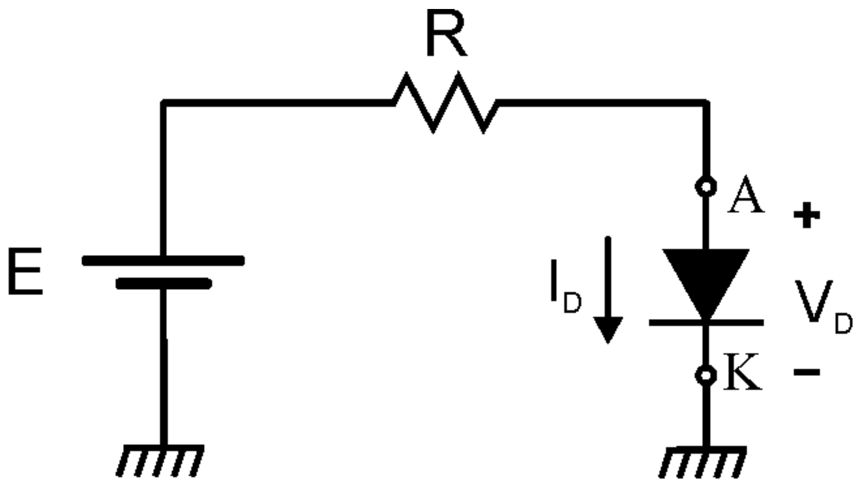
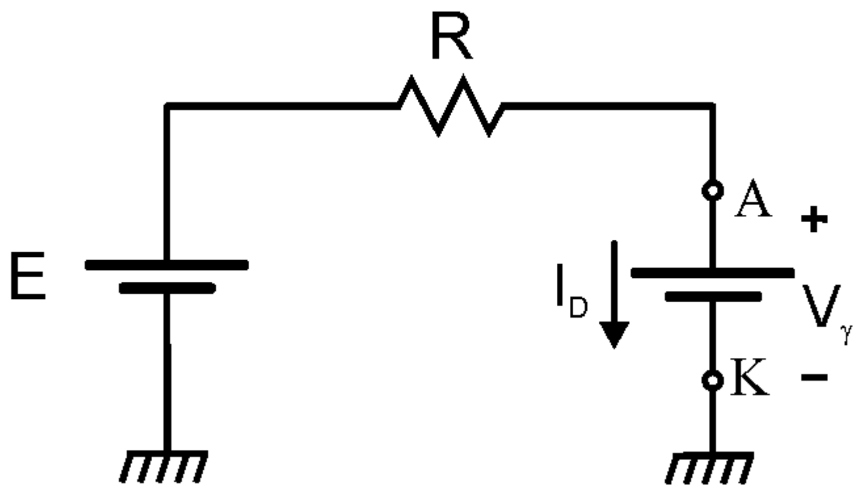
Elettronica Digitale
A.A. 2020-2021

Lezione 11/03/2021

Analisi dei circuiti – Esempio



Modello a caduta
di tensione costante



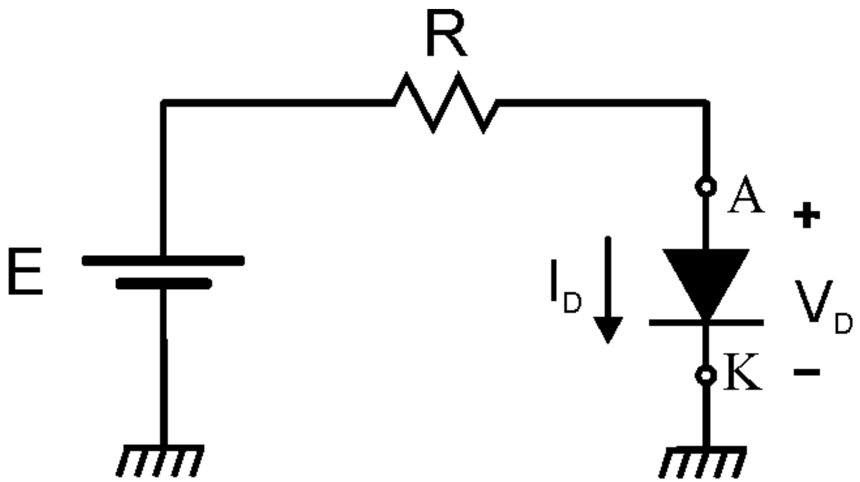
$$E = 5\,V \qquad R = 1\,k\Omega$$

$$\begin{cases} V_D = V_\gamma = 0.7\,V \\ E = RI_D + V_\gamma \end{cases}$$

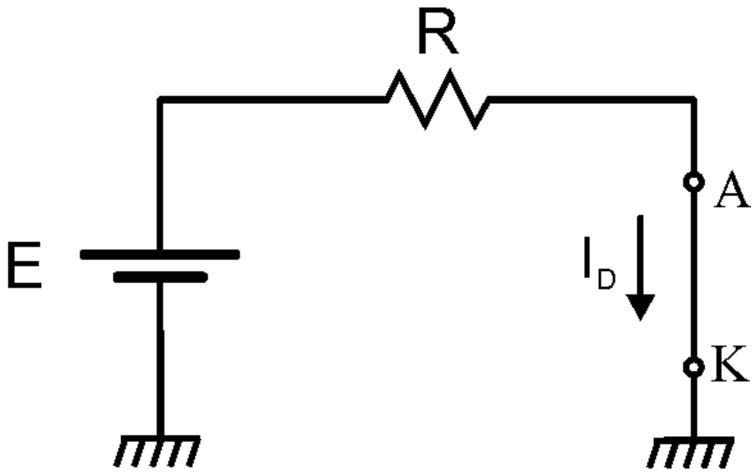
Ipotesi:
Diodo in conduzione

$$I_D = \frac{E - V_\gamma}{R} = \frac{5 - 0.7}{1000} = 4.3\,mA$$

Analisi dei circuiti – Esempio



Modello ideale del diodo



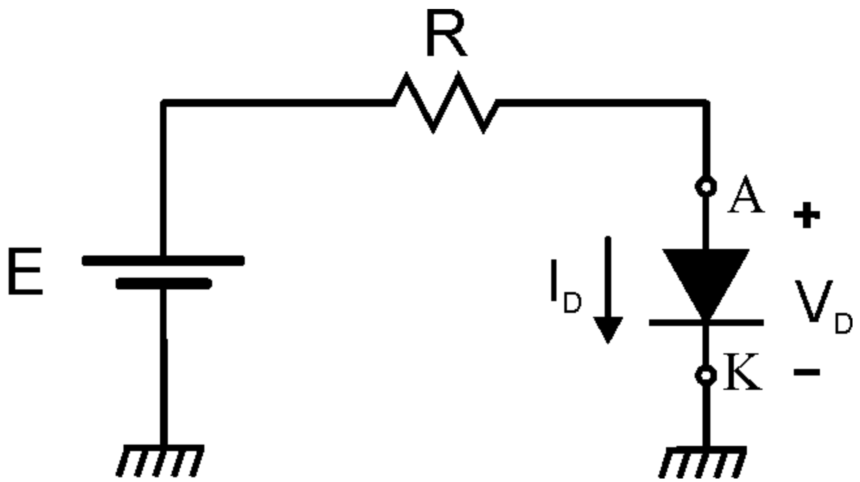
$$E = 5\,V \qquad R = 1\,k\Omega$$

$$\begin{cases} V_D = 0\,V \\ E = RI_D \end{cases}$$

Ipotesi:
Diodo in conduzione

$$I_D = \frac{E}{R} = \frac{5}{1000} = 5\,mA$$

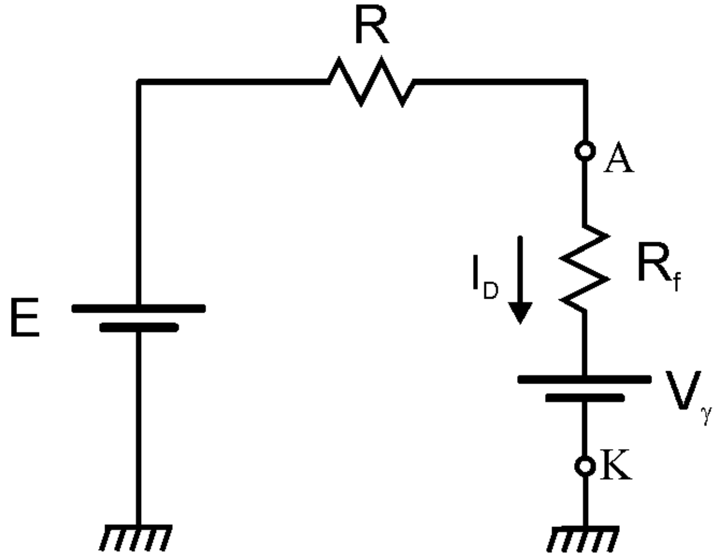
Analisi dei circuiti – Esempio



$$E = 5\,V \qquad R = 1\,k\Omega$$

Ipotesi:
Diodo in conduzione

Modello lineare a tratti



$$R_f = 20\,\Omega$$

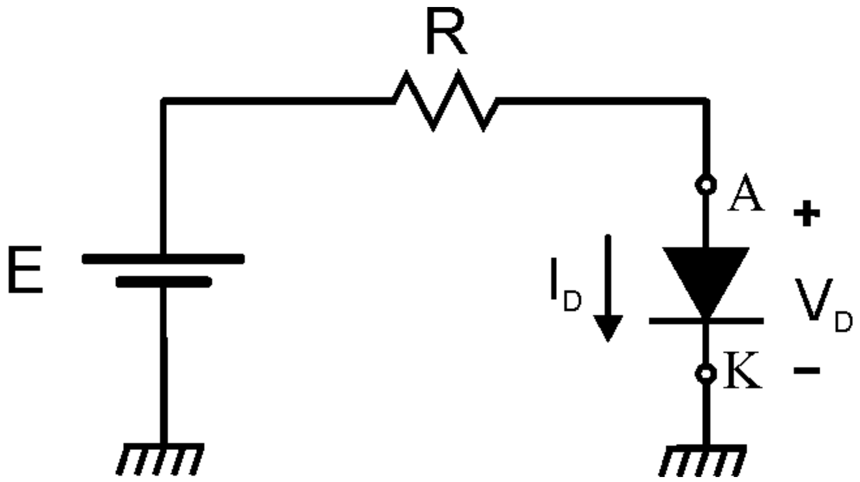
$$V_\gamma = 0.65\,V$$

$$\begin{cases} E = \left(R + R_f\right) I_D + V_\gamma \\ V_D = V_{AK} = V_\gamma + R_f I_D \end{cases}$$

