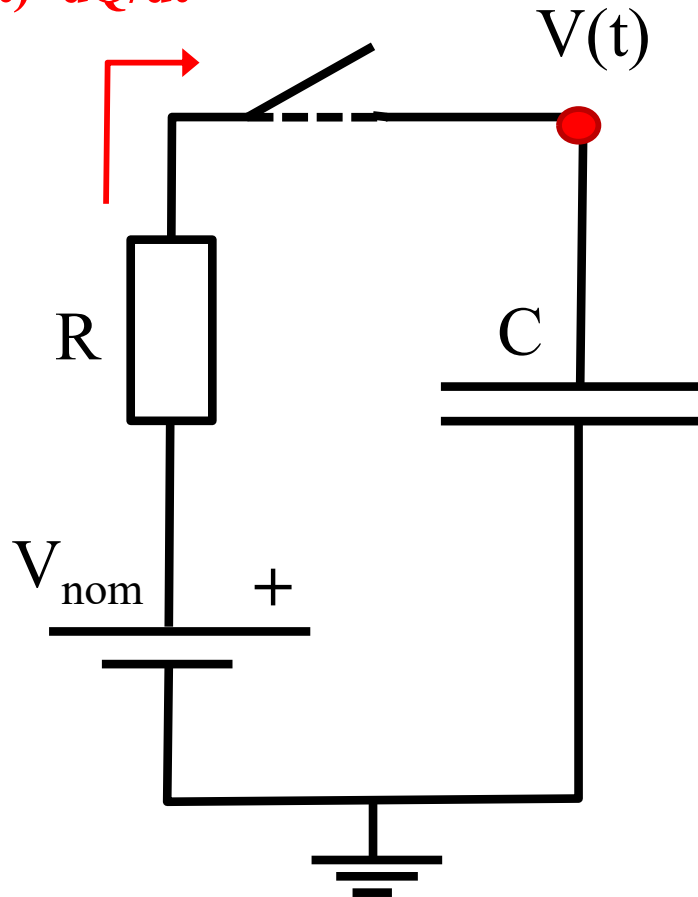


Exercice E.14.1: Transfert d'énergie vers une capacité

$$I(t) = dQ/dt$$

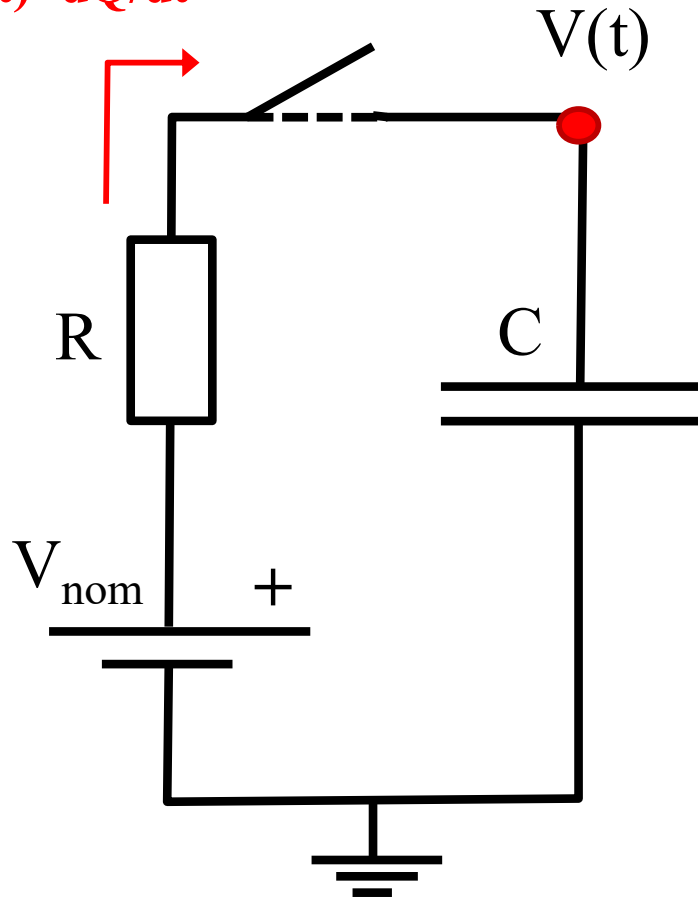


Considérez le schéma ci-contre:

- 1) Calculez la charge Q_0 transférée sur la capacité C à l'équilibre final.
- 2) Calculez l'énergie E_{pile} de cette charge Q_0 lorsqu'elle est encore stockée dans la pile.
- 3) Calculez l'énergie E_{capa} de cette charge Q_0 après son transfert sur la capacité.
- 4) Calculez l'énergie E_{ohm} dissipée dans la résistance R lors du transfert.

