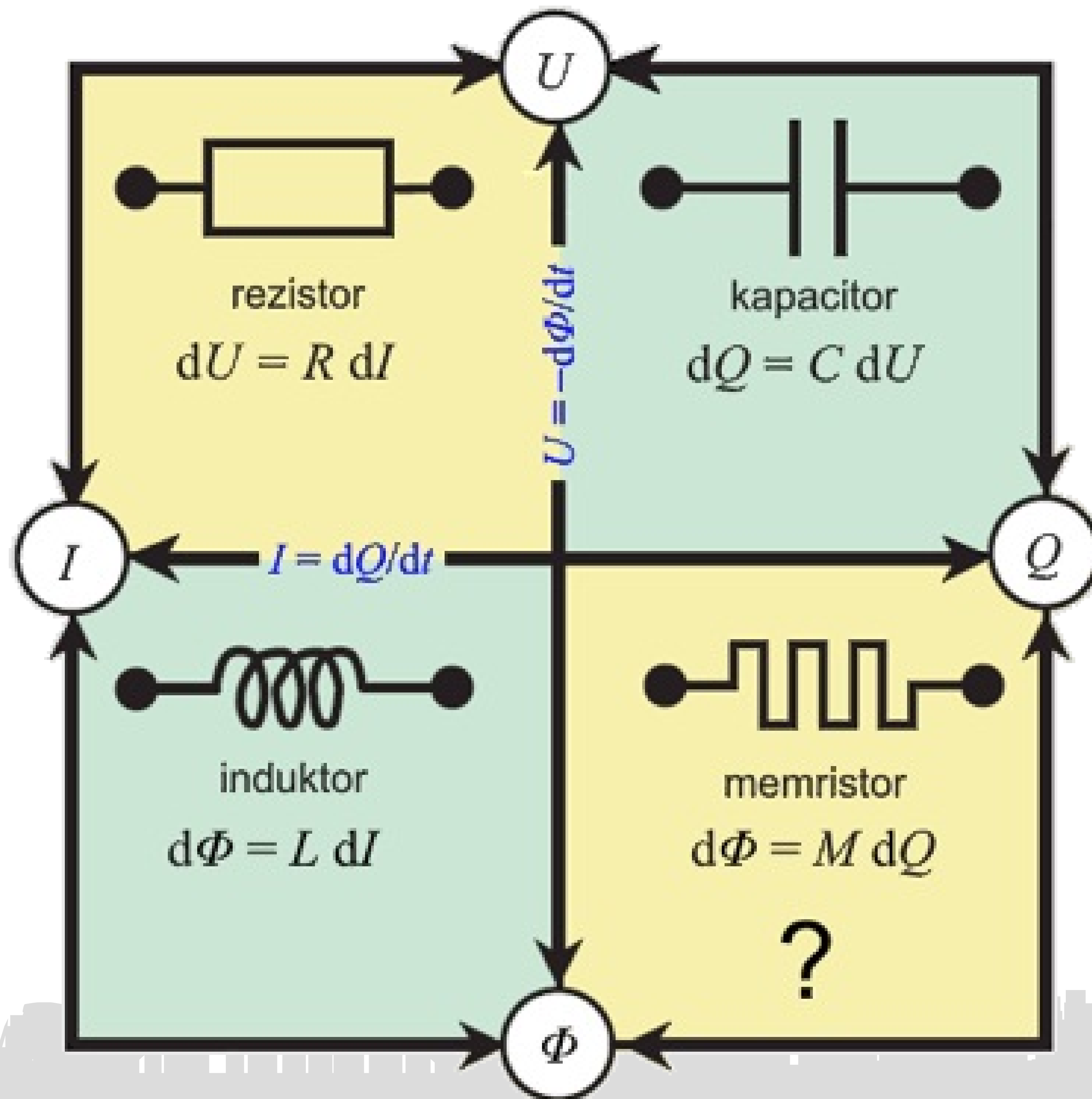


# Memristor

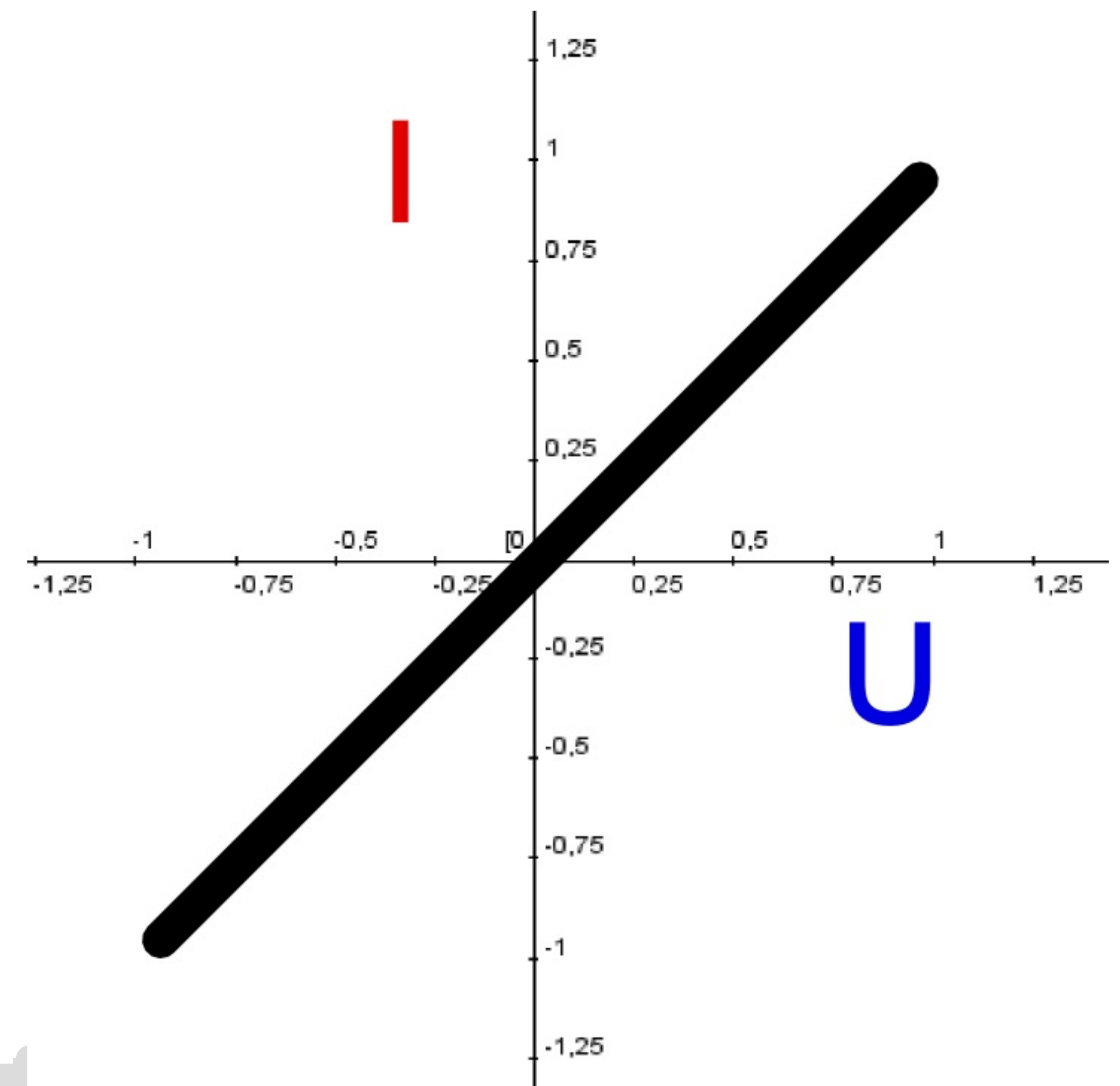
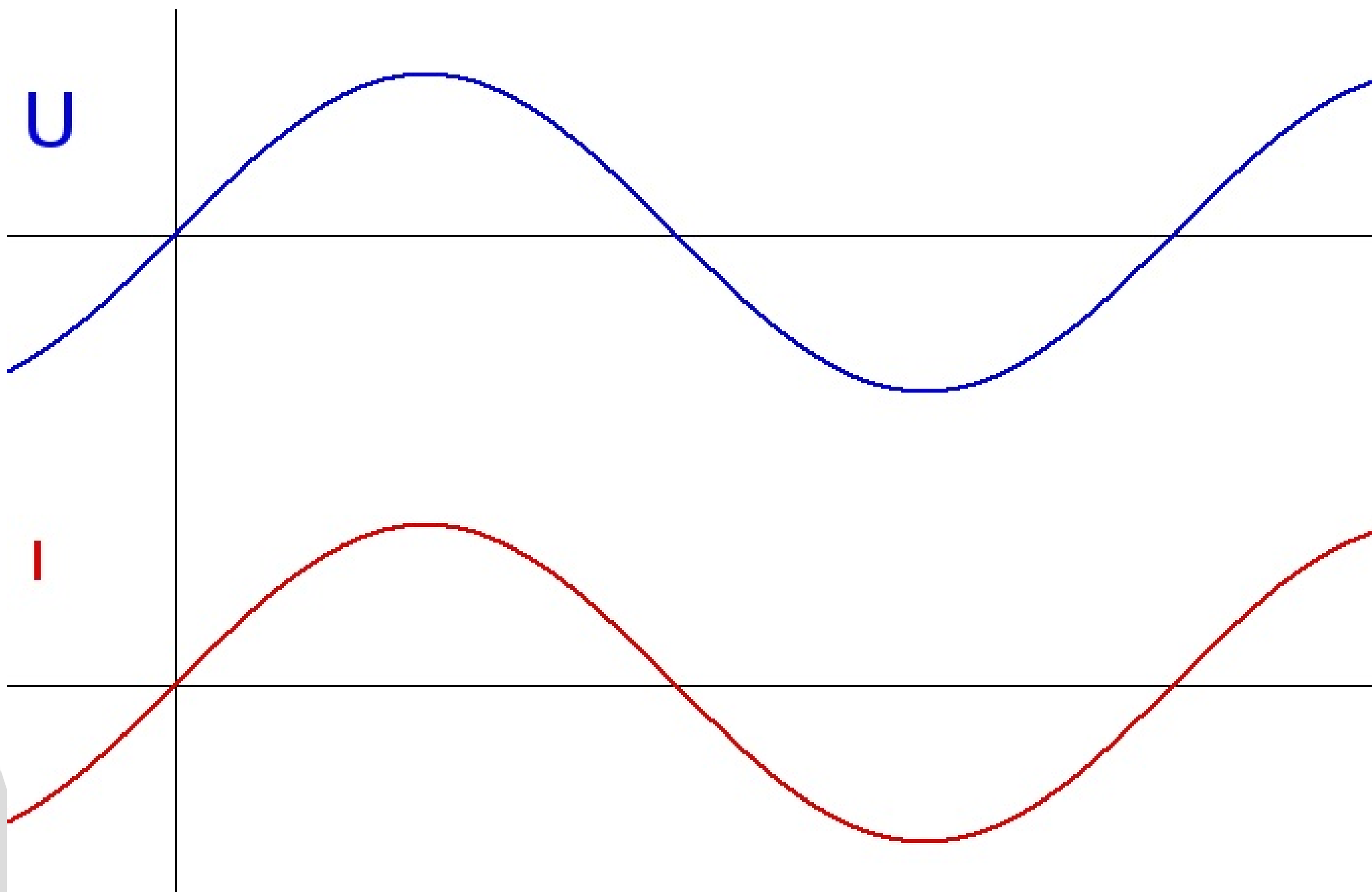
- čtvrtá základní součástka?