$$I_D = \frac{E - V_\gamma}{R + R_f} = \frac{5 - 0.65}{1020} = 4.265\,mA$$

$$V_D = V_{AK} = 0.65 + 20 \times 4.265 \times 10^{-3} = 0.7353\,V$$

Analisi dei circuiti – Esempio



$E = 5V$ $R = 1\,k\Omega$

MODELLO	I_D (mA)	V_D (V)
Esponenziale	4.237	0.762
Grafico	4.2	0.7
Caduta costante	4.3	0.7
Diodo ideale	5	0
Lineare a tratti	4.265	0.7353

Il modello del diodo a caduta di tensione costante è il miglior compromesso tra semplicità del modello e accuratezza della soluzione ottenuta.
Nei circuiti in cui la caduta di tensione sul diodo può essere considerata trascurabile, si può utilizzare il modello ideale del diodo.

Analisi dei circuiti contenenti diodi - Procedura

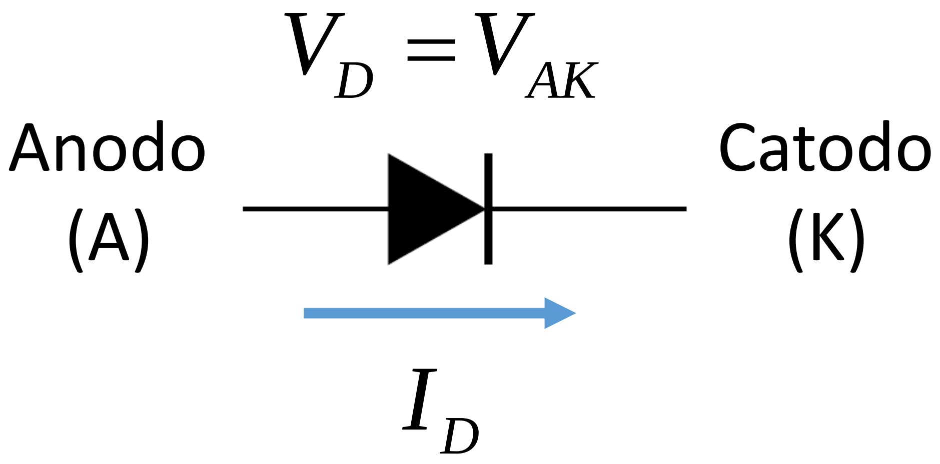
- Ipotizzare lo stato di ciascun diodo (Conduzione o Interdizione)
- Sostituire ciascun diodo con il corrispondente modello:

  -) se in conduzione con un generatore di tensione costante di valore V_γ (modello a caduta costante), un cortocircuito (diodo ideale), un generatore con una resistenza in serie (modello lineare a tratti)

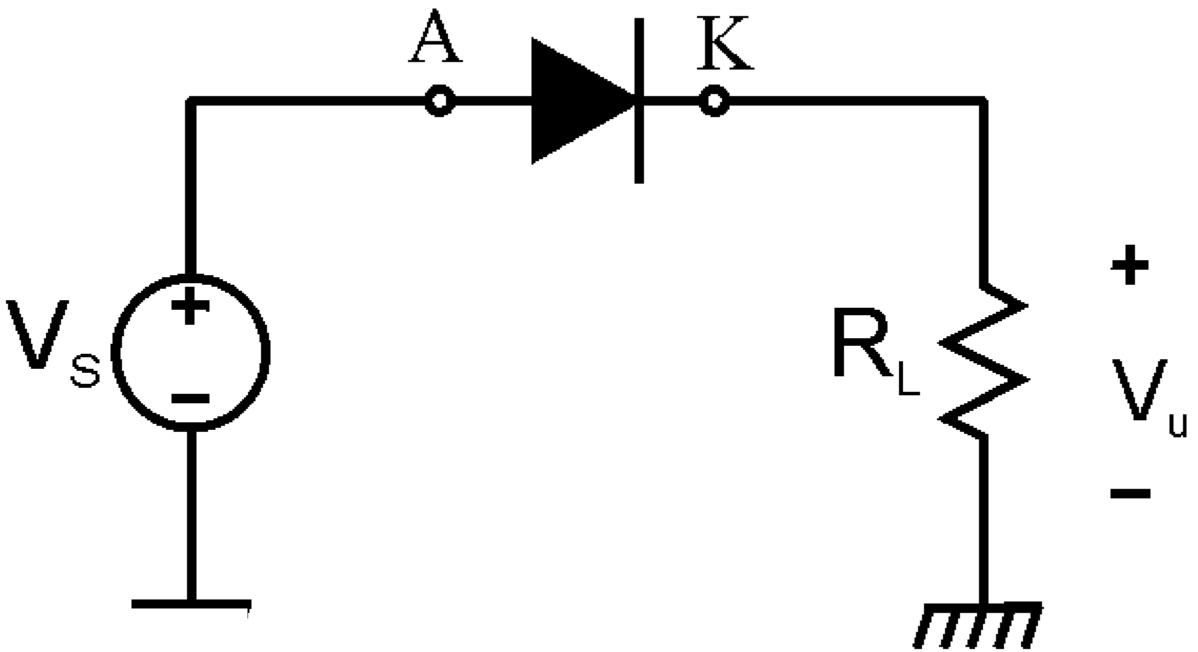
  -) se interdetto con un circuito aperto
- Risolvere il circuito
- Verificare la correttezza delle ipotesi iniziali sullo stato di ciascun diodo:
  - se sono tutte verificate, la soluzione ottenuta è quella corretta
  - se almeno una delle ipotesi non è verificata, bisogna cambiare tale ipotesi, risolvere di nuovo il circuito e fare una nuova verifica delle ipotesi. Il processo continua fino a quando non si trova la soluzione che soddisfa le ipotesi sullo stato di tutti i diodi.

Analisi dei circuiti contenenti diodi - Procedura

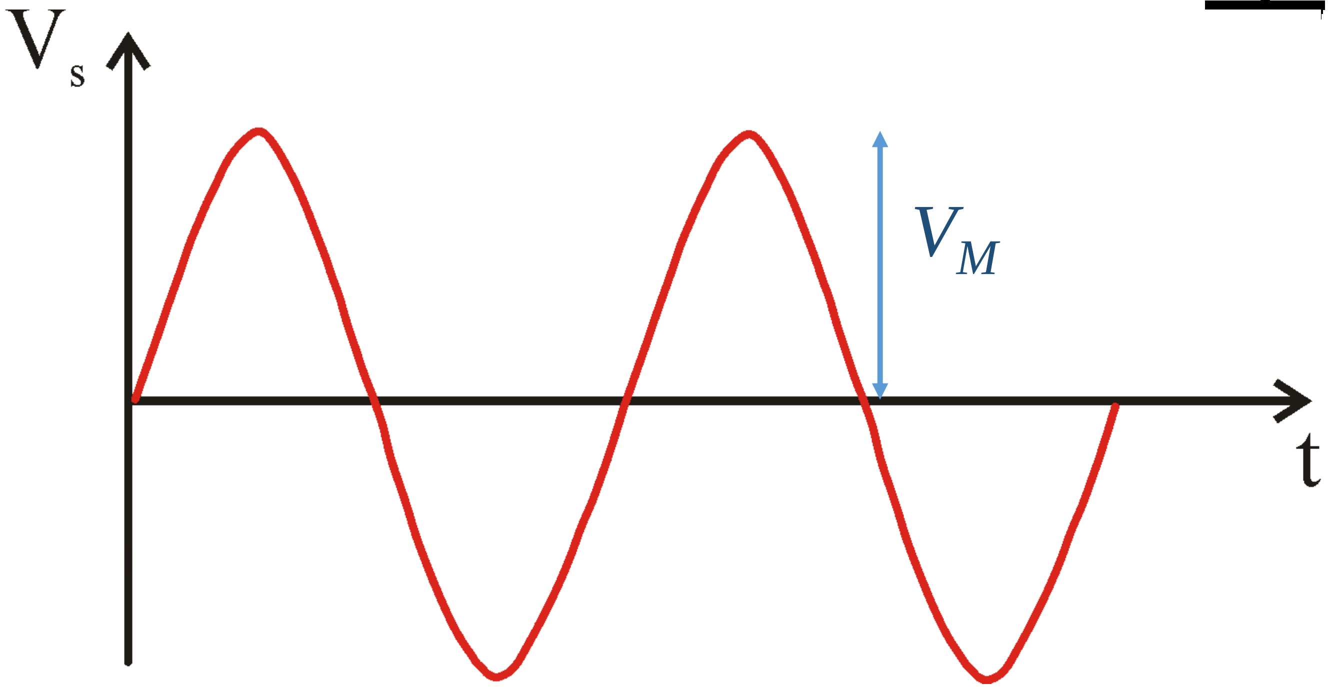
STATO DEL DIODO	PARAMETRO FISSATO	VERIFICA
CONDUZIONE	$V_D=V_\gamma$	$I_D>0$
INTERDIZIONE	$I_D=0$	$V_D<V_\gamma$



