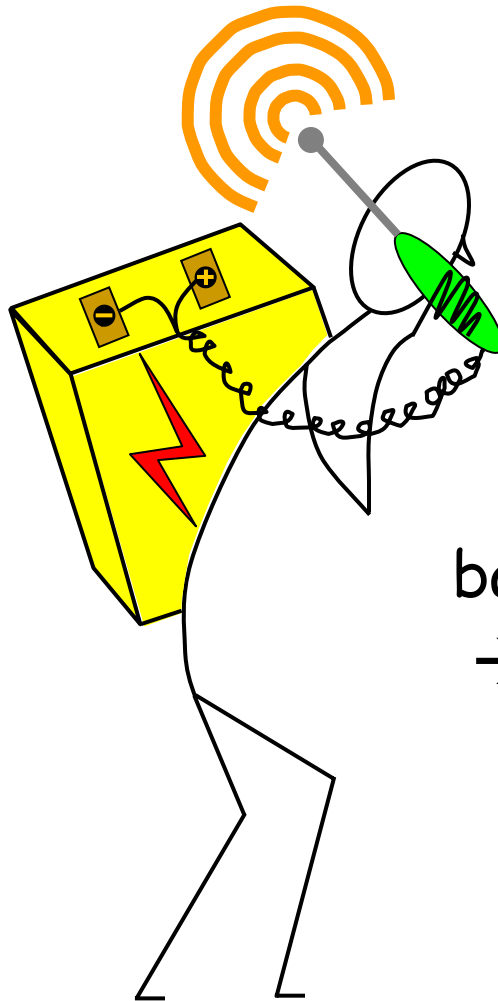


6.002

**CIRCUITOS y
ELECTRÓNICA**

Energía y potencia

¿Por qué preocuparnos por la energía?

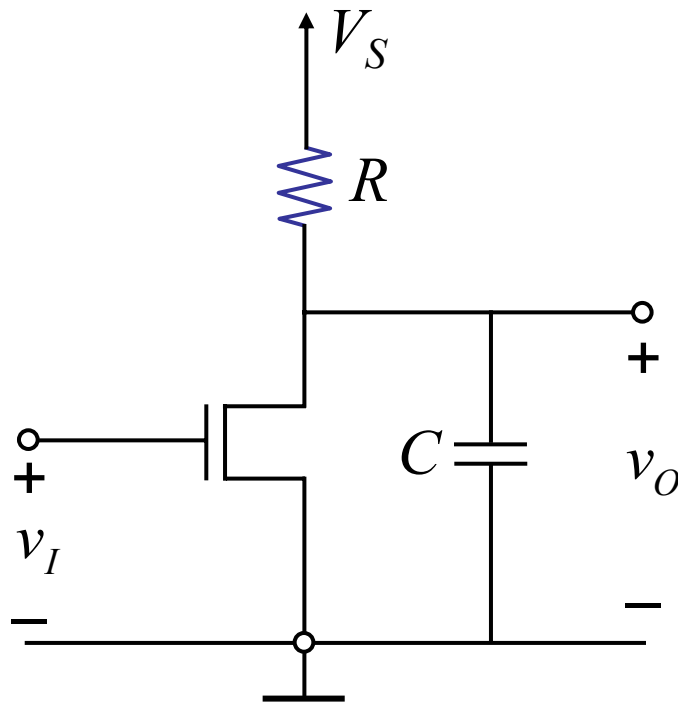


baterías pequeñas
→ bueno

Hoy:

- ¿Cuánto durará la batería?
en modo de reserva
en uso activo
- ¿Se recalentará el chip y se autodestruirá?

Estudie la disipación de energía en las puertas del MOSFET



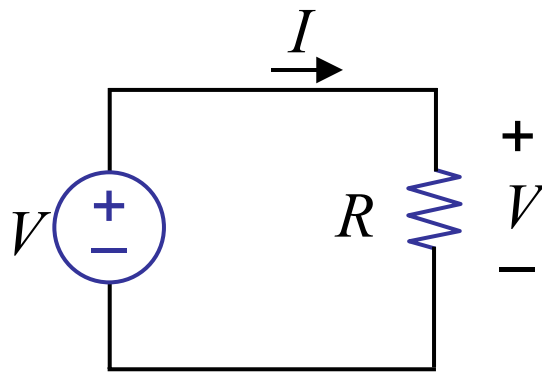
C : capacidad de cableado y C_{GS} de la puerta siguiente

Determinemos:

- la potencia de reserva
- la potencia activa

Resolvamos primero algunos ejemplos relacionados.

