

## 0.1 Condensadors

Capacitat  $\varepsilon\varepsilon_0 A/d$

Càrrega  $q = CV$

Energia electroestàtica:

$$W = E = \frac{1}{2}CV_C^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

Nombre d'Avogadro:

$$N_A = 6,22 \times 10^{23}$$

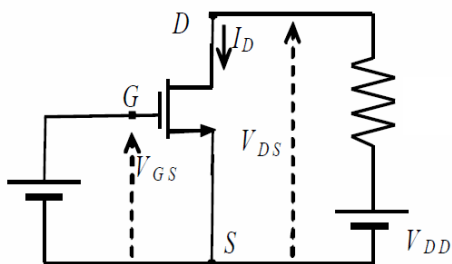
Eq. de Shockley:  $I = I_0 \left( e^{\frac{V}{\eta V_T}} - 1 \right)$

$$V_T = \frac{k_B T}{e}, \eta \approx 1$$

Eq. de Plank:  $E = h\nu$

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ [Js]}$$

## 1 Transistors



### 1.1 Transistors NMOS

if  $(V_{GS} > V_T)$

if  $(V_{DS} > V_{GS} - V_T)$  (1)

else (2)

else (3)

(1) zona de saturació:

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

(2) zona lineal (òhmica):

$$\beta \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

(3) zona de tall:  $I_D = 0$

### 1.2 Transistors PMOS

if  $(V_{GS} < V_T)$

if  $(V_{DS} < V_{GS} - V_T)$  (1)

else (2)

else (3)

(1) zona de saturació:

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

(2) zona lineal (òhmica):

$$\beta \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

(3) zona de tall:  $I_D = 0$

## 2 Retras i potència en circuits digitals

Interruptor de:

càrrega  $C \approx 1[F]$

tensió d'alimentació  $V_{DD}$

relació d'activitat  $p$

corrent  $I$

clock  $f_C$

Potència dinàmica de càrrega:

$$P_{\text{dinàmica}} = p f_C C V_{DD}^2$$

Potència estàtica:  $P_{\text{estàtica}} = I V_{DD}$

Potència dissipada:

$$P = P_{\text{dinàmica}} + P_{\text{estàtica}}$$

Energia de commutació:

$$E = C V_{DD}^2 + \frac{I V_{DD}}{p f_C}$$

## 3 Circuits RC

Càrrega:  $q(t) = VC \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_C}} \right)$ ,

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{\tau_C}}$$

Descàrrega:  $q(t) = VC e^{-\frac{t}{\tau_C}}$ ,

$$I(t) = -\frac{V}{R} e^{-\frac{t}{\tau_C}}$$

$$\tau_C = RC$$

### 3.1 Condensadors

Capacitat  $\varepsilon\varepsilon_0 A/d$

Càrrega  $q = CV$

Energia electroestàtica:

$$W = E = \frac{1}{2}CV_C^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

## 4 Circuits RL

Càrrega:  $I(t) = \frac{\varepsilon}{R_{\text{est}}} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_L}} \right)$

Descàrrega:  $I(t) = \frac{V}{R_{\text{est}}} e^{-\frac{t}{\tau_L}}$

$$\tau_L = \frac{L}{R}, R_{\text{est}} = R + r$$

### 4.1 Solenoides

Energia  $U = \frac{1}{2}LI^2$

Flux:  $\Phi = NBS = \frac{\mu_0 N^2 SI}{l}$

Coefficient d'autoinducció:

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$$

$$\varepsilon_L = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

## 5 Corrent alterna

f.e.m. alterna:

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t + \varphi), T = \frac{2\pi}{\omega},$$

$$I(t) = \frac{V(t)}{R} = \frac{V_0}{R} \cos(\omega t + \varphi) =$$

$$I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Flux:  $\Phi = BSN \cos(\omega t + \theta)$ ,  $B$

camp magnètic

Llei Faraday:  $\varepsilon(t) = V_0 \sin(\omega t + \theta_0)$

Voltatge eficaç:  $V_{\text{ef}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

Intensitat eficaç:  $I_{\text{ef}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

### 5.1 Circuit amb condensador

Voltatge:  $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$

Intensitat:

$$I(t) = -V_0 \omega C \sin(\omega t) = -I_0 \sin(\omega t)$$

$$= I_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \text{ (desfase de } -\frac{\pi}{2})$$

$$V(t) = V_0 e^{i\omega t},$$

$$\implies I(t) = V_0 i \omega C e^{i\omega t}$$

Llei d'Ohm:  $(V = IR_C)$ ,

$$R_C = \frac{1}{i\omega C}, [C] = F$$

Reactancia capacitiva:

$$X_C = |R_C| = \frac{1}{\omega C},$$

$$R_C = \frac{X_C}{i} = -iX_C$$

## 5.2 Circuit amb inducció

Voltatge:  $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$

Autoinducció a la bobina:

$$\varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$$

Segona llei Kirchhoff:

$$V(t) + \varepsilon_L = 0 \implies I(t) =$$

$$\frac{V_0}{L\omega} \sin(\omega t) = I_0 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \text{ (desfase de } \frac{\pi}{2})$$

$$V(t) = V_0 e^{i\omega t}, \implies I = \frac{V_0}{i\omega L} e^{i\omega t}$$

Llei d'Ohm:  $V = IR_L$ ,

$$R_L = i\omega L, [L] = H$$

Reactancia inductiva:

$$X_L = |R_L| = \omega L, R_L = iX_L$$

## 6 Impedància. Llei d'Ohm

Llei d'Ohm:  $V = IZ$

Impedància:  $\bar{Z} =$

$$R + iX \begin{cases} \text{Resistència: } R \\ \text{Condensador: } -iX_C \\ \text{Inducció: } iX_L \end{cases}$$