Circuito rettificatore

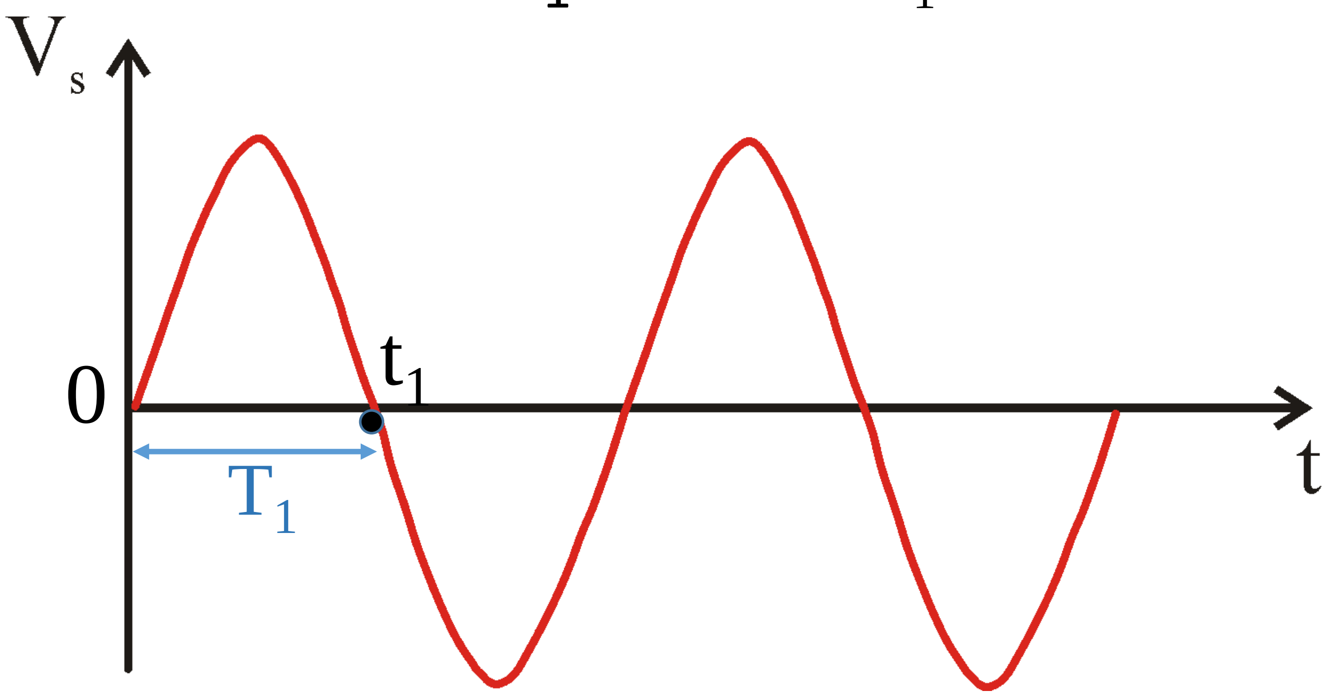


$$V_S = V_M \sin(\omega t)$$



Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

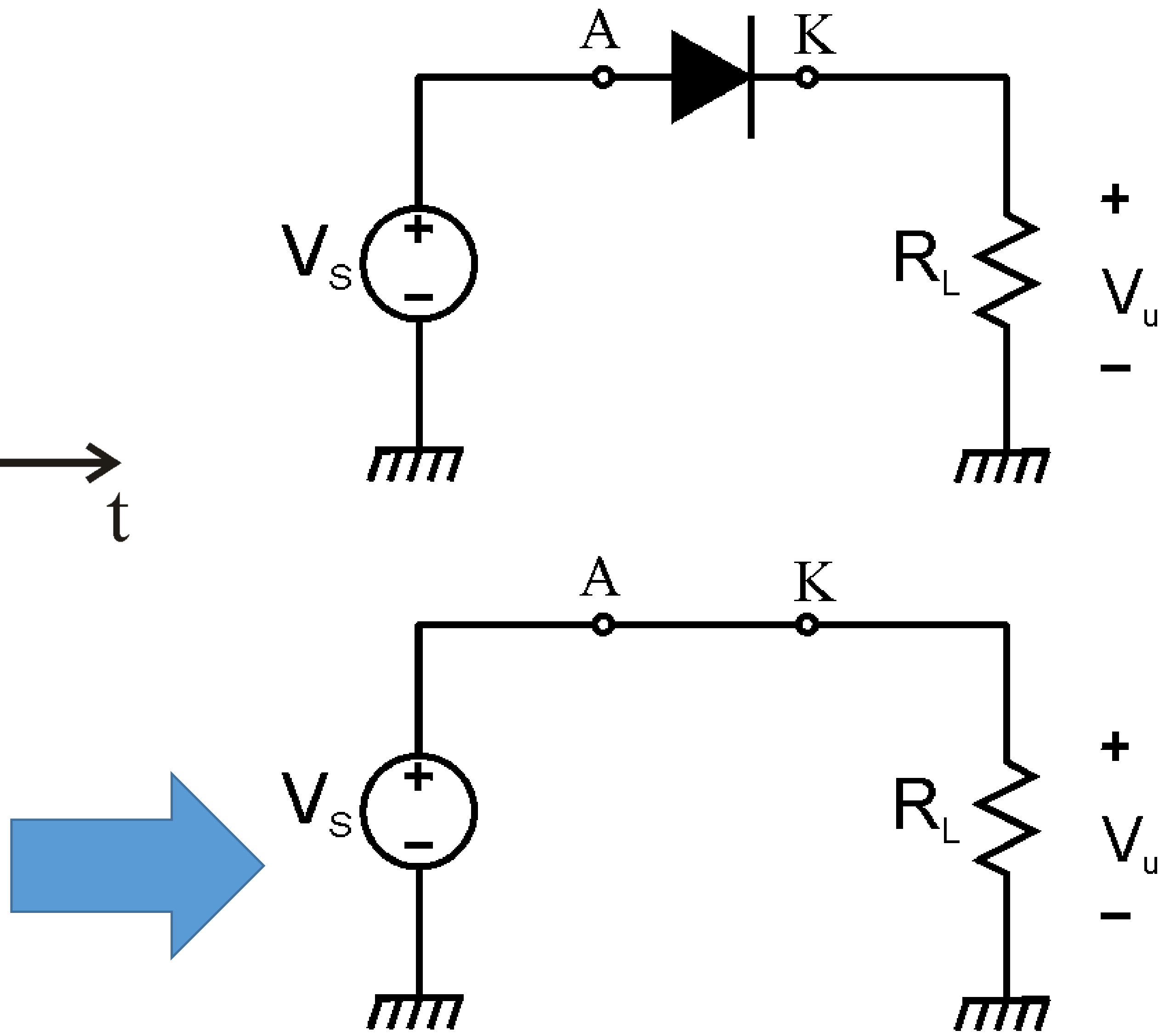
Intervallo T_1: $0 \leq t \leq t_1$



$V_S \geq 0$

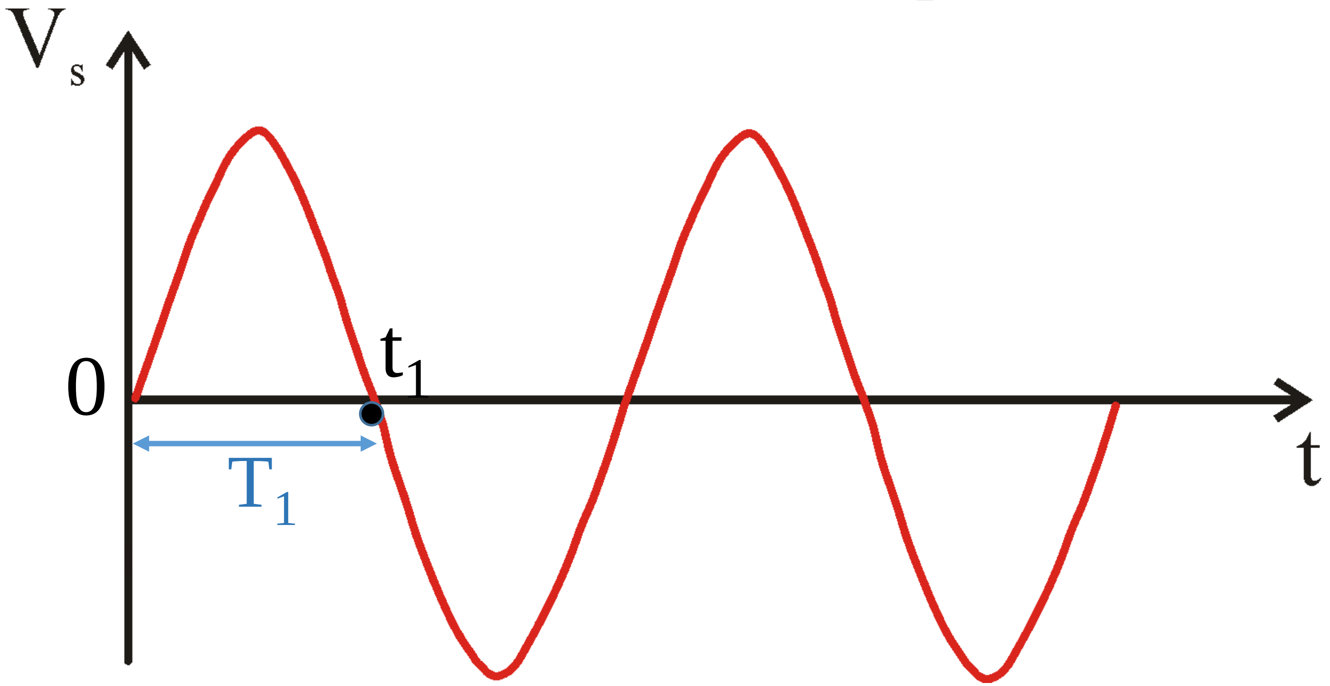
Ipotesi:

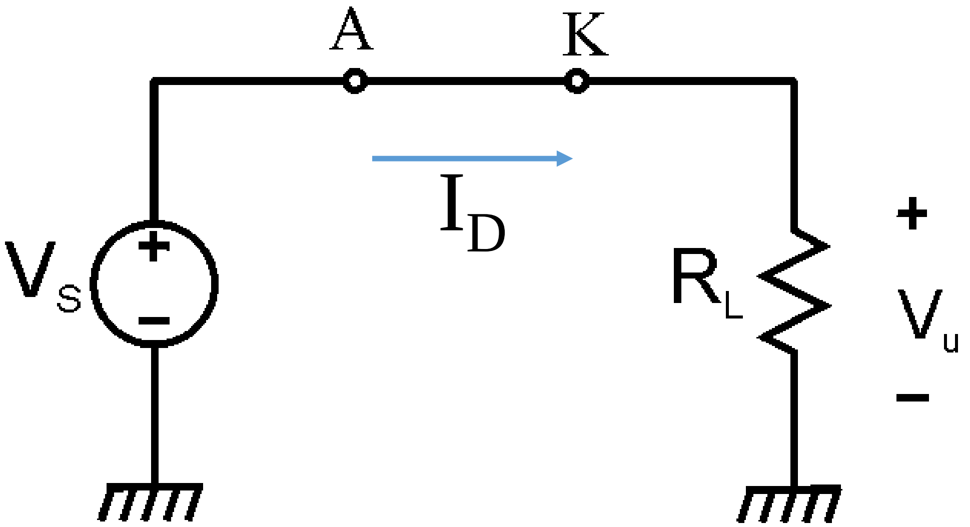
Diodo in conduzione (ON)



Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

Intervallo T_1: $0 \le t \le t_1$





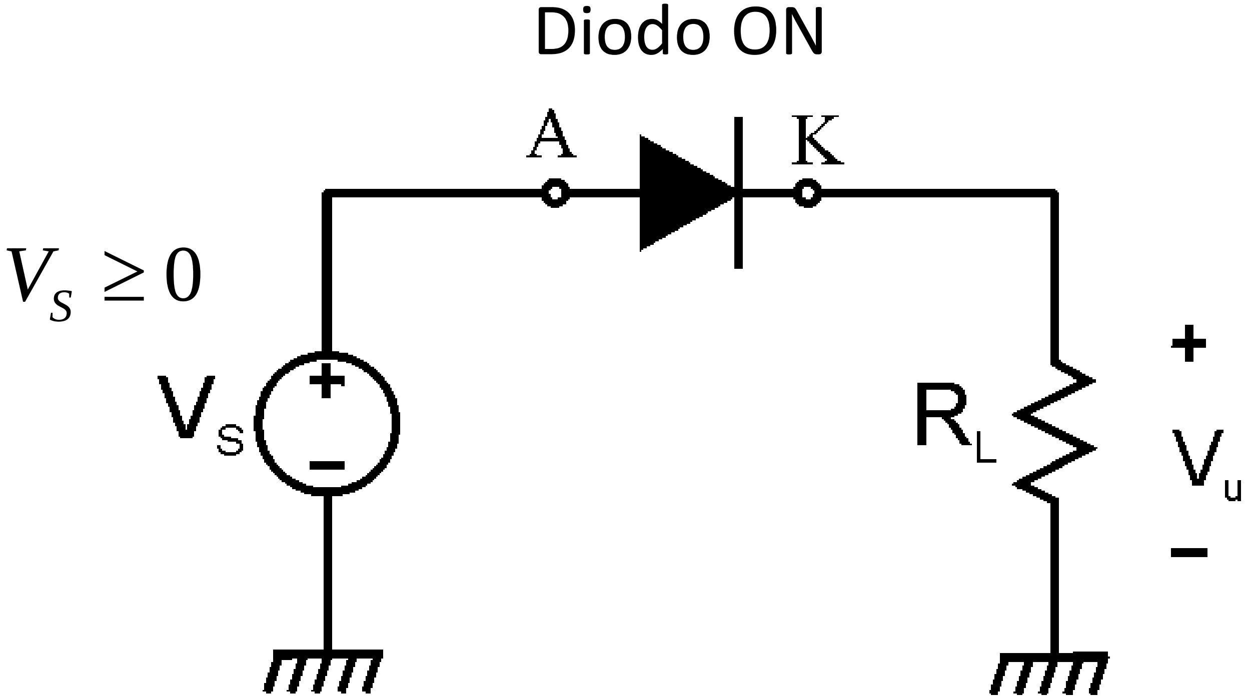
$$\boxed{V_u = V_S}$$

$V_S \ge 0$ Ipotesi:
Diodo in conduzione (ON)

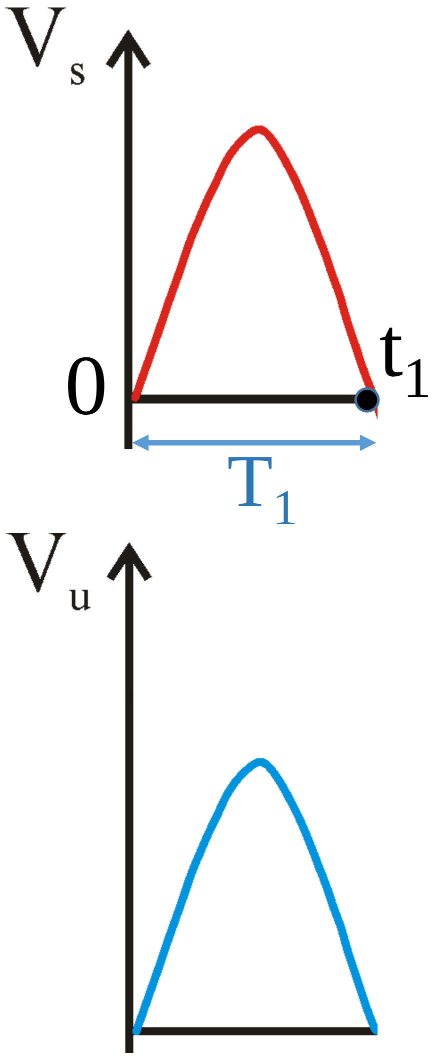
$$I_D = \frac{V_S}{R_L} \ge 0$$ Ipotesi verificata

Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

Intervallo T_1

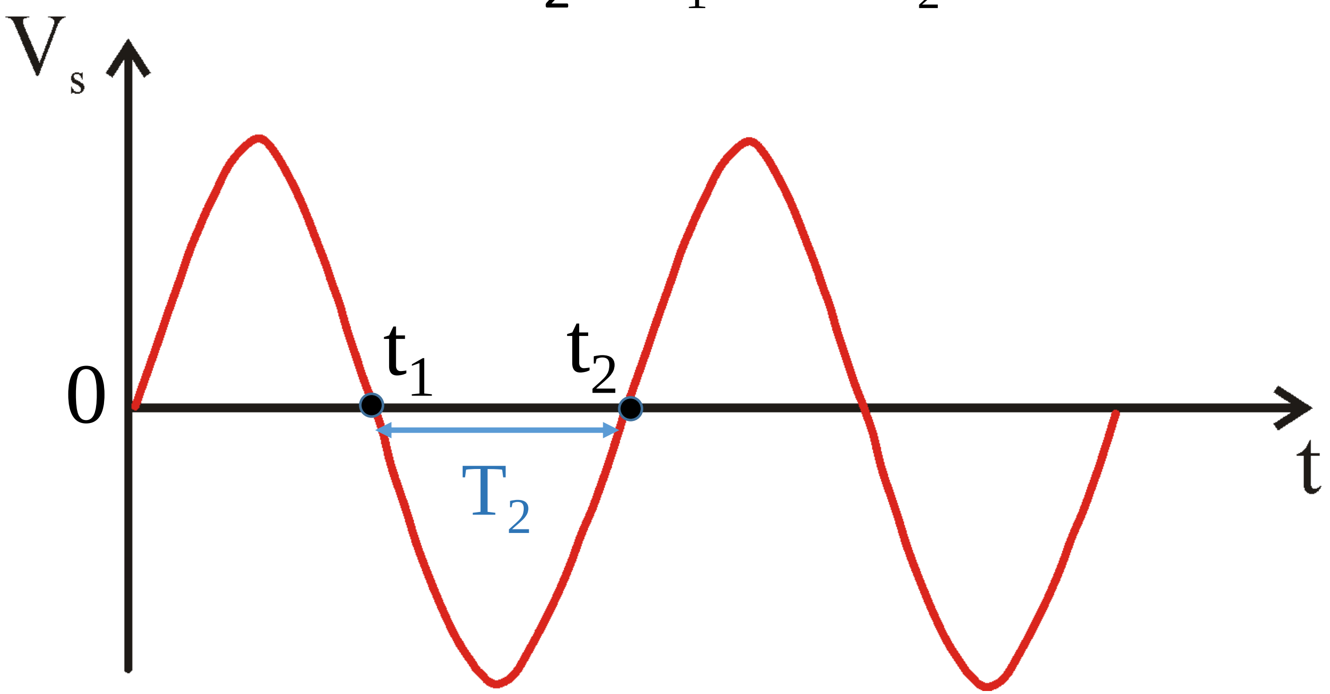


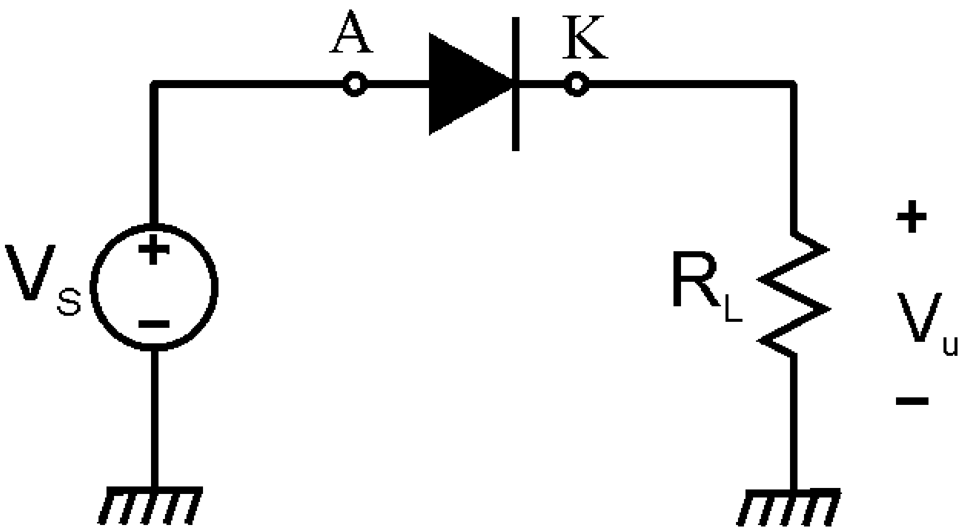
$$\boxed{V_u = V_S}$$



Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

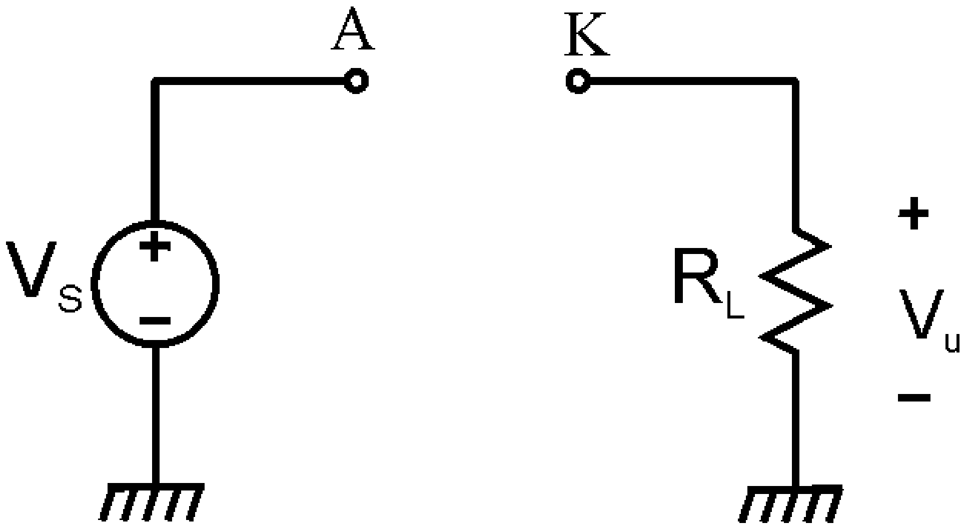
Intervallo T_2: $t_1 < t < t_2$





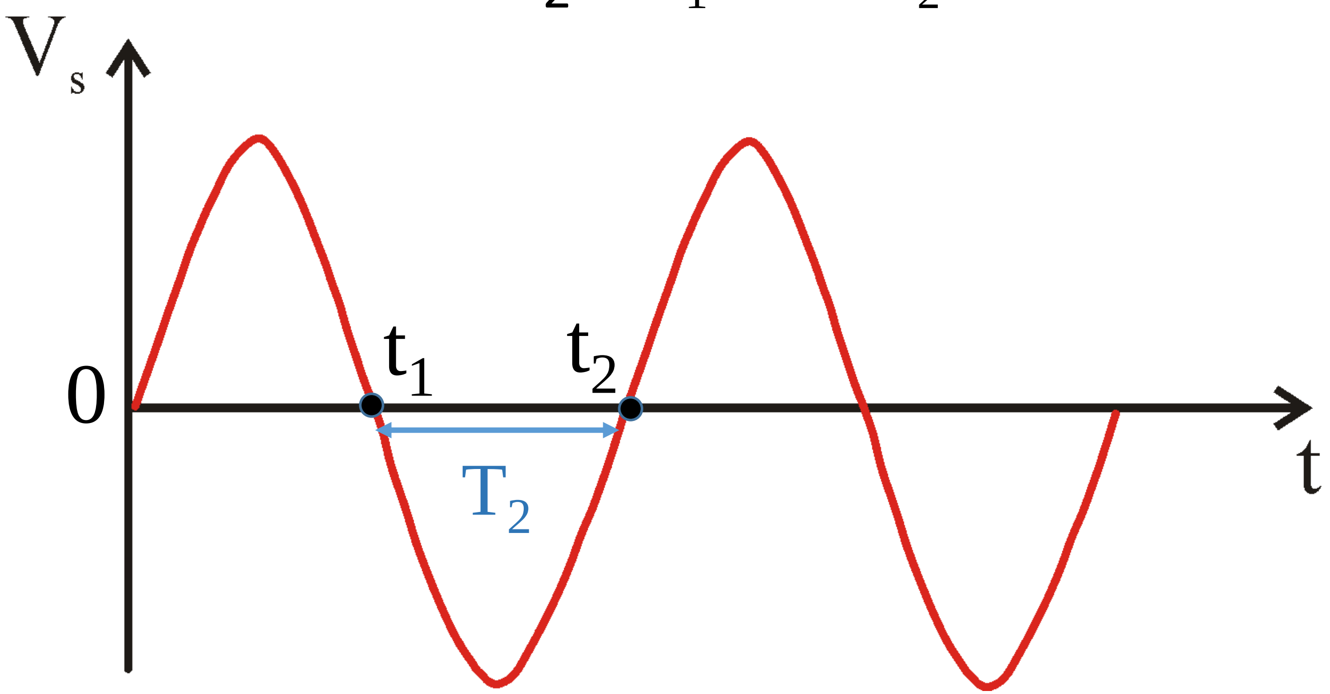
$V_S < 0$ Ipotesi:

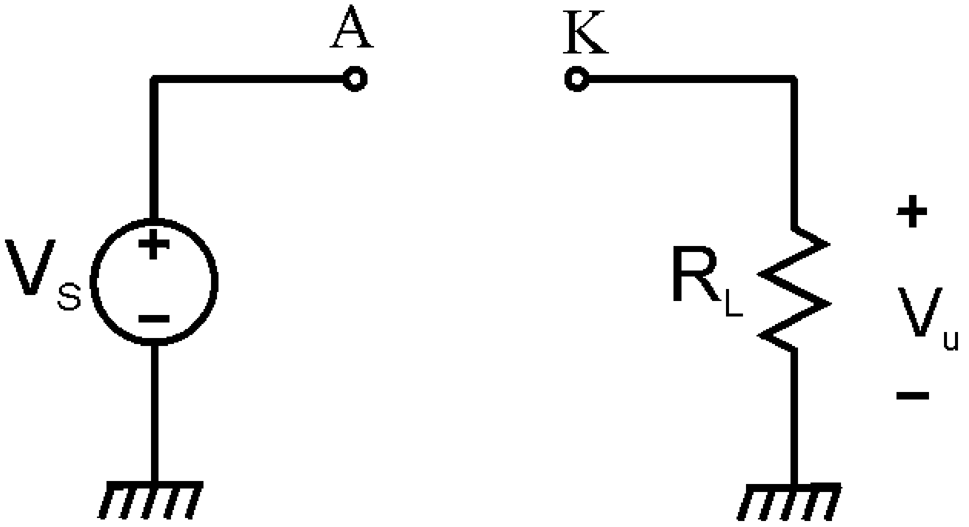
Diodo in interdizione (OFF)



Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

Intervallo T_2: $t_1 < t < t_2$





$V_S < 0$ Ipotesi:
Diodo in interdizione(OFF)