Ejemplo 1:



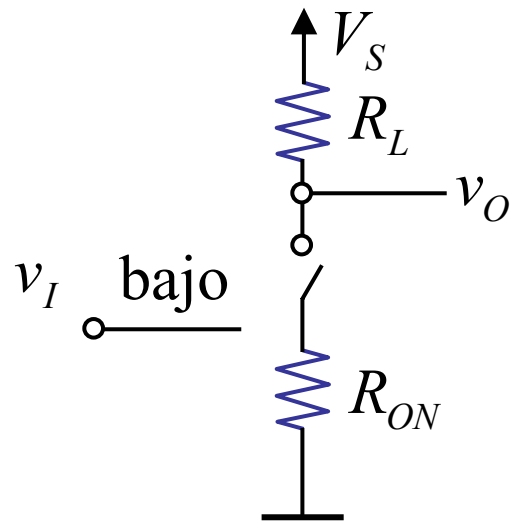
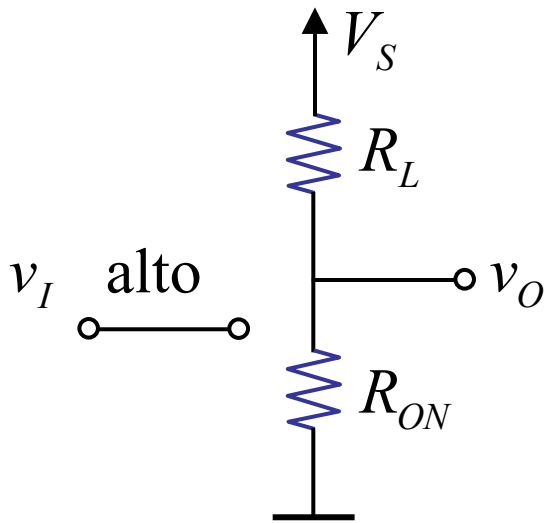
Potencia, $P = VI = \frac{V^2}{R}$

Energía disipada en tiempo T

$$E = VIT$$

Ejemplo 1:

Para nuestra puerta:



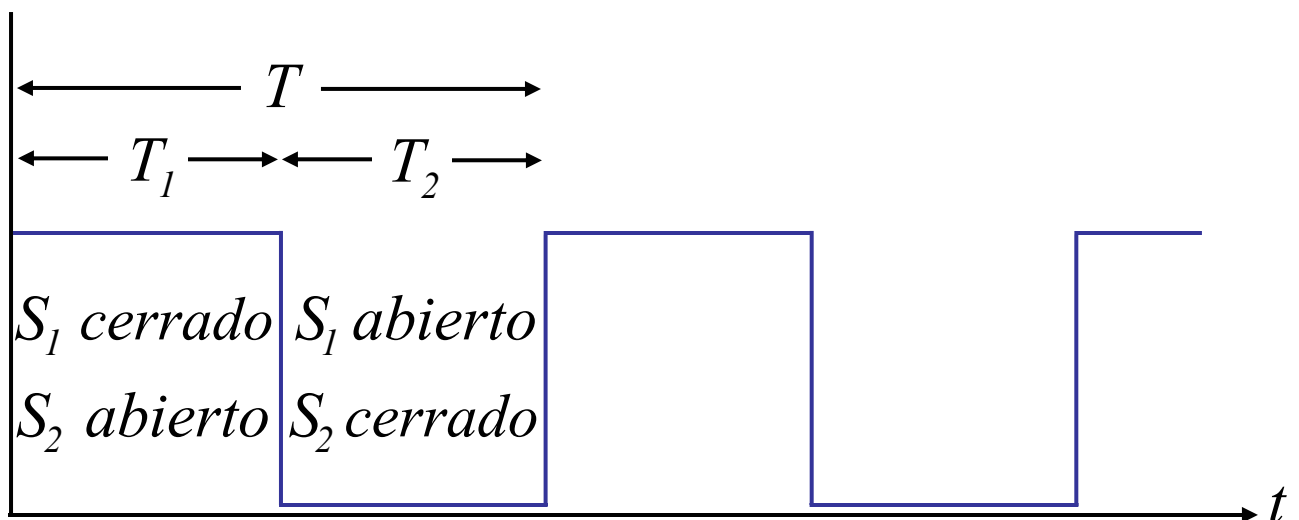
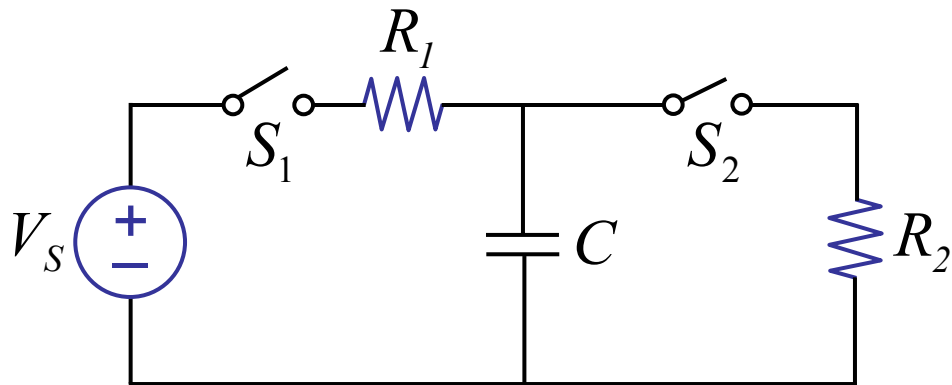
$$P = \frac{V_S^2}{R_L + R_{ON}}$$