### 6.1 Circuit LCR

Angle de fase:

$$\text{tg}(\varphi) = \frac{X_L - X_C}{R}, ({}^{\circ}I^{\circ} + \varphi = {}^{\circ}V^{\circ})$$

Corrent màxim:  $I_0 = \frac{\varepsilon_0}{Z}$

Freqüència:  $f = \frac{\omega}{2\pi}$

Ressonància:

$$Z = \text{Re}[Z] \implies \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

## 7 Potència

Potència instantània:  $P(t) =$

$$V(t)I(t) = V_0 I_0 \cos(\omega t) \cos(\omega t - \varphi)$$

Potència mitja:

$$\frac{V_0 I_0}{2 \cos(\varphi)} = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \cos(\varphi)$$

### 7.1 Potència en una resistència

No desfase:  $\varphi = 0, V(t) =$

$$V_0 \cos(\omega t), I(t) = I_0 \cos(\omega t)$$

Potència instantània:  $P(t) =$

$$V_0 \cos(\omega t) I_0 \cos(\omega t) = \frac{V_0^2}{R} \cos^2(\omega t)$$

Potència mitja:  $P = \frac{V_0^2}{2R}$

Valors eficaços:  $V_{\text{ef}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}, I_{\text{ef}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

Potència dissipada:  $P = \frac{V_{\text{ef}}^2}{R} = R I_{\text{ef}}^2$

### 7.2 Potència en un condensador

Desfase:

$$\varphi = -\frac{\pi}{2}, V(t) = V_0 \cos(\omega t), I(t) =$$

$$I_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = -I_0 \sin(\omega t)$$

Potència instantània:  $P(t) =$

$$-\frac{V_0^2}{X_C} \sin(\omega t) \cos(\omega t) = -\frac{V_0^2}{2X_C} \sin(2\omega t)$$

Potència mitja: 0

### 7.3 Potència en una inducció

Desfase:

$$\varphi = \frac{\pi}{2}, V(t) = V_0 \cos(\omega t), I(t) =$$

$$I_0 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = I_0 \sin(\omega t)$$

Potència instantània:  $P(t) =$

$$\frac{V_0^2}{X_L} \sin(\omega t) \cos(\omega t) = \frac{V_0^2}{2X_L} \sin(2\omega t)$$

Potència mitja: 0

### 7.4 Potència complexa

$$\bar{V} = V_0 e^{i\omega t}, \bar{I} = I_0 e^{i(\omega t - \varphi)}, \bar{Z} = Z e^{i\varphi}$$

Potència complexa:

$$\bar{S} = \frac{\bar{V} \bar{I}^*}{2} = \frac{V_0 e^{i\omega t} I_0 e^{-i(\omega t - \varphi)}}{2} =$$

$$\frac{V_0 I_0}{2} e^{i\varphi} = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} (\cos(\varphi) + i \sin(\varphi))$$

Potència activa [W]:

$$P = \text{Re}[\bar{S}] = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \cos(\varphi)$$

Potència reactiva [VA]:

$$Q = \text{Im}[\bar{S}] = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \sin(\varphi)$$

Potència aparent [VA]:

$$S = |\bar{S}| = V_{\text{ef}} I_{\text{ef}}$$

### 7.5 Factor de potència

Factor de potència:  $\cos(\varphi) = \frac{P}{S}$

Millora del f.d.p. en sèrie:

$$Z = R + iX, \text{ connectem } X' = -X.$$

$$(X > 0, \varphi > 0) \implies C = \frac{1}{\omega X}, (X <$$

$$0, \varphi < 0) \implies L = \frac{|X|}{\omega}$$

Millora del f.d.p. en paral·lel:

$$X' = -\frac{(R^2 + X^2)}{X} = -\frac{|Z|}{\sin(\varphi)}$$

## 8 Superposició de senyals. Amplada de banda

Senyal sinusoidal:

$$F(t) = A \sin(2\pi f_1 t + \varphi)$$

Espectre: Rang de freqüències del senyal.

Freqüència  $n$ -èssima harmònica:

$$f_n = \frac{n\omega_0}{2\pi} = \frac{n}{T}$$

Pols: Un cicle.

Velocitat de transmissió màxima:

$$v_{\text{max}} = \frac{1}{T_{\text{bit}}} = \frac{1}{2\tau} = \frac{f_b}{2}, T_{\text{bit}} = 2\tau$$