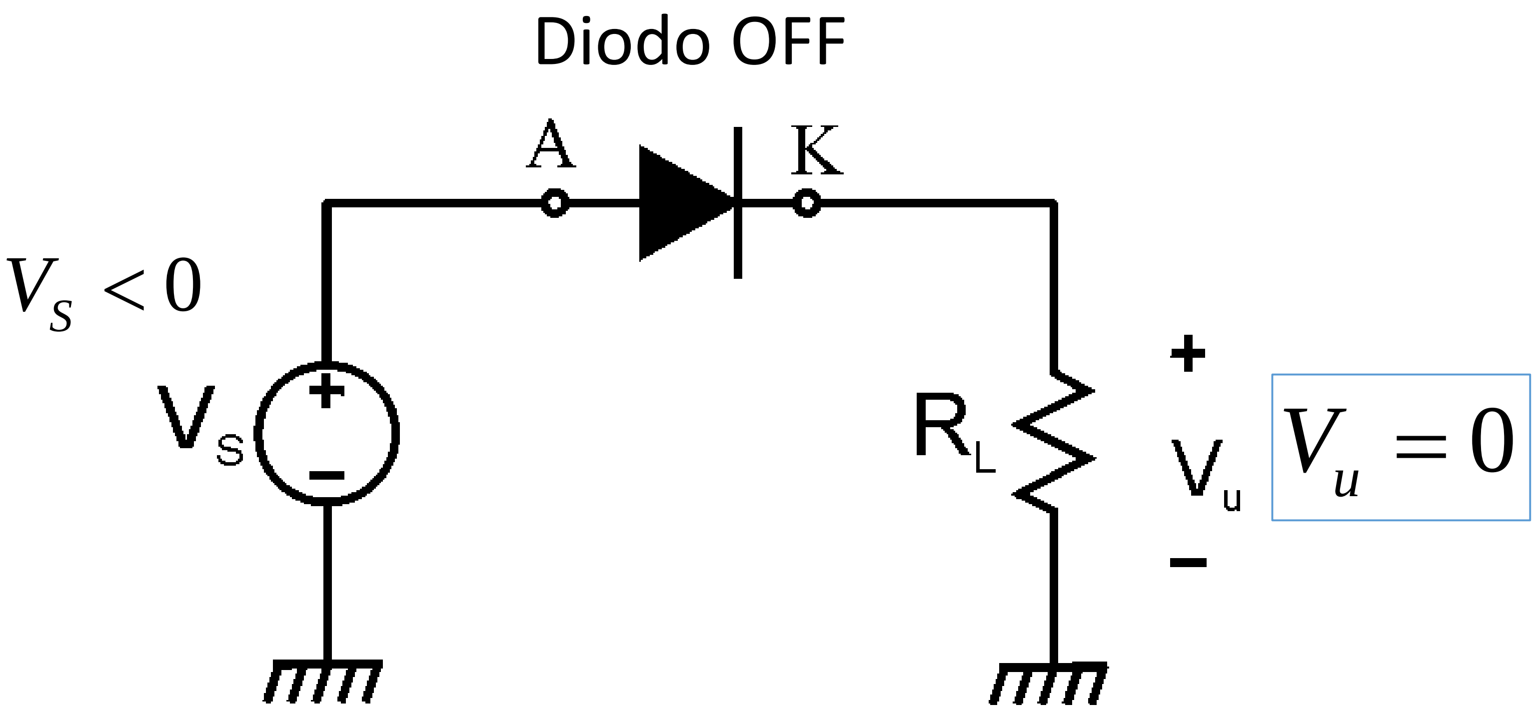
$V_u = 0$

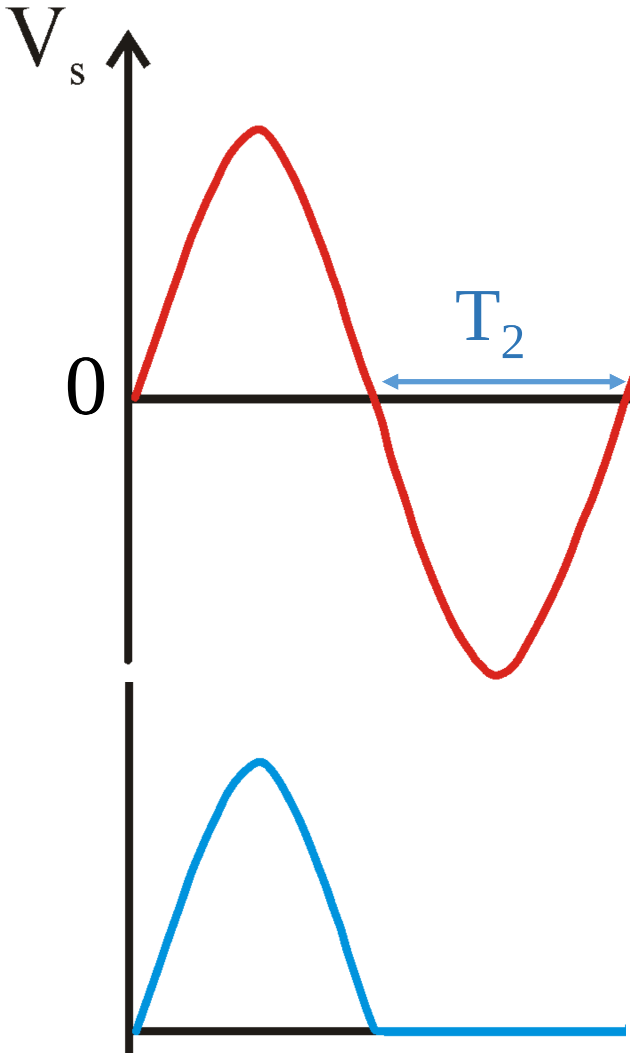
$V_{AK} = V_S < 0$ Ipotesi verificata

Peak-Inverse-Voltage (PIV)=V_M

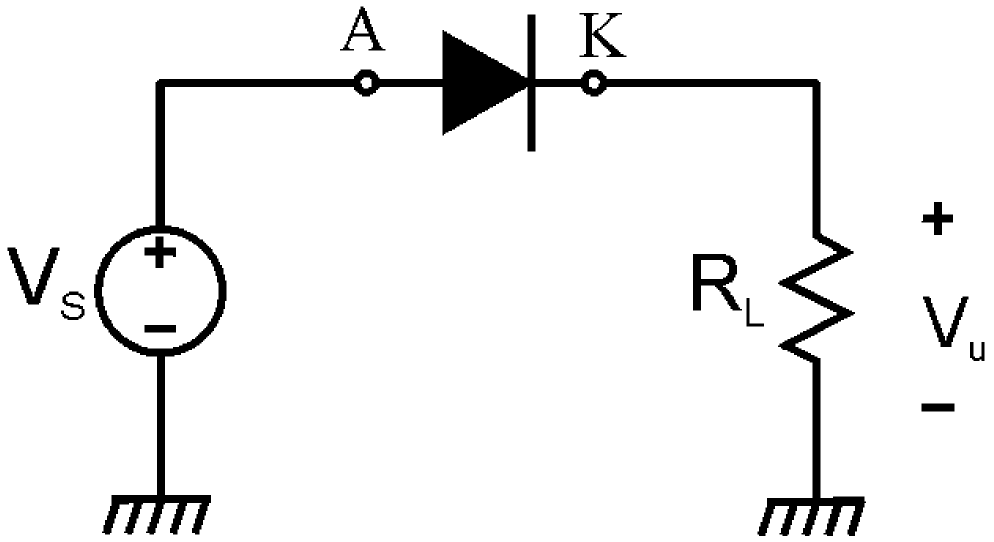
Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