# Rezistor (odpor)

$$dU = R \cdot dI \quad [V ; \Omega ; A]$$

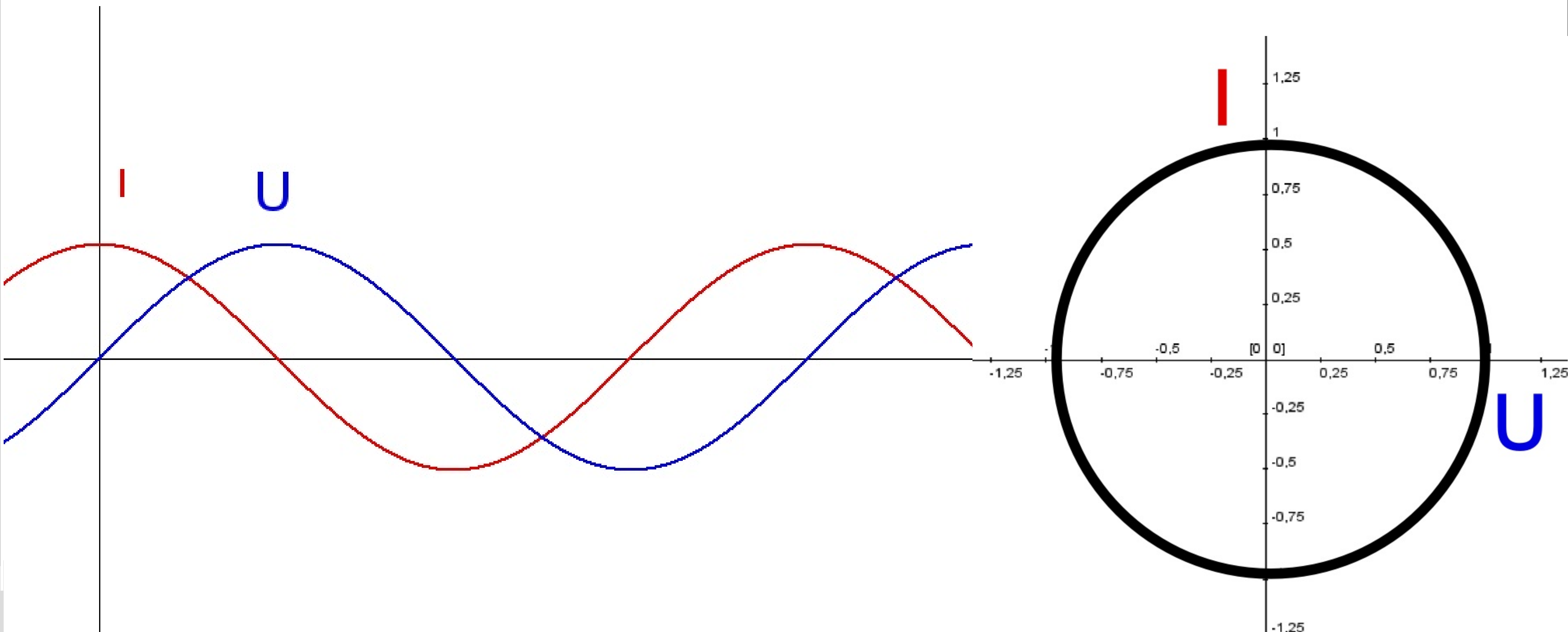
$$dI = \frac{1}{R} dU \quad [A ; \Omega ; U]$$



