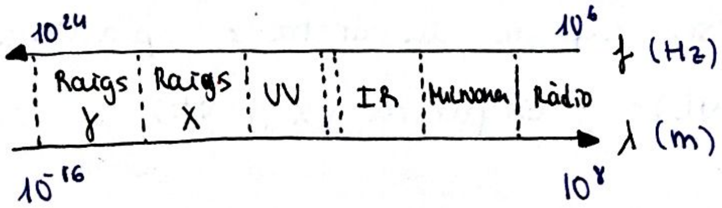
$\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{V_p}$

$\boxed{E = B \cdot C}$ → E: Mòdul C. El.
B: Mòdul C. Mag. → PRODUCTE VECTORIAL (Quan agafem el vector sencer)
C: Mòdul $V_p = c$

$\boxed{\vec{U} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{|\vec{E} \times \vec{B}|}}$ ($\vec{U}$ vector unitari)

$\boxed{\vec{E} = c(\vec{B} \times \vec{U})}$ $\boxed{\vec{B} = \frac{1}{c}(\vec{E} \times \vec{U})}$

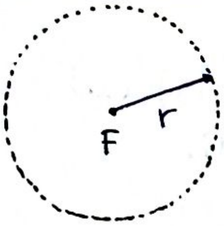
Espectre electromagnètic



$\boxed{c = \lambda \cdot f}$

$\boxed{E = h \cdot f}$ $h = 6'63 \cdot 10^{-34} \ J \cdot s$

Ona esfèriques, F = Focus, r = radi.



Intensitat de la ona $\boxed{I = \dfrac{P}{4\pi r^2}}$ W/m^2

Densitat d'energia: η_E (Dens. en. camp Elèctric)

η_B (Dens. en. camp Magnètic)

• Rel. entre η_E i η_B?

$$\frac{1}{c^2} = \varepsilon_0 \cdot \mu_0$$

$$\eta_E = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot E \cdot B \cdot c \cdot \frac{\mu_0}{\mu_0}$$

$$\frac{E}{c} = B$$

$$= \frac{1}{2\cancel{c^2}} \cdot E \cdot B \cdot \cancel{c} \cdot \frac{1}{\mu_0}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0} = \eta_B \rightarrow \eta_E = \eta_B \longrightarrow \boxed{\eta = \frac{E \cdot B}{c \cdot \mu_0}} \; J/m^3$$

$\eta = \eta_E + \eta_B$

$$\eta_E = \frac{\varepsilon_0 \cdot E^2}{2} \quad J/m^3$$

$$\eta_B = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad J/m^3$$

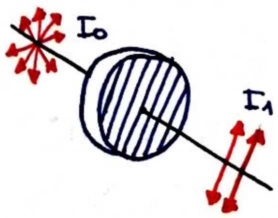
• Vector de Poynting

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Mateixa direcció que } \vec{v} \\ J/m^3 \cdot m/s = J/s \cdot 1/m^2 = \frac{W}{m^2} \end{array} \right) \rightarrow \text{Mateixes unitats que la } I$$

$$I = \langle |\vec{S}| \rangle \qquad \langle \eta \rangle = \frac{I}{c} = \frac{\langle |\vec{S}| \rangle}{c}$$

POLARITZACIÓ

• Absorció: Llum natural: $\phi = 0 .... 2\pi$ Llum lin. polaritzada: ϕ = constant



$$I_0 = \left\langle \frac{EB}{\mu_0} \right\rangle = \left\langle \frac{E^2}{c\mu_0} \right\rangle \qquad I_1 = \left\langle \frac{E^2}{2c\mu_0} \right\rangle \rightarrow \boxed{I_1 = \frac{I_0}{2}}$$

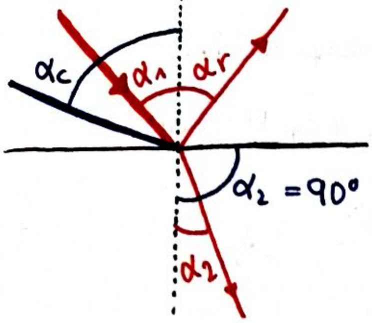
↳ En el pas de llum natural a polaritzada, la I es redueix a la meitat. A partir d'aquí, $\boxed{I_n = I_{n-1} \cdot \cos\theta}$, on θ és la dif d'angle de la polarització.