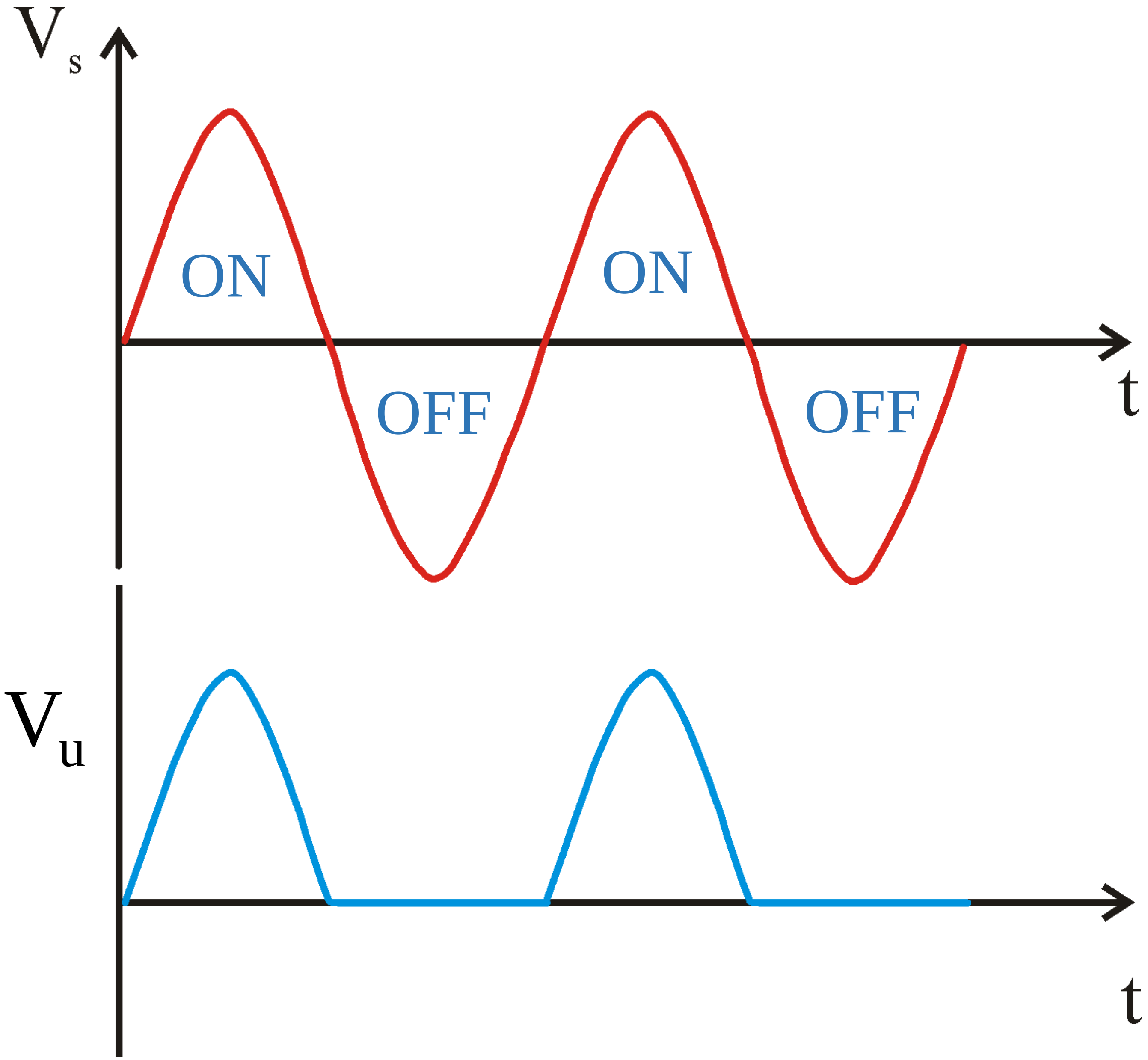
Intervallo T_2





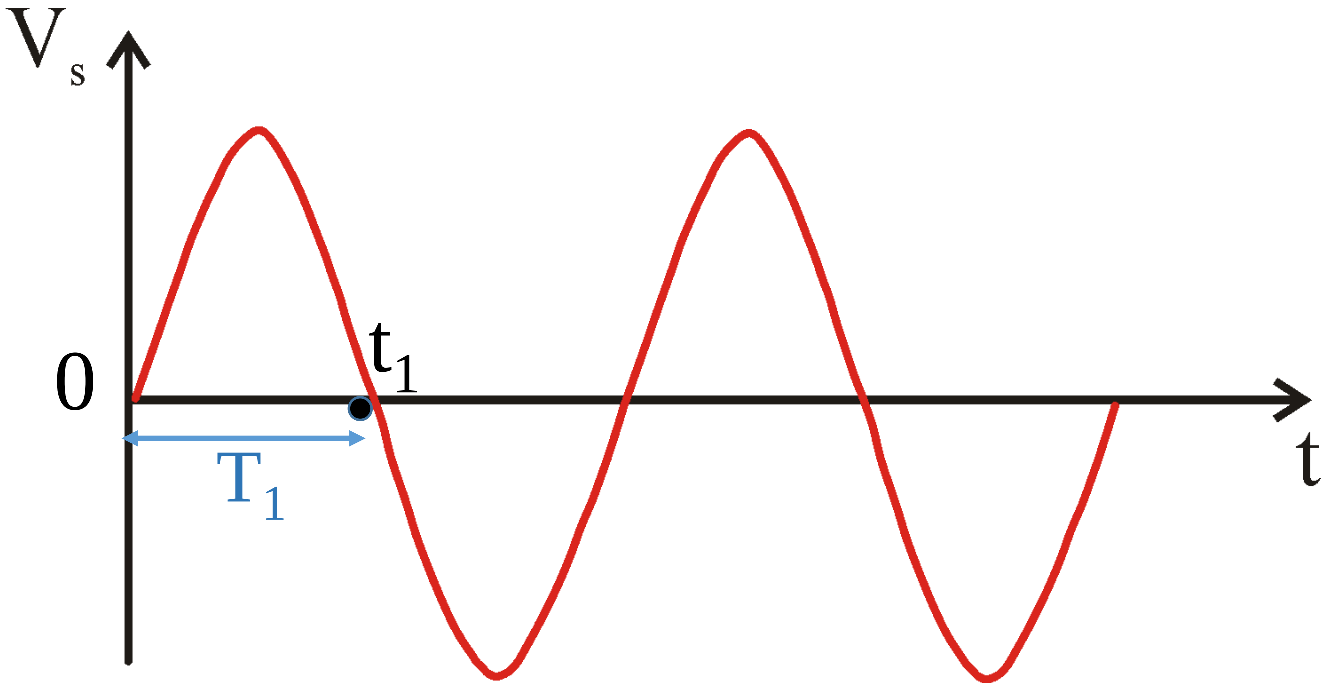
Circuito rettificatore – Modello del diodo ideale