Exercice: Transfert d'énergie vers une capacité

$$I(t) = dQ/dt$$



1) Charge Q_0 transférée à l'équilibre final.

$$Q_0 = C \cdot V_{nom}$$

2) Energie au départ dans la pile pour cette charge Q_0

$$E_{pile} = Q_0 \cdot V_{nom} = CV_{nom}^2$$

3) Energie finale dans la capacité pour cette charge Q_0

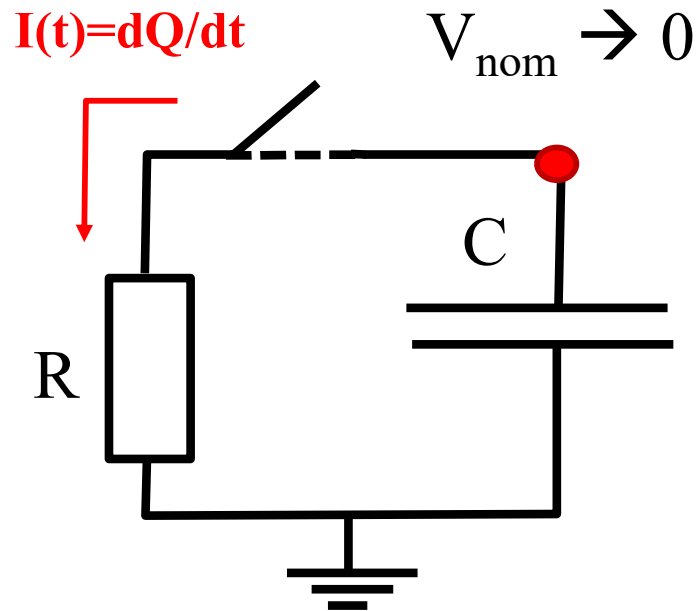
$$E_{capa} = \int_0^{\infty} V \cdot \frac{dQ}{dt} dt = \int_0^{Q_0} \frac{Q}{C} dQ = \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} = \frac{1}{2} CV_{nom}^2$$

4) Energie dissipée dans la résistance R

$$E_{ohm} = \int_0^{\infty} [V_{nom} - V(t)] \cdot \frac{dQ}{dt} dt = \int_0^{Q_0} \left[V_{nom} - \frac{Q}{C} \right] dQ = V_{nom} Q_0 - \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} = \frac{1}{2} CV_{nom}^2$$

Quelle que soit R , la moitié de l'énergie est stockée dans C , l'autre moitié est dissipée !!

Exercice: Perte d'énergie lors de la décharge de la capacité



1) Calcul implicite:

$$E_{ohm} = \int_0^{\infty} V(t) \cdot \frac{dQ}{dt} dt = \int_0^{Q_0} \frac{Q}{C} dQ = \frac{1}{2} C V_{nom}^2$$

2) Calcul explicite:

$$I = \frac{V}{R} = -\frac{dQ}{dt} = -C \cdot \frac{dV}{dt} \Rightarrow \boxed{\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{RC} \cdot V}$$