# Kapacitor (kondenzátor)

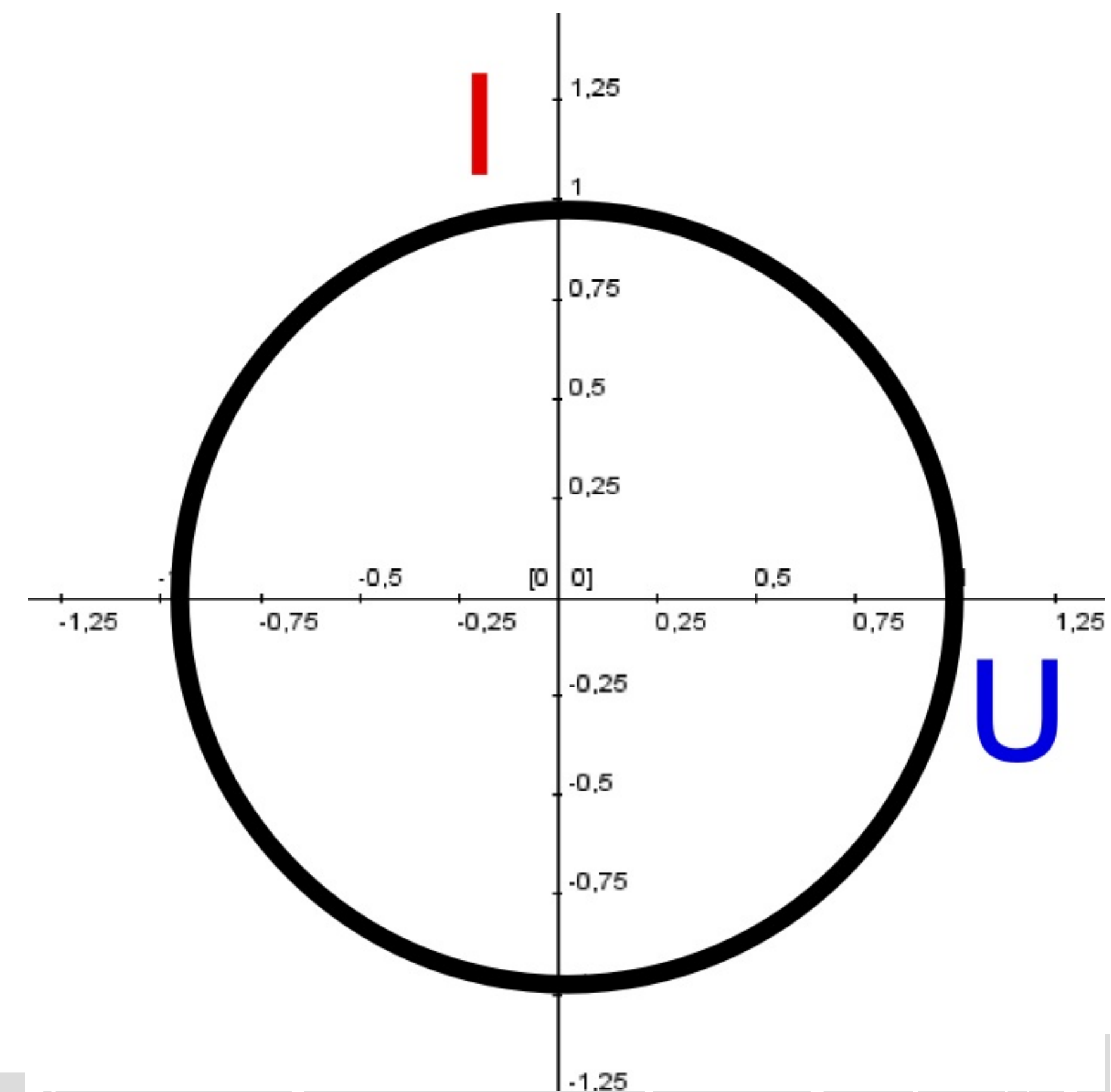
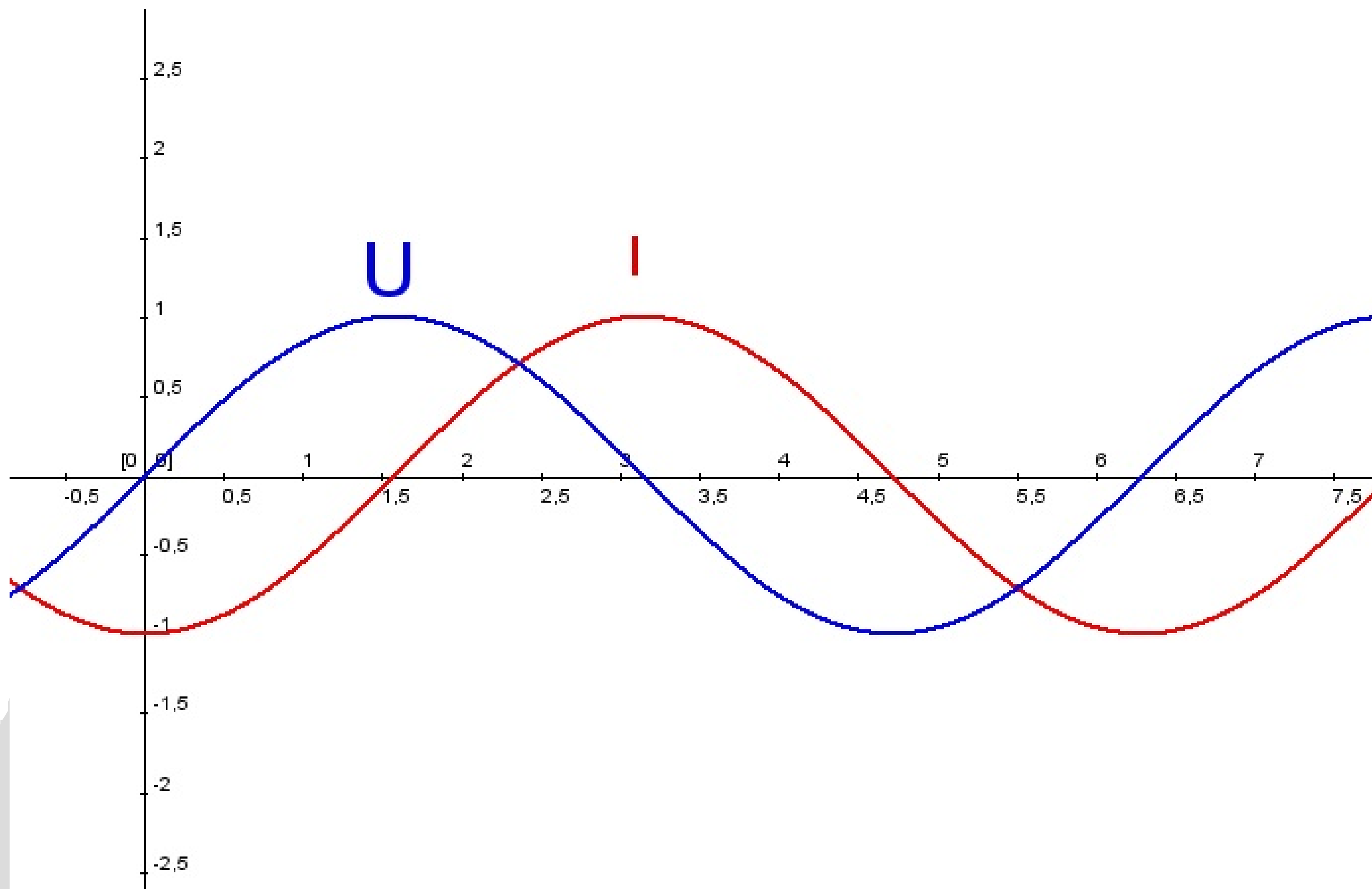
$$dQ = C \cdot dU \quad [C ; F ; V]$$