$$P = 0$$

Ejemplo 2:

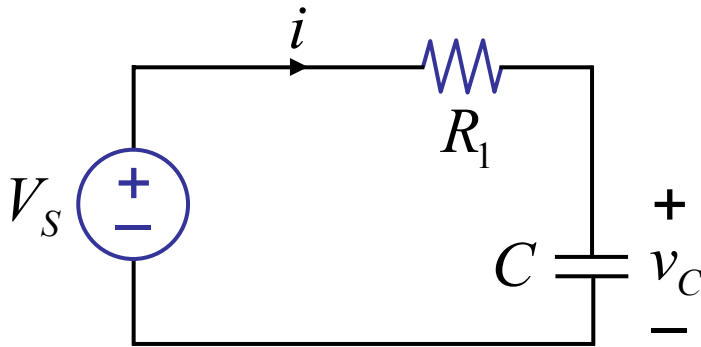
Considere:



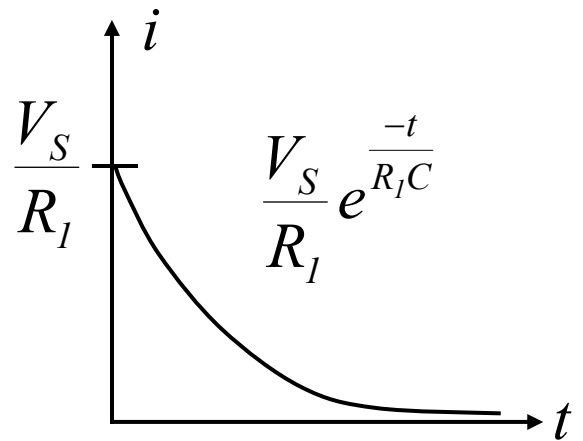
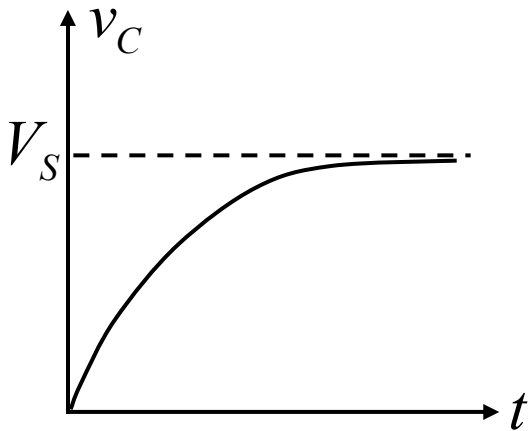
Halle la energía disipada en cada ciclo.

Halle la potencia media, \bar{P} .