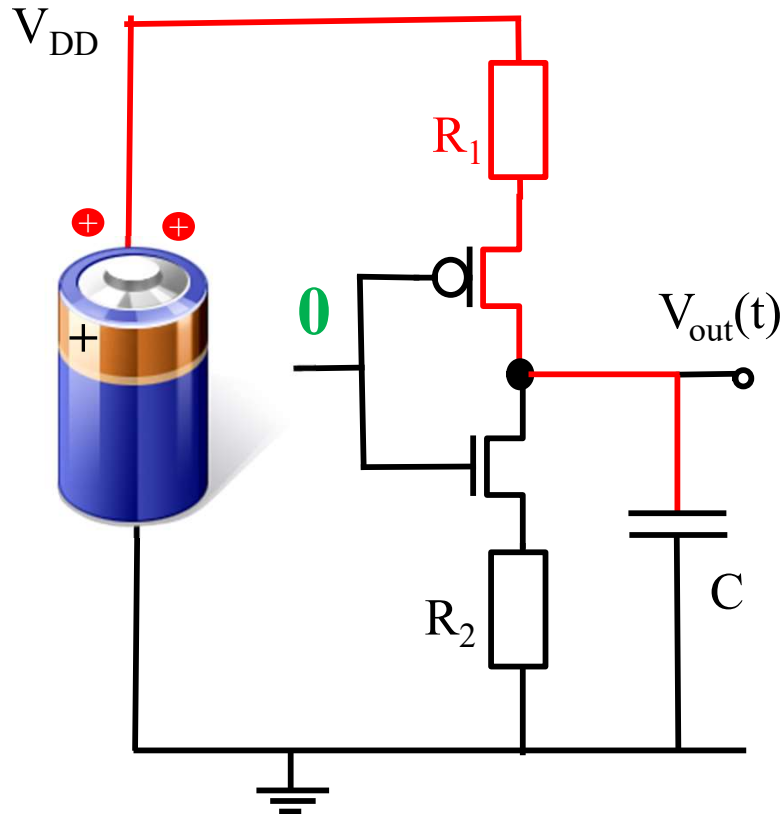
$$V(t) = V_{nom} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{et} \quad I(t) = \frac{V_{nom}}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\Rightarrow E_{ohm} = \int_0^{\infty} V \cdot I dt = \frac{V_{nom}^2}{R} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{2t}{RC}} dt = \frac{1}{2} C V_{nom}^2$$

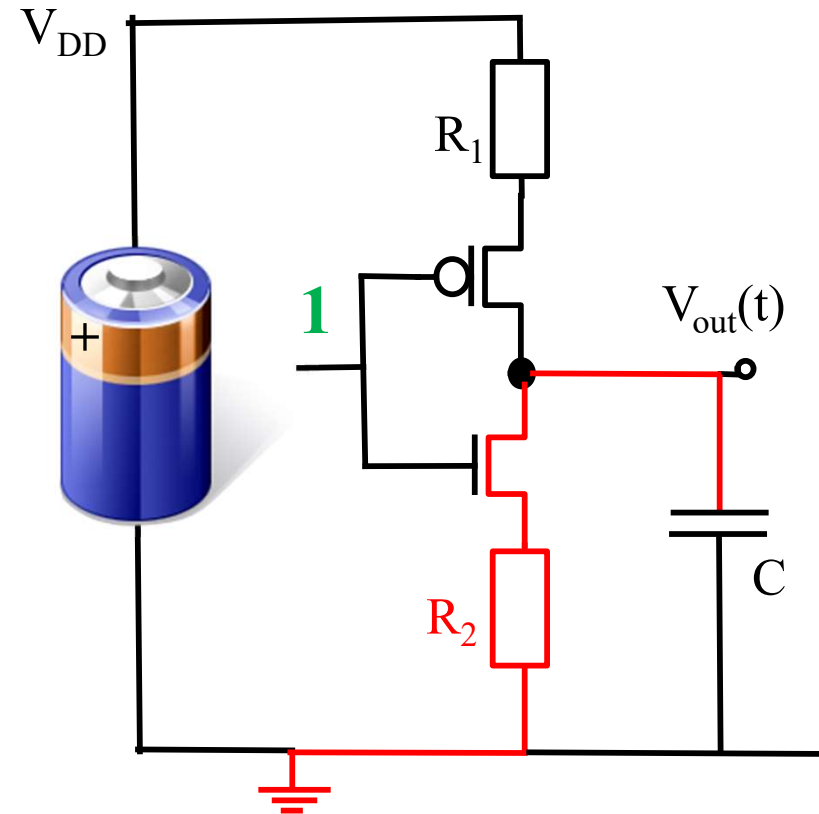
L'énergie, stockée dans C, est toute dissipée dans R, quelles que soient leurs valeurs !!