$$di = C \cdot \frac{dU}{dt} \quad [A ; F ; V ; s]$$



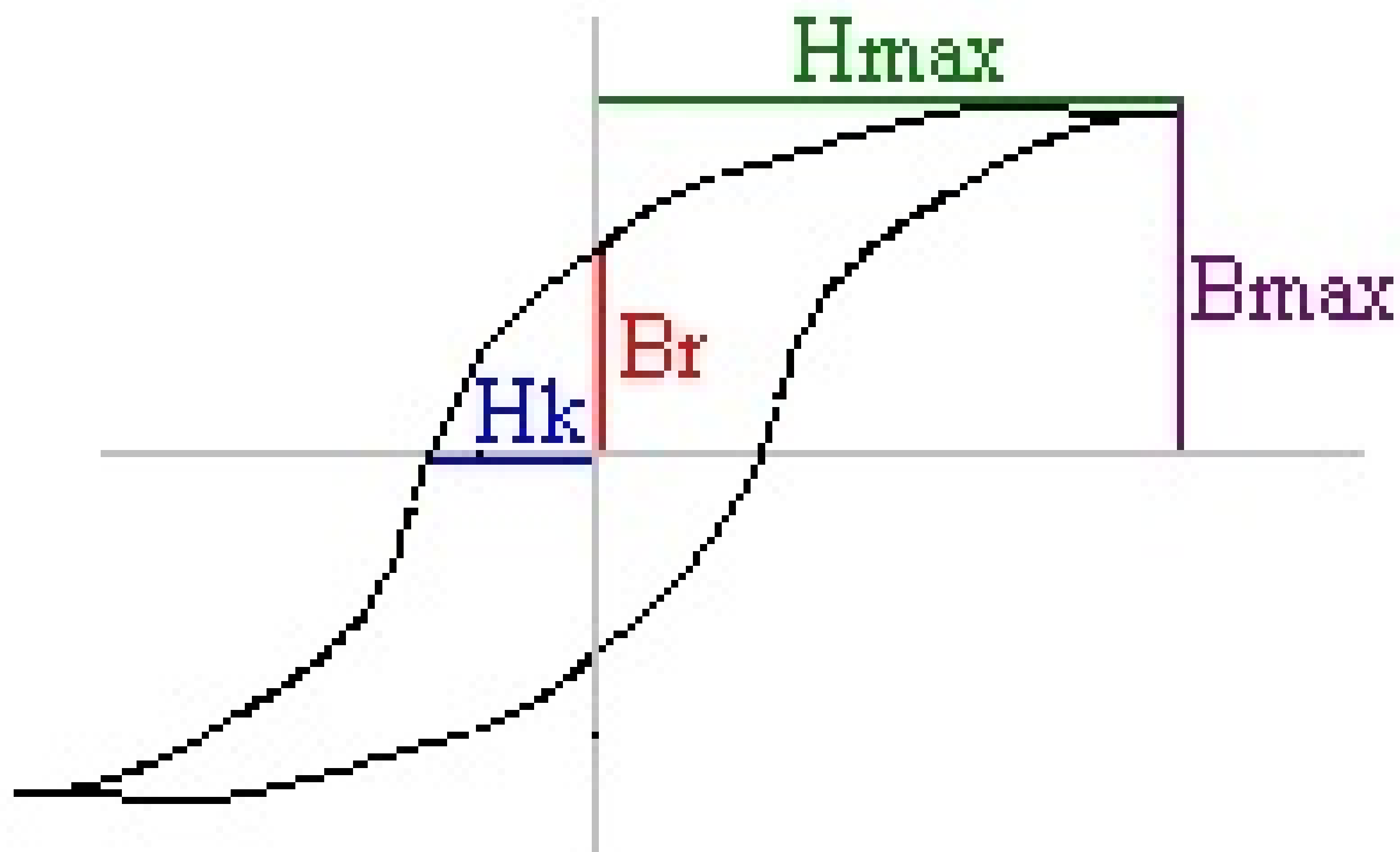
# Induktor (cívka)

$$d\Phi = L \cdot dI \quad [Wb ; H ; A] \quad dU = L \cdot \frac{dI}{dt} \quad [V ; H ; A ; s]$$



# Hysterezní křivka cívky

Magnetická indukce [T]