T_1 : S_1 cerrado, S_2 abierto



suponga que,
 $v_C = 0$ en $t = 0$



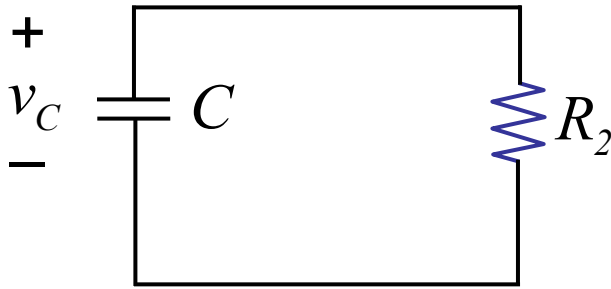
Energía total que proporciona una fuente durante T_1

$$\begin{aligned} E &= \int_0^{T_1} V_S i \, dt \\ &= \int_0^{T_1} \frac{V_S^2}{R_1} e^{\frac{-t}{R_1 C}} \, dt \\ &= -\frac{V_S^2}{\cancel{R_1} R_1 C} e^{\frac{-t}{R_1 C}} \Bigg|_0^{T_1} \\ &= C V_S^2 \left(1 - e^{\frac{-T_1}{R_1 C}} \right) \end{aligned}$$

$\approx C V_S^2$ si $T_1 \gg R_1 C$
es decir, si esperamos lo suficiente

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} C V_S^2 & \text{ almacenado en } C, \\ E_1 = \frac{1}{2} C V_S^2 & \text{ disipado en } R_1 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Independiente} \\ \text{de } R \end{array}$$

T_2 : S_2 cerrado, S_1 abierto



En un principio, $v_C = V_S$ (recuerde $T_1 \gg R_1 C$)

Por lo tanto, inicialmente,

energía almacenada en condensador = $\frac{1}{2} C V_S^2$

Suponga que $T_2 \gg R_2 C$

Por tanto, el condensador se descarga ~completamente en T_2

Por tanto, la energía disipada en R_2 durante T_2 ,

$$E_2 = \frac{1}{2} C V_S^2$$

E_1, E_2 independiente de R_2

Juntando los dos:

Energía disipada en cada ciclo,

$$E = E_1 + E_2$$

$$= \frac{1}{2}CV_s^2 + \frac{1}{2}CV_s^2$$

$$E = CV_s^2 \text{ energía disipada en}$$

la carga y descarga de C

Supone que C se carga y se descarga completamente.