Exercice E 14.2: Pertes dynamiques dans un inverseur CMOS

Chargement



Déchargement



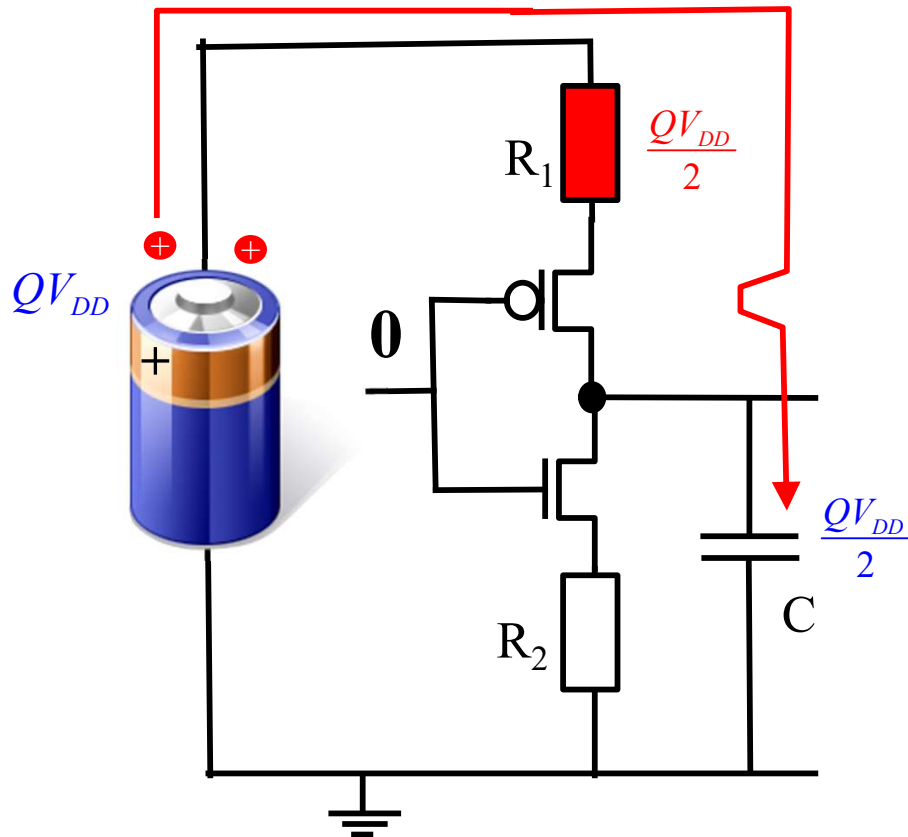
Appliquez les résultats pour la consommation d'énergie d'un inverseur CMOS

5) Combien et quand l'énergie est-elle dissipée ?

6) Quelle est l'influence de R_1 et R_2 ?

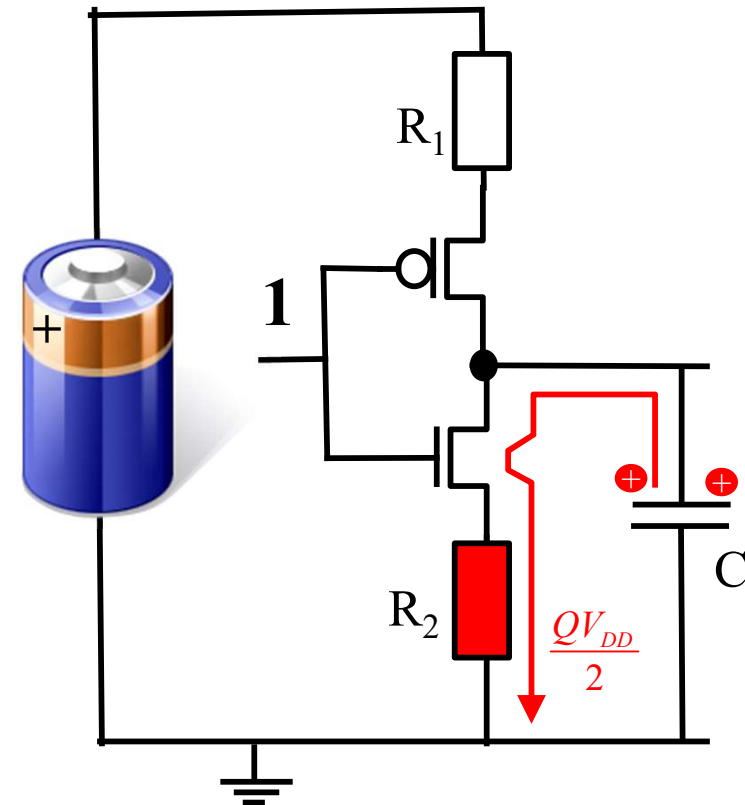
Pertes dynamiques dans un inverseur CMOS

Chargement



La charge Q_0 est stockée sur C
 → La moitié de l'énergie est transférée sur C
 → L'autre moitié est dissipée dans R_1 .