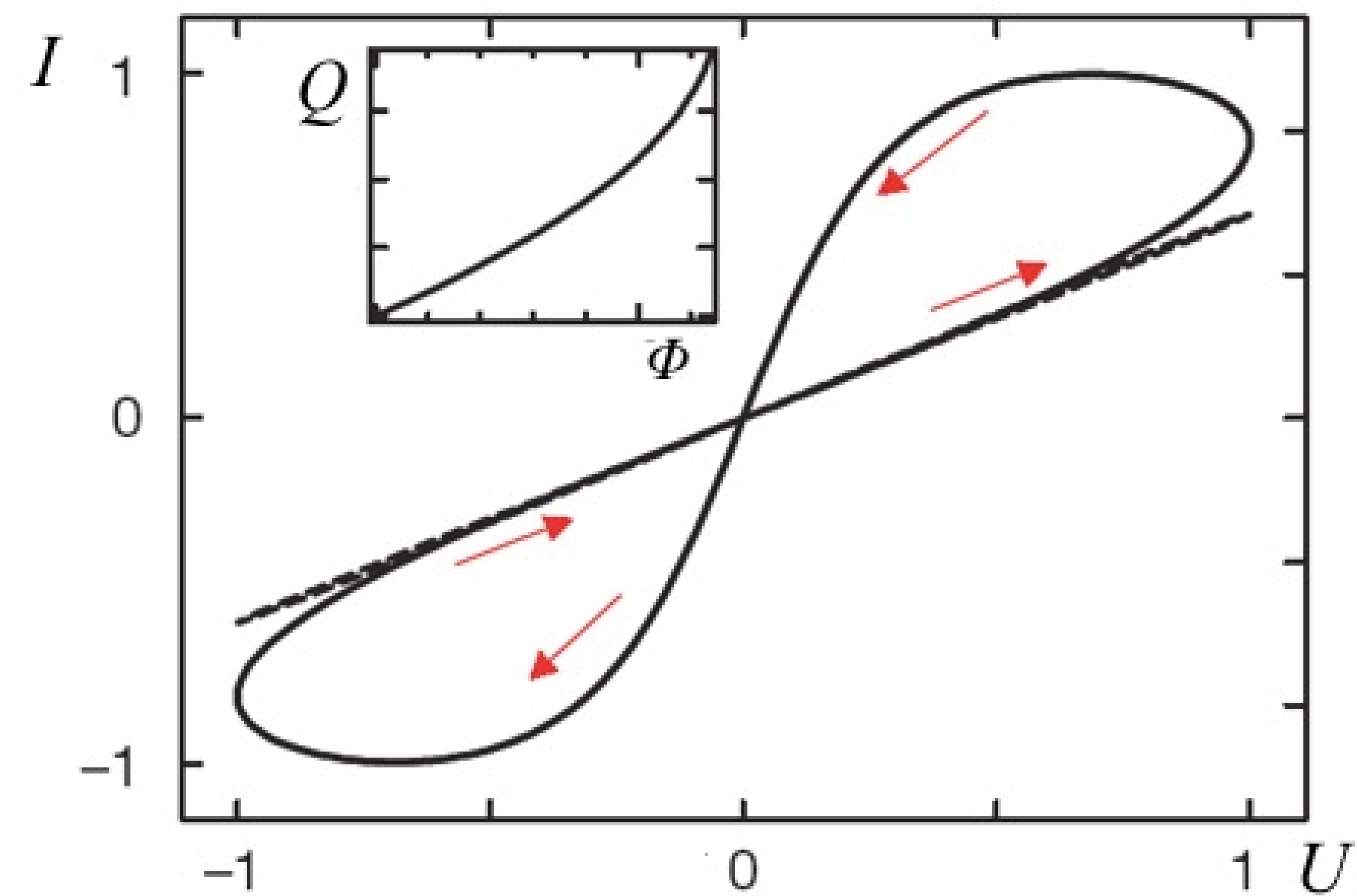
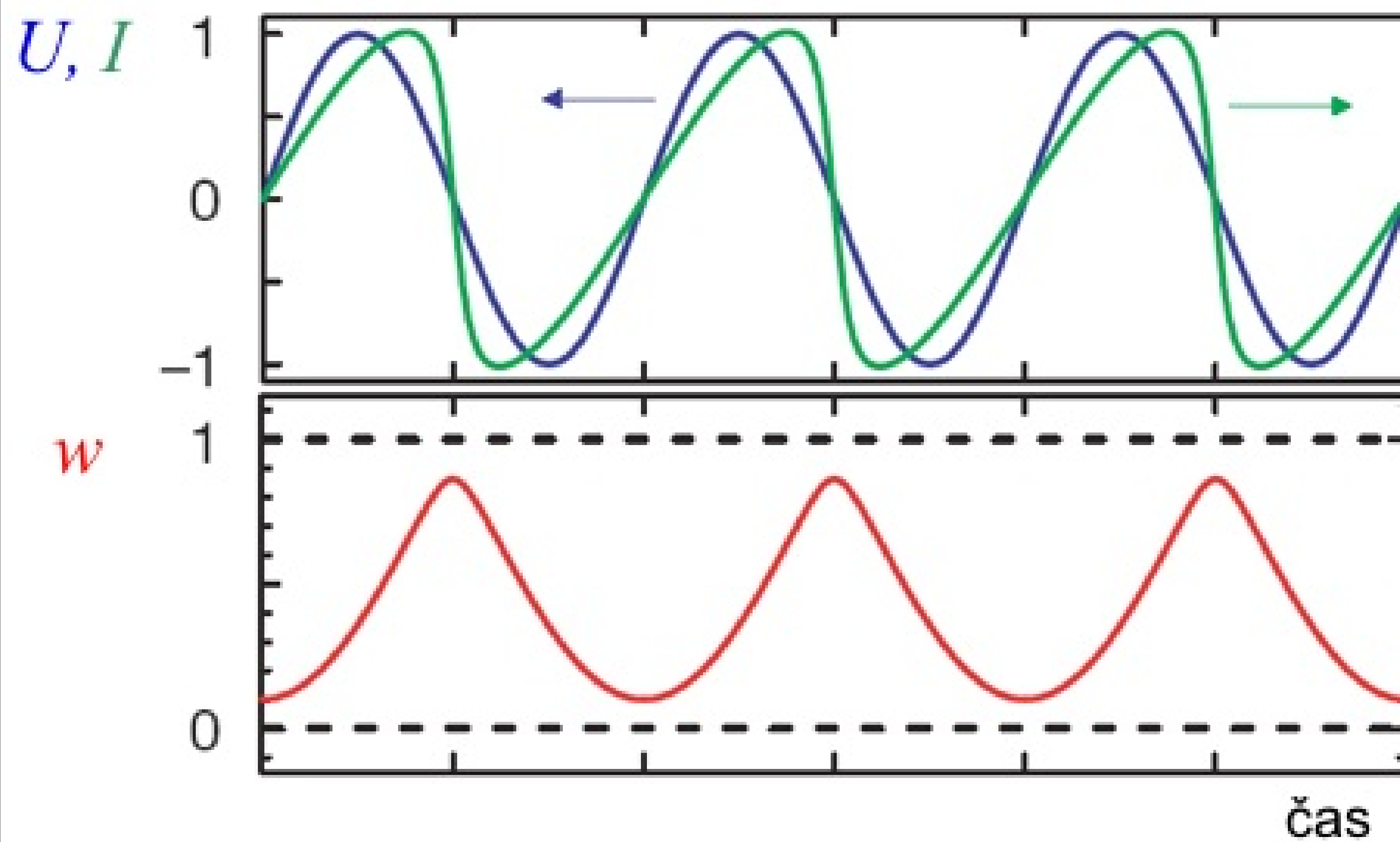


Intenzita magnetického pole [A/m]