Cristall líquid i LCD:

Llum làser:

REFLEXIÓ I REFRACCIÓ. FIBRES ÒPTIQUES

Velocitat de propagació en un medi: $v_n = \dfrac{c}{n}$, n = índex refracció del medi.



n_1

n_2

$\underline{\alpha_1}$: angle incid.

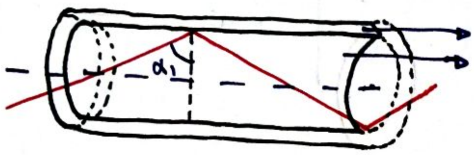
$\underline{\alpha_2}$: angle refractat

$\underline{\alpha_r}$: angle reflectat $\rightarrow \alpha_1 = \alpha_r$

Llei Snell: $\boxed{n_1 \cdot \sin(\alpha_1) = n_2 \cdot \sin(\alpha_2)}$

$\underline{\alpha_1 \geq \alpha_c}$ → Reflexió total interna $\underline{\alpha_c}$: És l'α tq. $\alpha_1 = 90°$ $\Rightarrow$ $\boxed{\sin \alpha_c = \dfrac{n_2}{n_1}}$

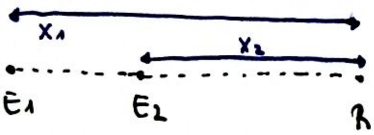
• Fibres òptiques



$\left.\begin{matrix} n_2 \\ n_1 \end{matrix}\right\}$ $n_2 > n_1$ perquè faci una correcta reflexió

$\alpha_1 \geq \alpha_c \rightarrow \sin \alpha_c = \dfrac{n_2}{n_1}$

INTERFERÈNCIES



$\psi_1 = A \sin(kx_1 - \omega t)$ $\psi_2 = A \sin(kx_2 - \omega t)$

$$\psi_1 + \psi_2 = \underbrace{2A \cos \frac{k(x_1 - x_2)}{2}}_{A_T} \cdot \underbrace{\sin\left(\frac{k \cdot (x_1 - x_2)}{2} - \omega t\right)}_{\text{constant}}$$

A varia en funció de Δx

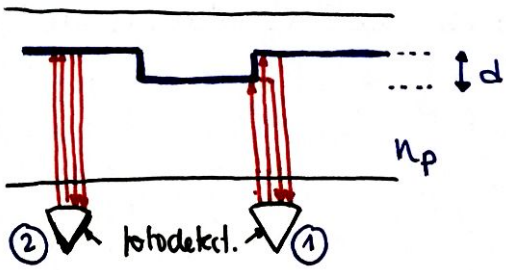
$|A_T| = 2A$: Interf. constructiva

$\boxed{\Delta x = \lambda \cdot n}$ $n \in \mathbb{Z}$ $\rightarrow$ $k \cdot \Delta x = 2\pi \cdot n$ $(n=0) \rightarrow k \cdot \Delta x = 0$ *

$|A_T| = 0$: Interf. destructiva

$\boxed{\Delta x = (2n+1) \cdot \dfrac{\lambda}{2}}$ $n \in \mathbb{Z}$ $\rightarrow$ $k \cdot \Delta x = (2n+1) \cdot \pi$ $(n=0) \rightarrow k \cdot \Delta x = \pi$*

MEMÒRIES ÒPTIQUES



① I. Destructiva perquè $\Delta x = 2d$

$\lambda = 750 nm$ (llum I.R) $n_p = 1'5$

$v_p = \dfrac{c}{n_p}$, $\lambda_p = \dfrac{\lambda}{n_p}$ $\Rightarrow$ $d = \dfrac{\lambda}{4 n_p} = \dfrac{\lambda \cdot \cancel{n_p}}{4 \cancel{n_p}}$

$\boxed{d = \dfrac{\lambda}{4}}$; A més $k \cdot \Delta x = \pi^*$ (Int. destruct.)

$\dfrac{2\cancel{\pi}}{\lambda} \cdot 2d = \cancel{\pi}$

$\rightarrow \boxed{d = \dfrac{\lambda}{4}}$

② I. constructiva perquè $\Delta x = 0$

$k \cdot \Delta x = 0$ ✓ *