Potencia media,

$$\bar{P} = \frac{E}{T}$$

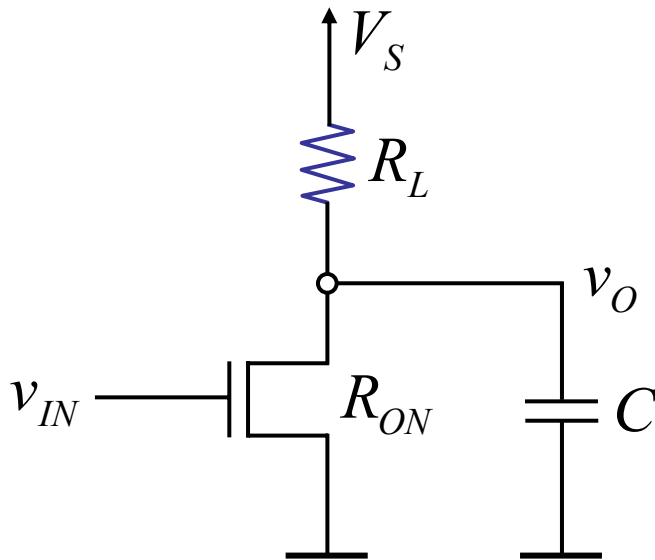
$$= \frac{CV_s^2}{T}$$

$$= CV_s^2 f$$

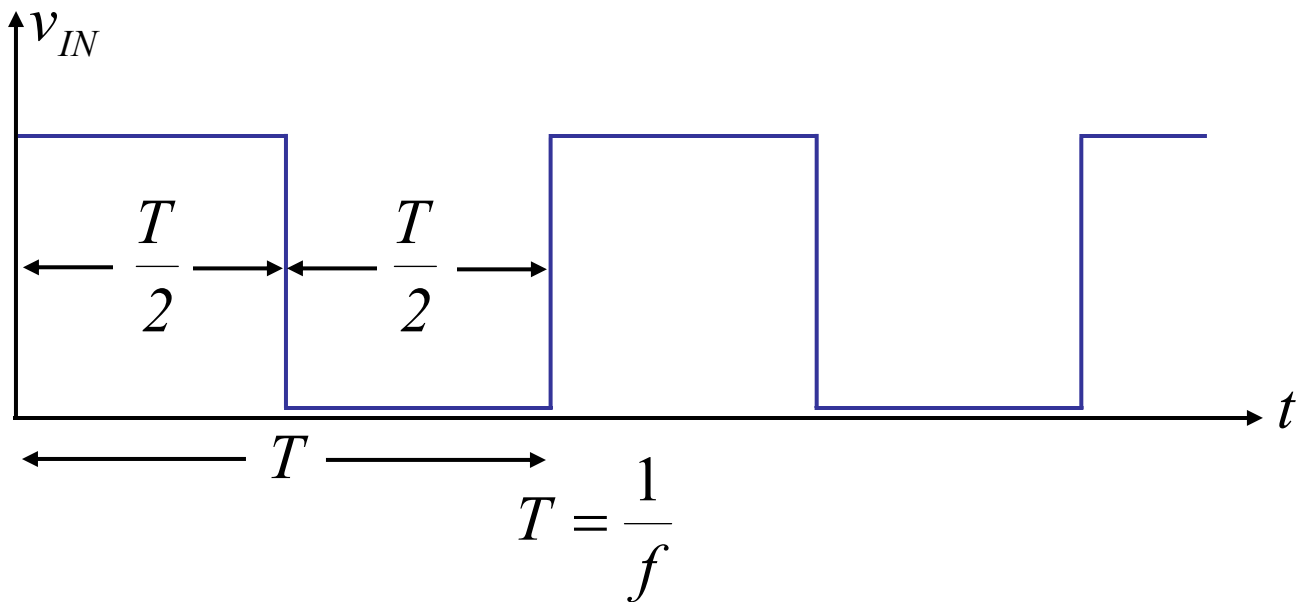


frecuencia $f = \frac{1}{T}$

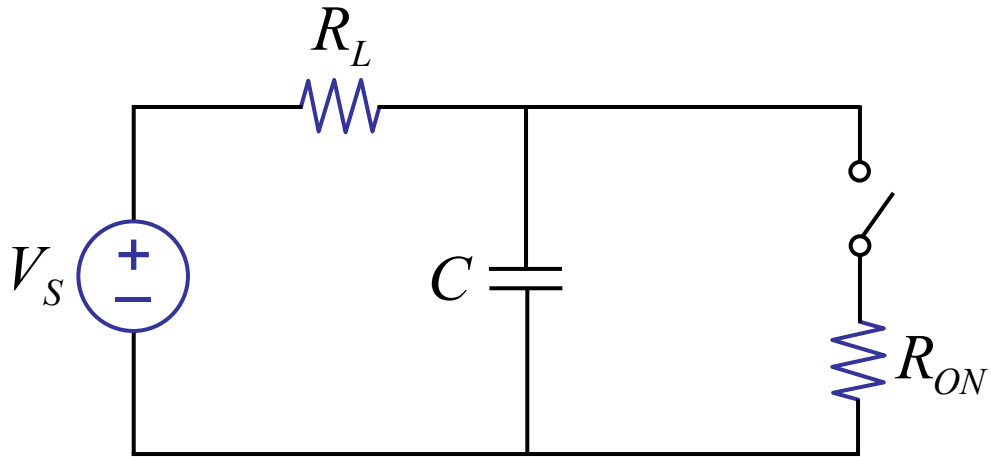
Volvemos a nuestro inversor —



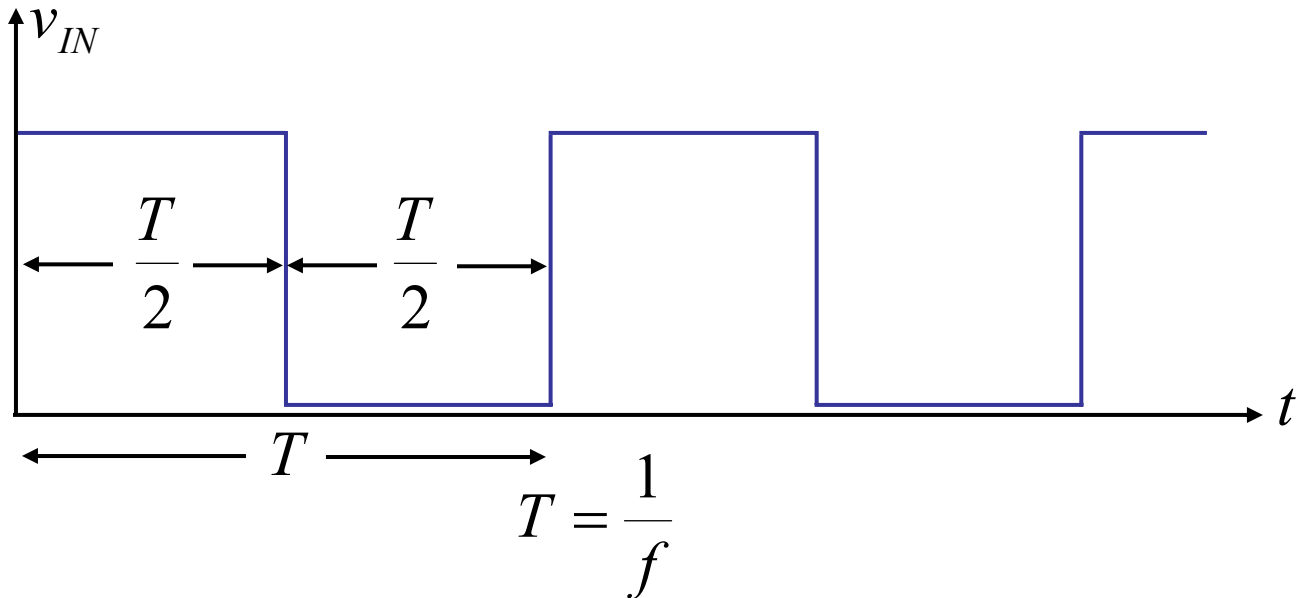
¿Qué es \bar{P} para la entrada siguiente?



Circuito equivalente



¿Qué es \bar{P} para la entrada siguiente?



¿Qué es \bar{P} para la puerta?

Podemos mostrar (véase la sección 12.2 de A&L):

$$\bar{P} = \frac{V_S^2}{2(R_L + R_{ON})} + CV_S^2 f \frac{R_L^2}{(R_L + R_{ON})^2}$$

cuando $R_L \gg R_{ON}$

$$\bar{P} = \frac{V_S^2}{2R_L} + CV_S^2 f$$

recuerde ★

$\bar{P}_{ESTÁTICO}$

recuerde ★★

$\bar{P}_{DINÁMICO}$

Independiente de f . el MOSFET está ON (conectado) la mitad del tiempo.

relacionado con el condensador de conmutación

¿Qué es \bar{P} para la puerta?

Cuando $R_L \gg R_{ON}$

$$\bar{P} = \frac{V_S^2}{2R_L} + CV_S^2 f$$

En modo de reserva, se puede suponer que la mitad de las puertas en un chip están ON.

Por tanto, $\bar{P}_{ESTÁTICO}$ por puerta es $\frac{V_S^2}{2R_L}$.

Está relacionado con la potencia de reserva.

En modo de reserva, $f \rightarrow 0$, por lo que la potencia dinámica es 0

Algunos números...

Un chip con 10^6 puertas cronometrando
a 100 MHz

$$C = 1fF$$

$$R_L = 10k\Omega$$

$$f = 100 \times 10^6$$

$$V_S = 5V$$

$$\bar{P} = 10^6 \left[\frac{25}{2 \times 10^4} + 10^{-15} \times 25 \times 100 \times 10^6 \right]$$

$$= 10^6 [1.25 \text{ milivatios} + 2.5 \text{ microvatios}]$$

¡ problema!

debe deshacerse de esto

1.25KW!

2.5W

no está mal

$$\propto V_S^2$$

$$\propto f$$

reduzca V_S

$$5V \rightarrow 1V$$

$$2.5W \rightarrow 150mW$$