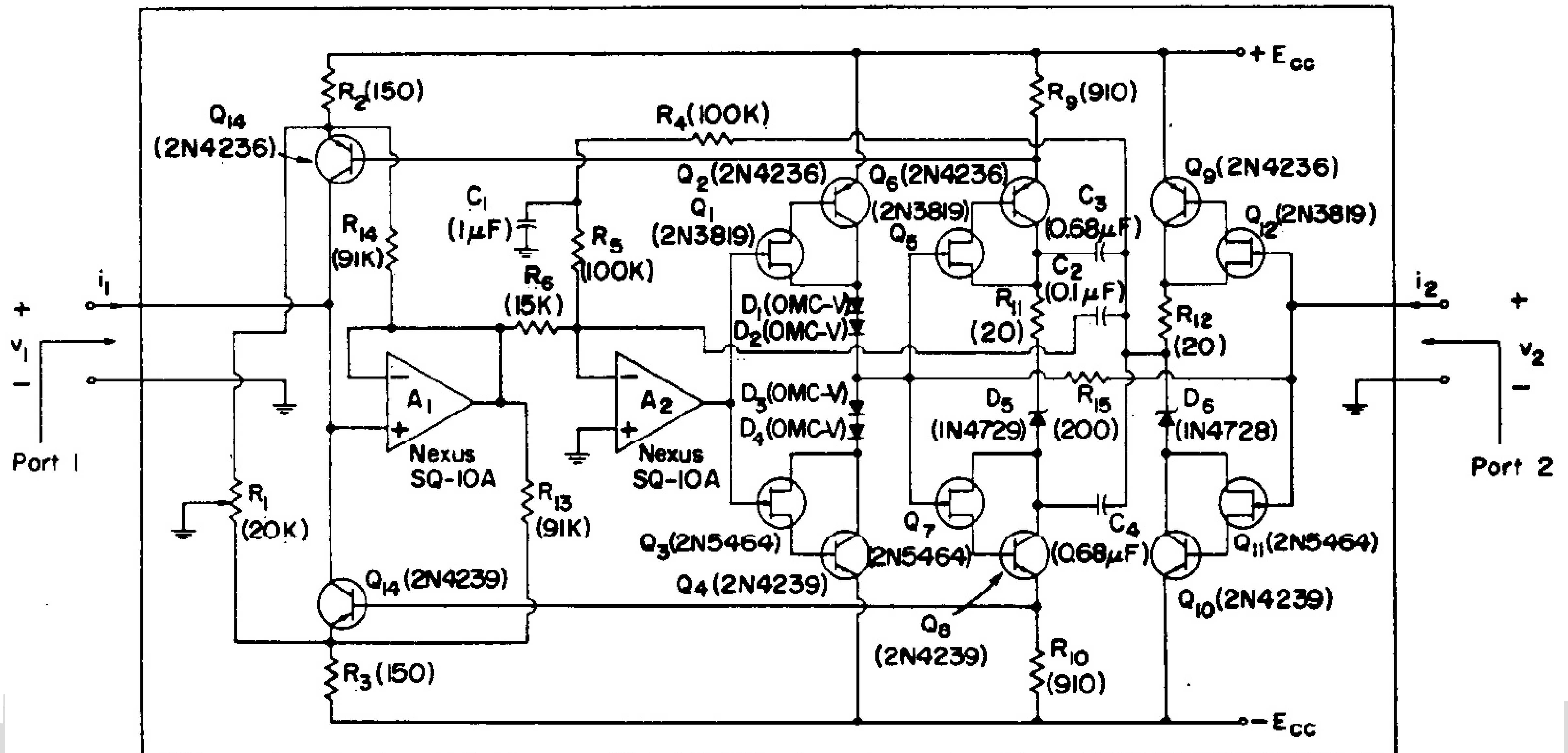
# Memristor

$$d\Phi = M \cdot dQ \quad [Wb; -; C]$$

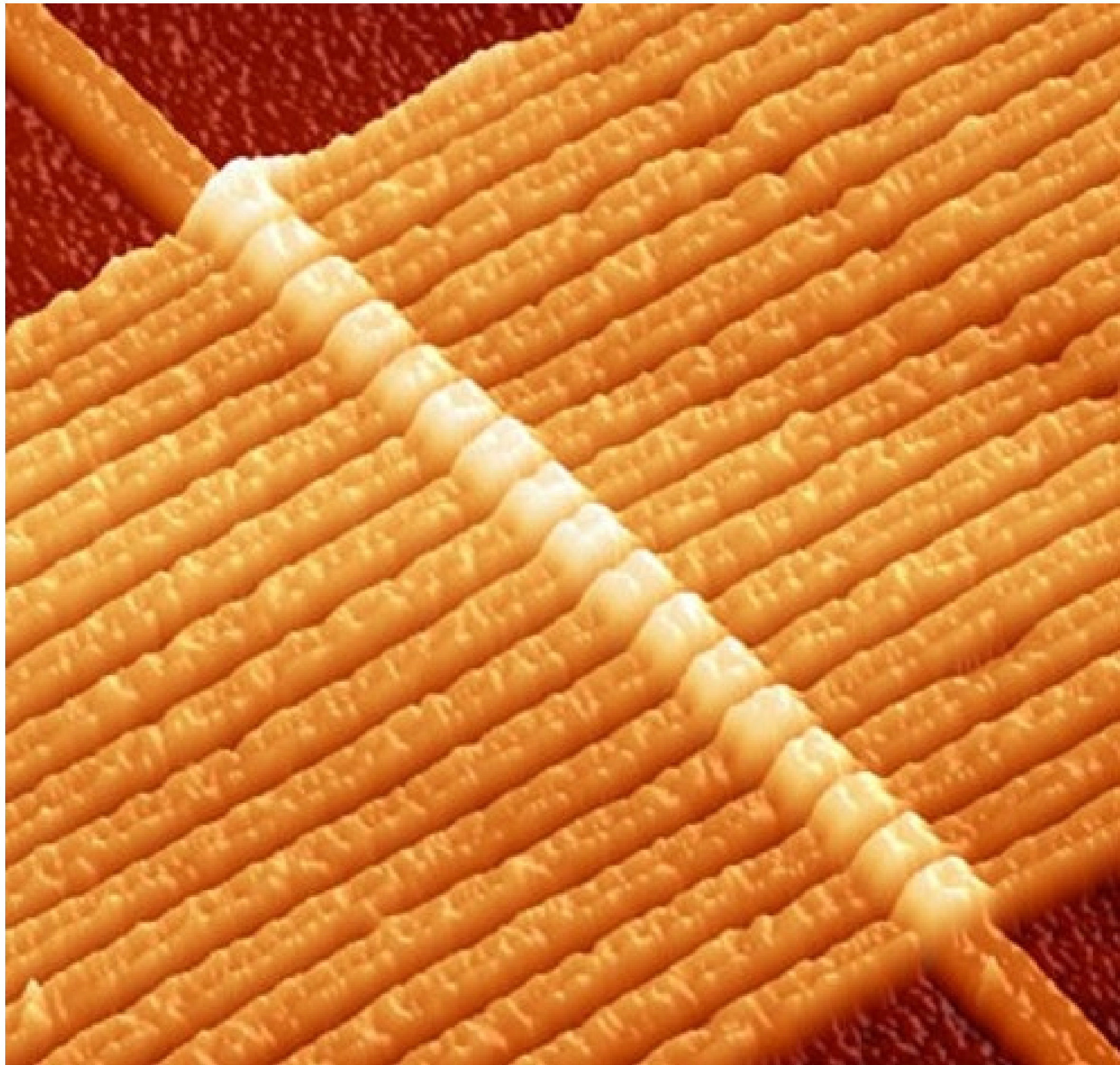


# Historie memristoru

1971, Leon Chua



# Objev



2008, laboratoře IBM

50nm pásky  $\text{TiO}_2$   
propojené platinovým  
páskem

bulletin 2/2009





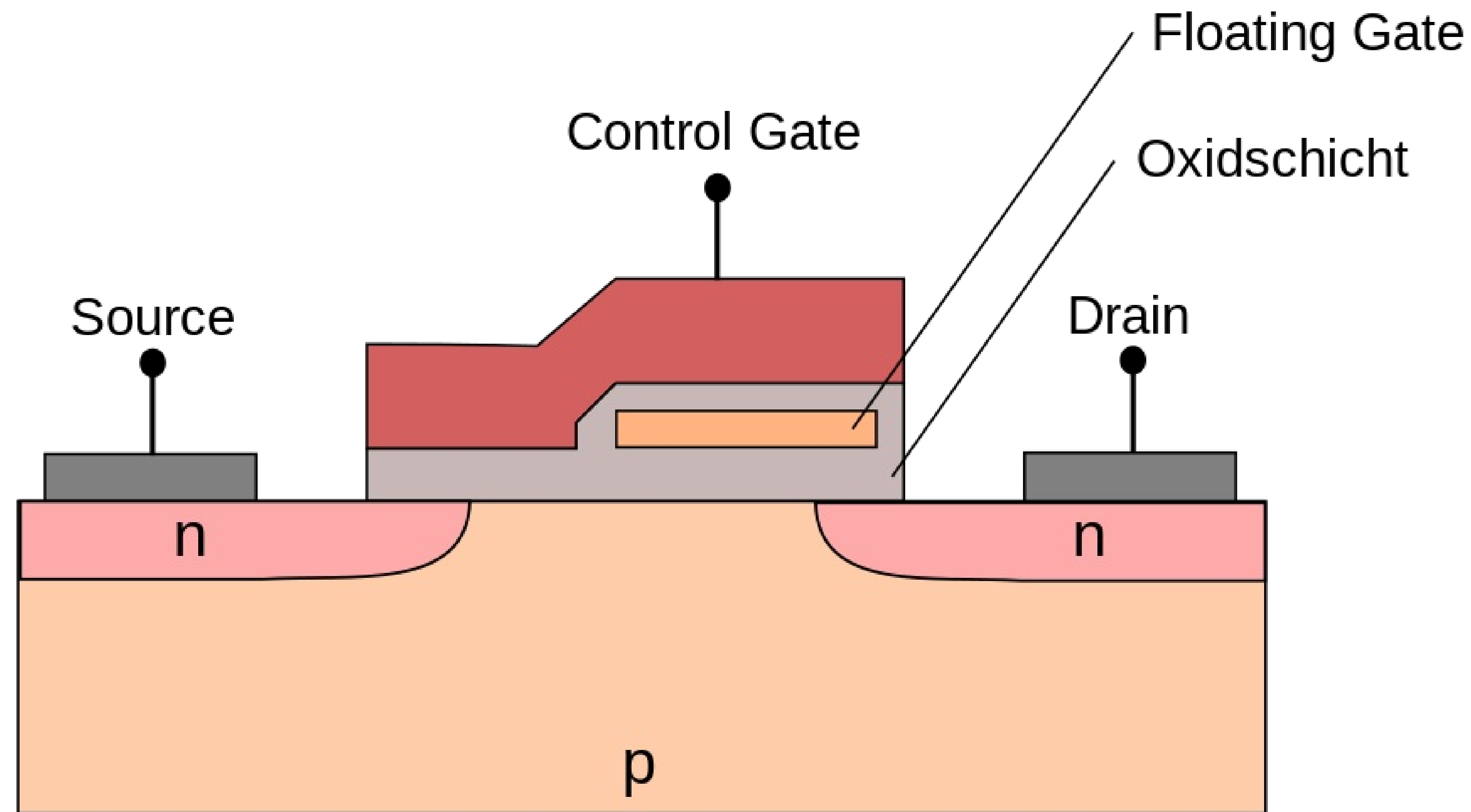
# 4. pasivní součástka?