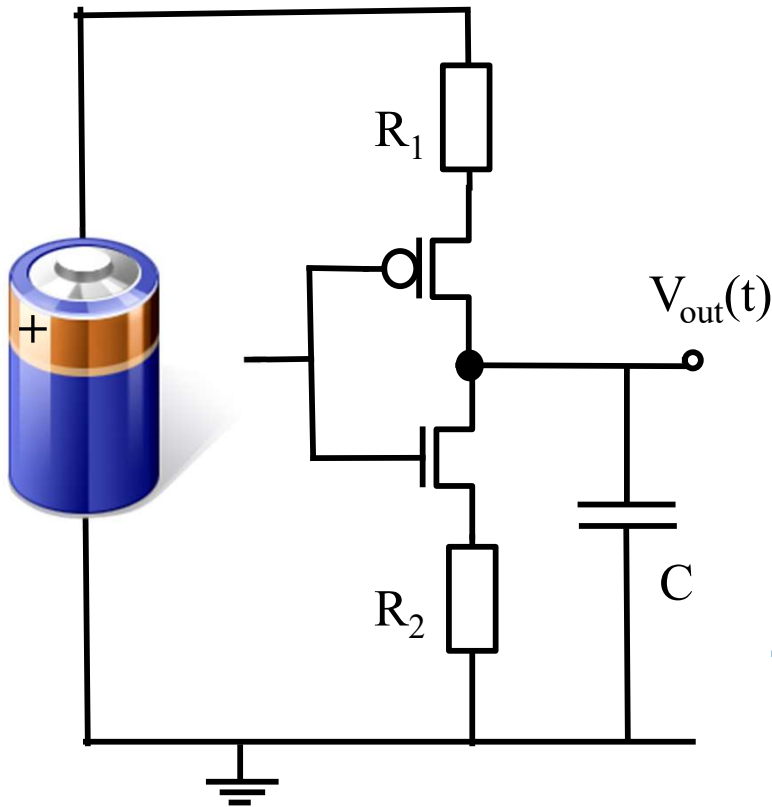
Déchargement



La charge Q_0 est sortie de C vers la masse
 → L'énergie encore stockée sur C
 est dissipée dans R_2 .

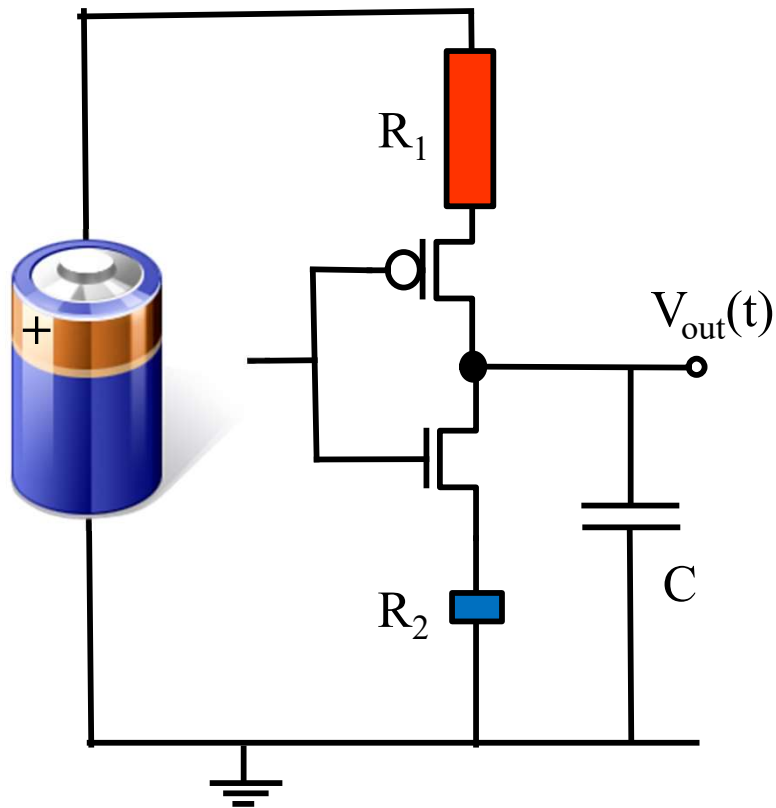
**Les valeurs de R_1 et R_2 ne jouent-elles
vraiment aucun rôle ?**

**Elles influencent les temps RC
de charge et de décharge**



Question complémentaire:

Supposons que le PMOS et le NMOS aient les mêmes dimensions, esquissez le comportement temporel de $V_{out}(t)$



Les trous sont moins mobiles (facteur 2-3)
que les électrons libres

→ La résistance du PMOS est plus grande

→ Le temps R_1C de charge est plus long
que celui de décharge R_2C