$$d\Phi = M \cdot dQ \quad [Wb ; - ; C]$$

- Nelineární
- Vztah sinusového napětí k proudu nelze vyjádřit pomocí fázoru
- Kde je magnetický tok?



# Současné ne-volatilení paměti

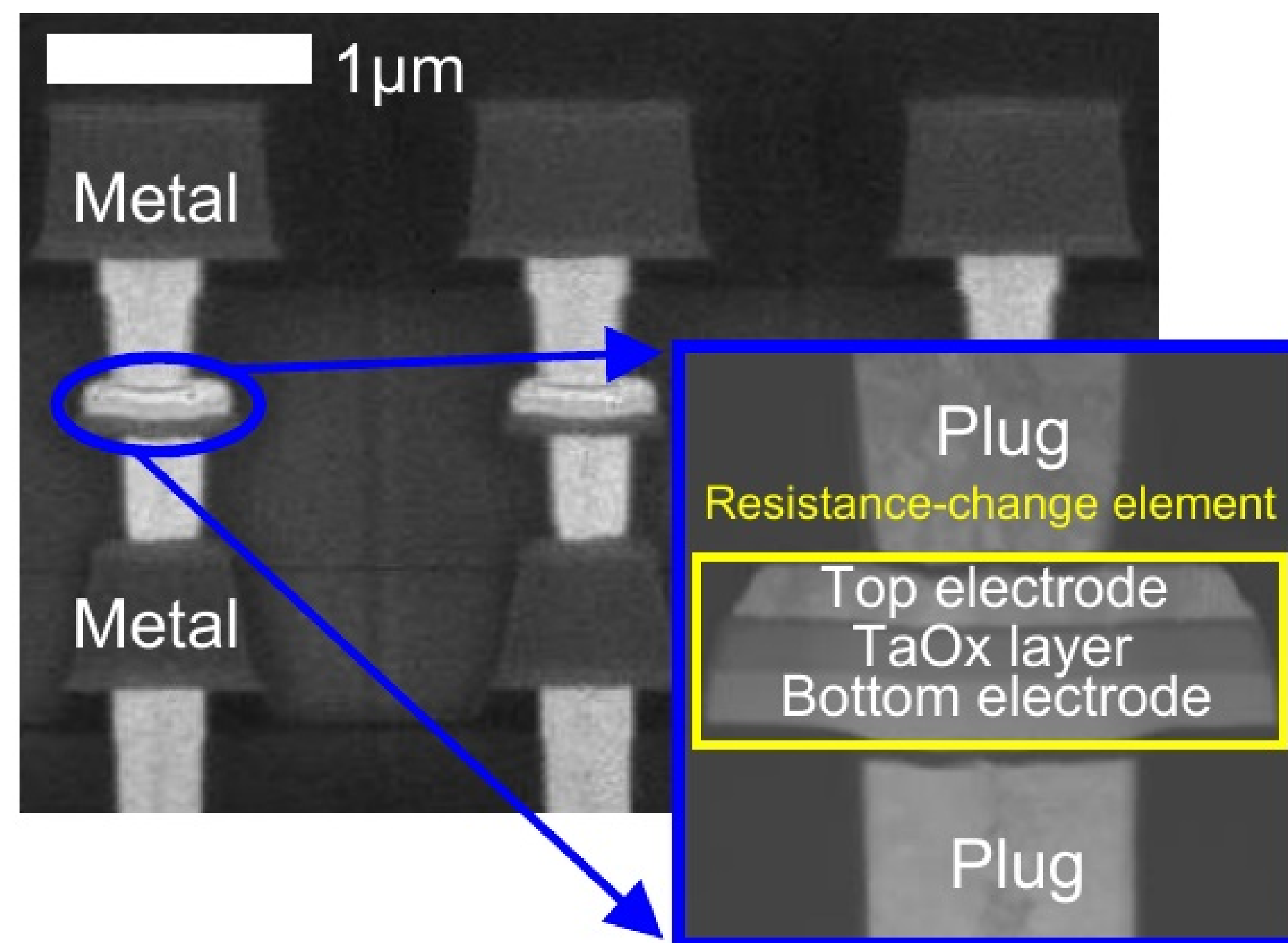
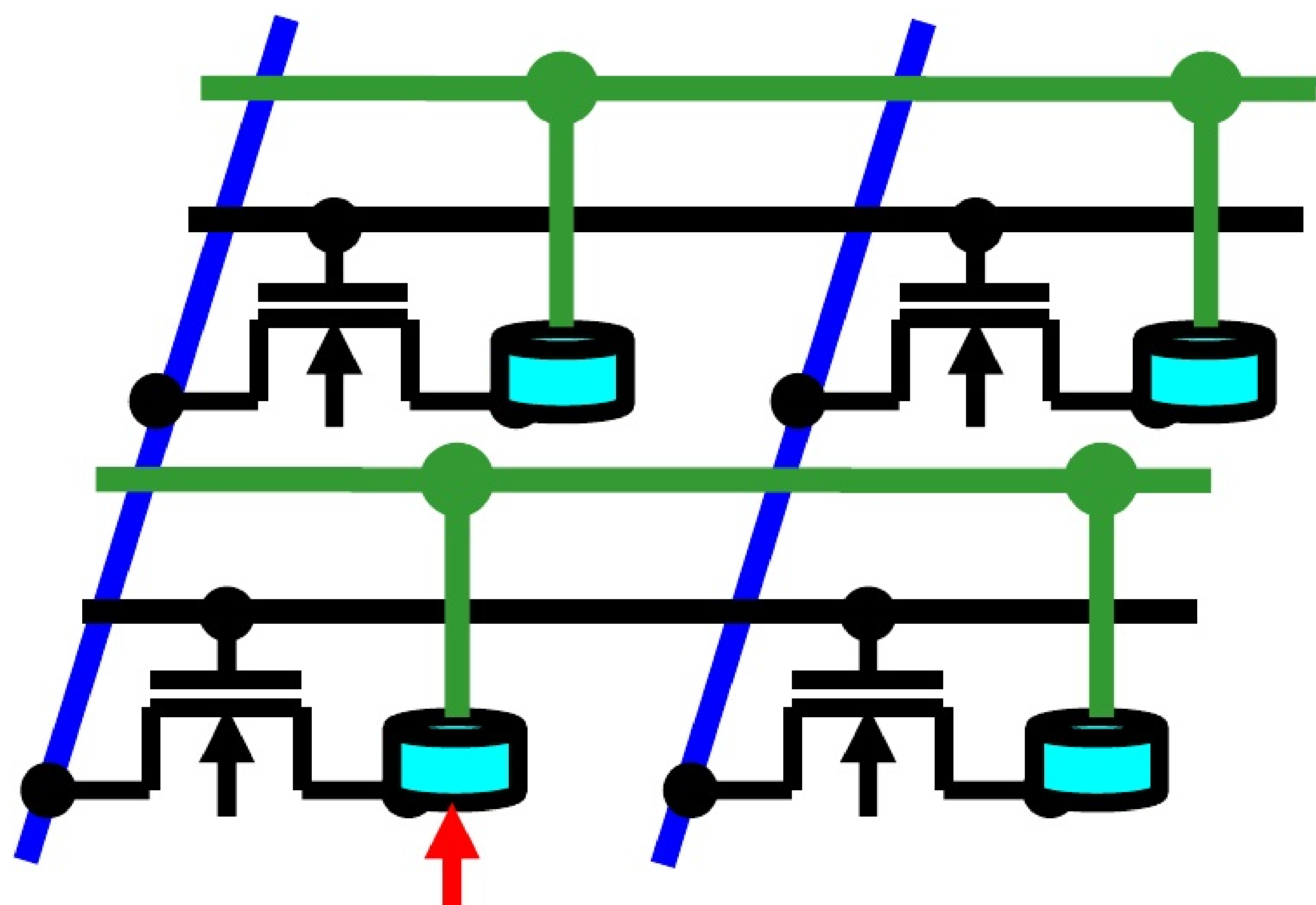


Využívají se tranzistory s "plovoucím" hradlem kde jsou přivedené elektrony "uvězněny"

Mazání probíhá přivedením vysokého napětí na CG, kdy jsou elektrony "vypuzeny" kvantovým tunelem

# RE-RAM paměti

(Resistive Random Access Memory)



První komerční produkt - osmibitový mikroprocesor Panasonic MN101L  
0.18 μm výrobní proces 4KiB RAM, 64 KiB RE-RAM (program i data),  
taktování 10 MHz, odhadem 100k přepisů proti 10k u EEPROM, 10ns pro zápis  
(1/5 času EEPROM) => **50% úspory energie**, "trvanlivost" dat 100 let (10 let\*)

# ...RE-RAM paměti

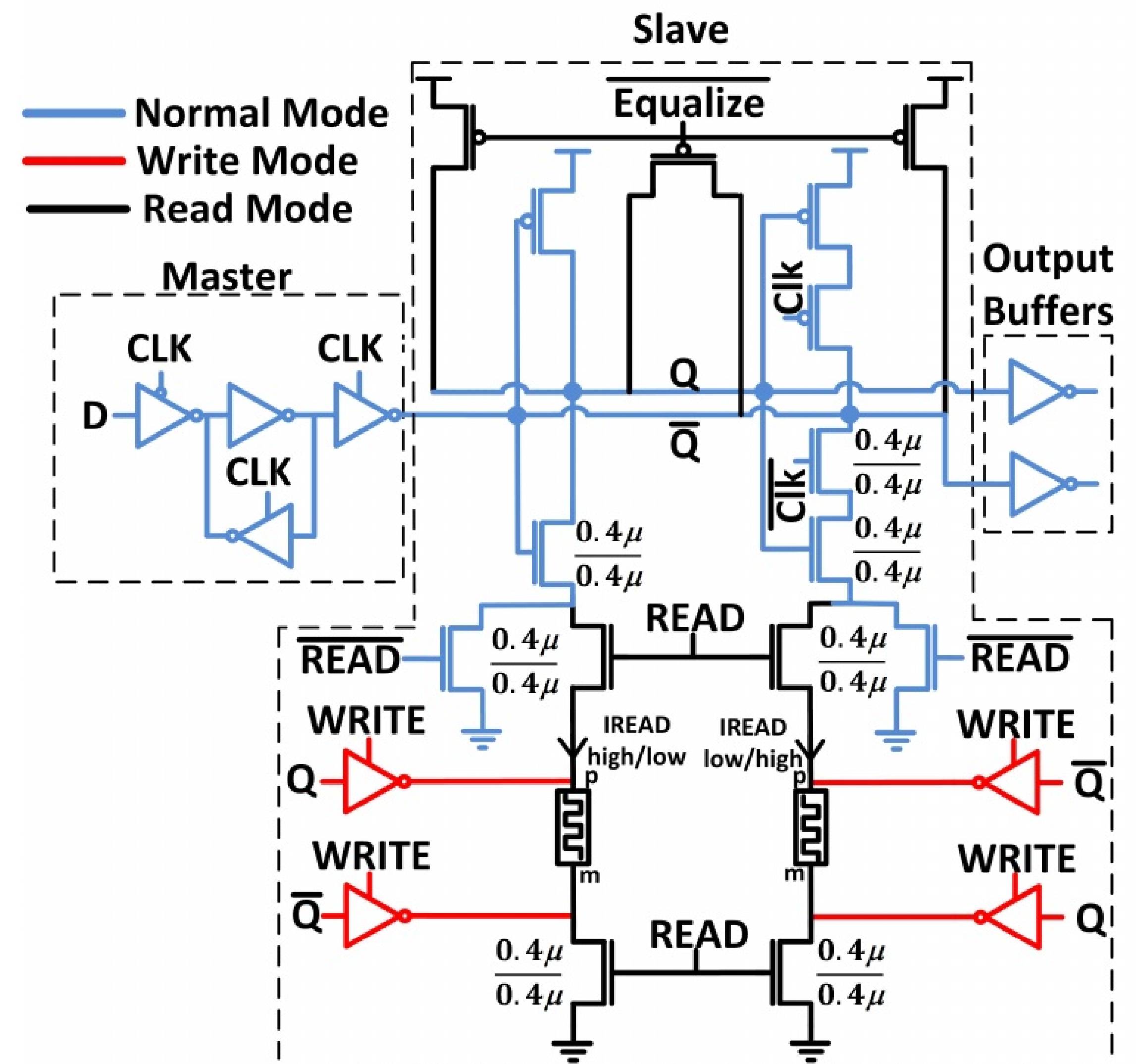
Náhrada za RAM paměti

- experimentální architektura z  
univerzity Lausanne, Švýcarsko

100nm CMOS technologie;  $1.5 \mu\text{m}^2$   
Al/TiO<sub>2</sub>/Al rezistory

mazání/nastavení pomocí  $\pm 2\text{V}$ ;  
 $10\mu\text{A}$ ;  $10\text{ns}$  ( $0,1\text{pC}$ )

dosahuje úspory energie  
(proti DRAM) pokud nečinné  
intervaly jsou delší jak  $1,47\text{s}$



# Další využití memristorů

?