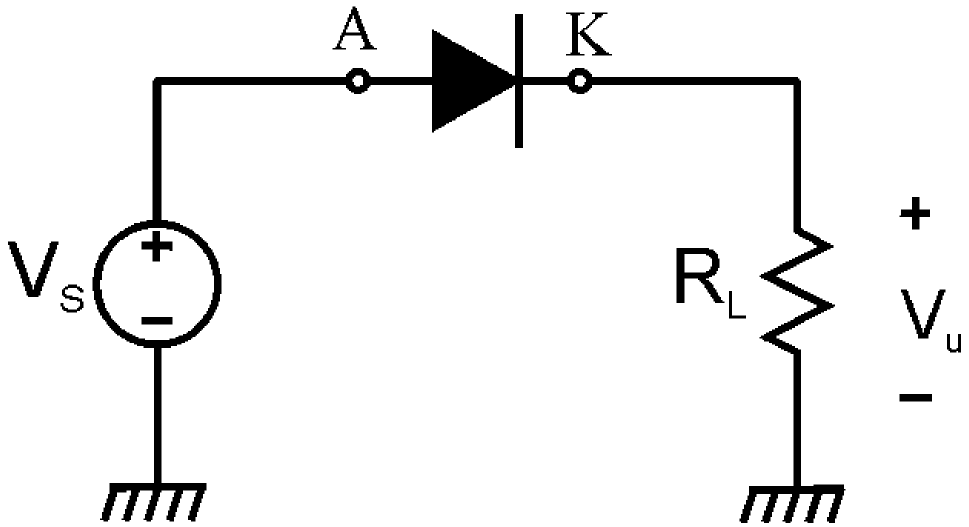




Circuito rettificatore – Modello a caduta di tensione costante

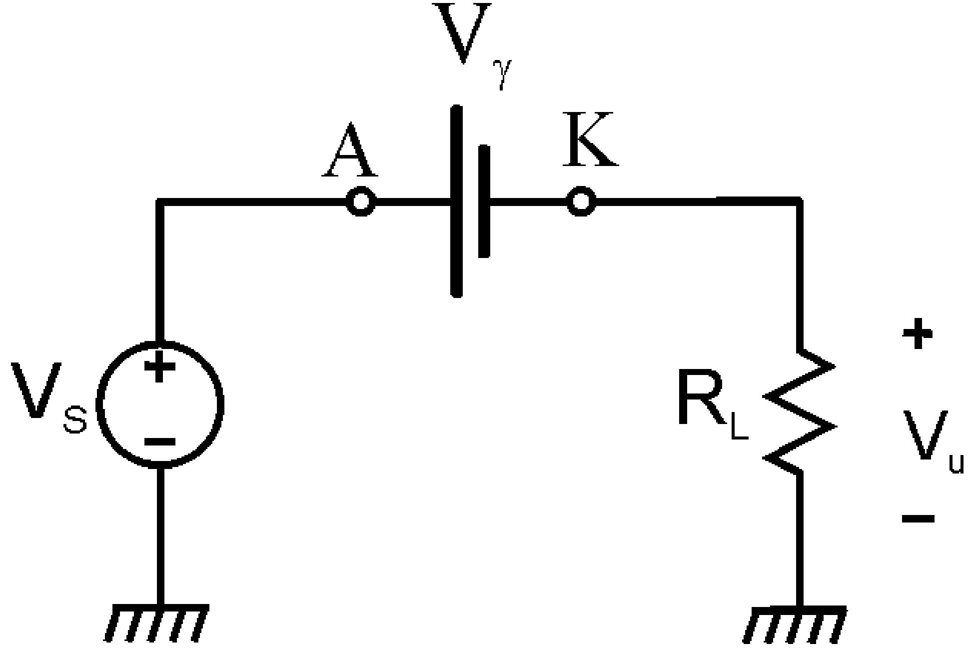
Intervallo T_1: $0 \le t \le t_1$





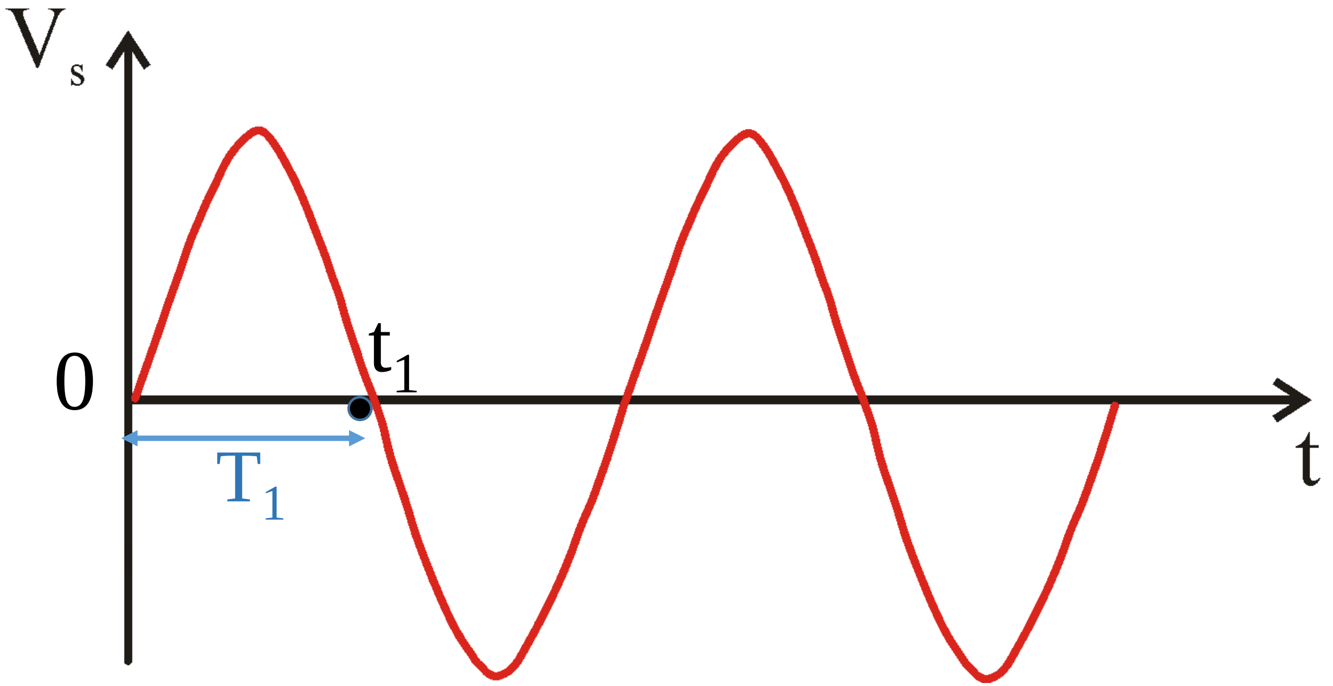
$V_S \ge 0$

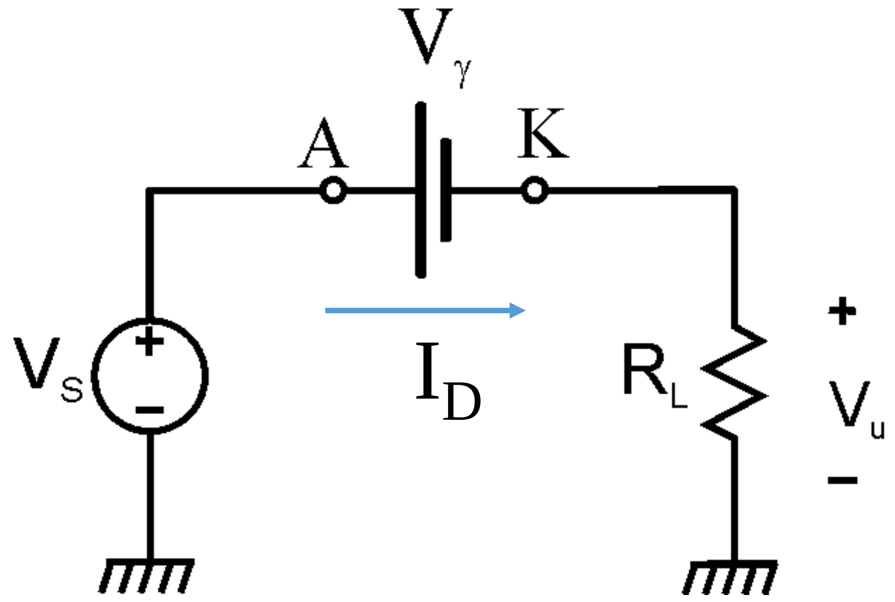
Ipotesi:
Diodo in conduzione (ON)



Circuito rettificatore – Modello a caduta di tensione costante

Intervallo T_1: $\quad 0 \le t \le t_1$





$$V_S = V_\gamma + V_u \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_u = V_S - V_\gamma}$$

$$V_S = V_\gamma + R_L I_D \quad \Rightarrow \quad \boxed{I_D = \frac{V_S - V_\gamma}{R_L}}$$

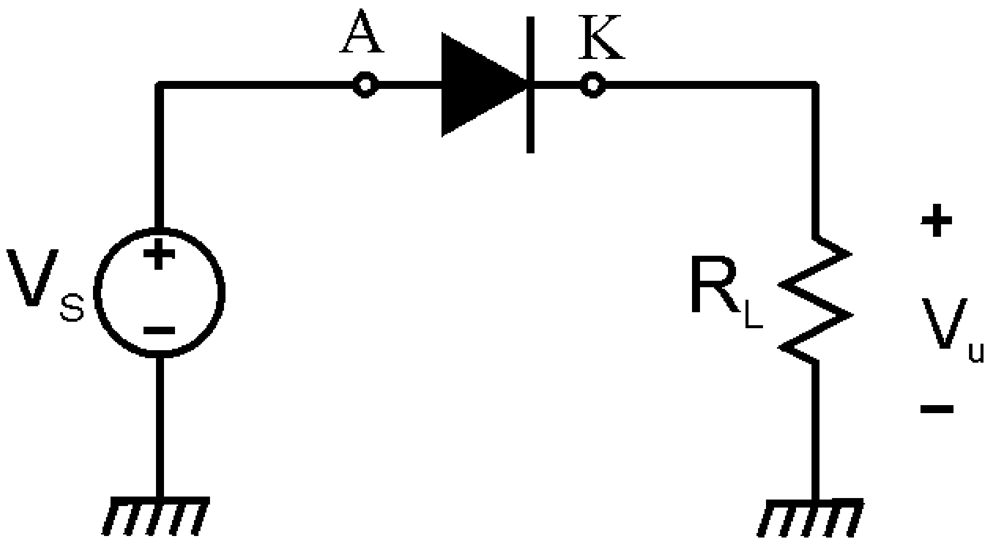
$$\boxed{I_D \ge 0 \Leftrightarrow V_S \ge V_\gamma}$$

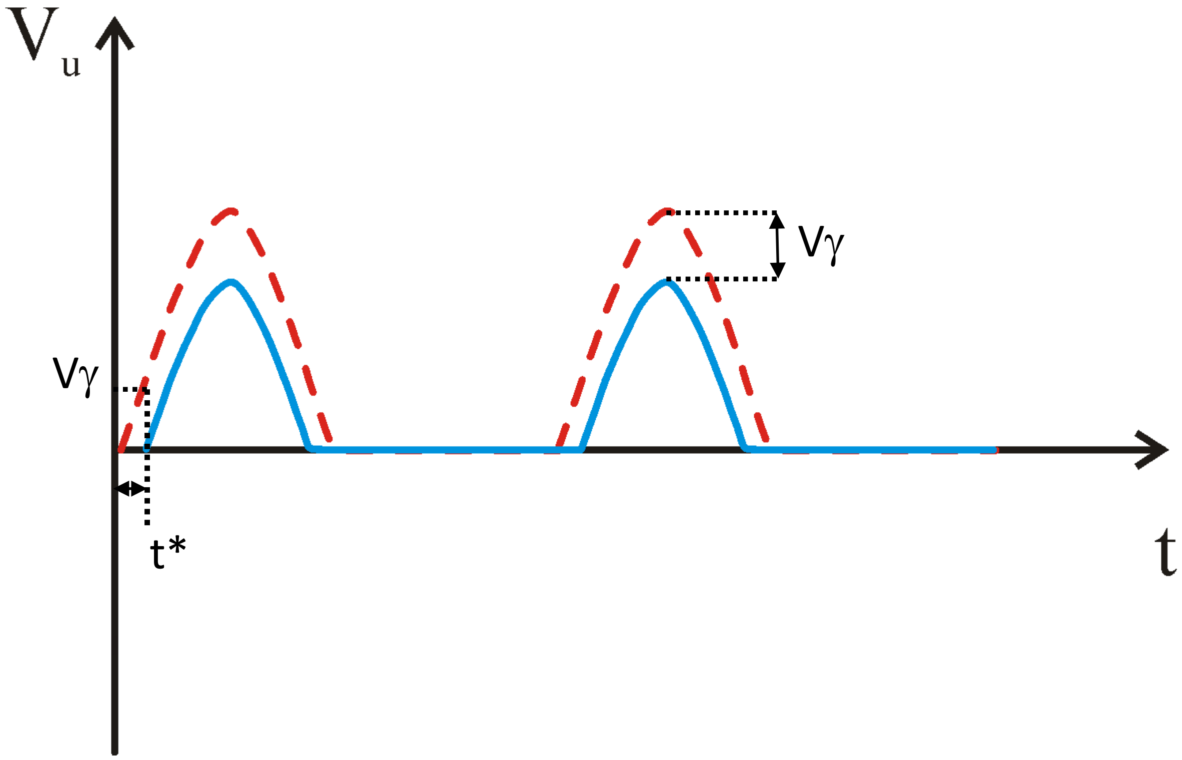
$V_S \ge 0$

Ipotesi:

Diodo in conduzione (ON)

Circuito rettificatore – Modello a caduta di tensione costante





$$V_u = V_S - V_\gamma$$

$$I_D \geq 0 \Leftrightarrow V_S \geq V_\gamma$$

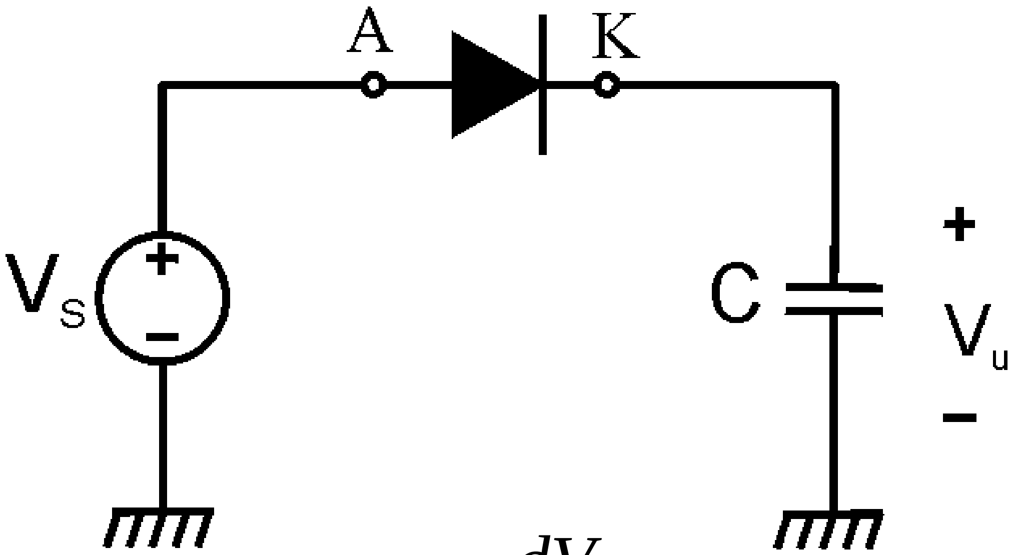
$$V_M \sin(\omega t) \geq V_\gamma$$

$$\sin(\omega t^*) = \frac{V_\gamma}{V_M}$$

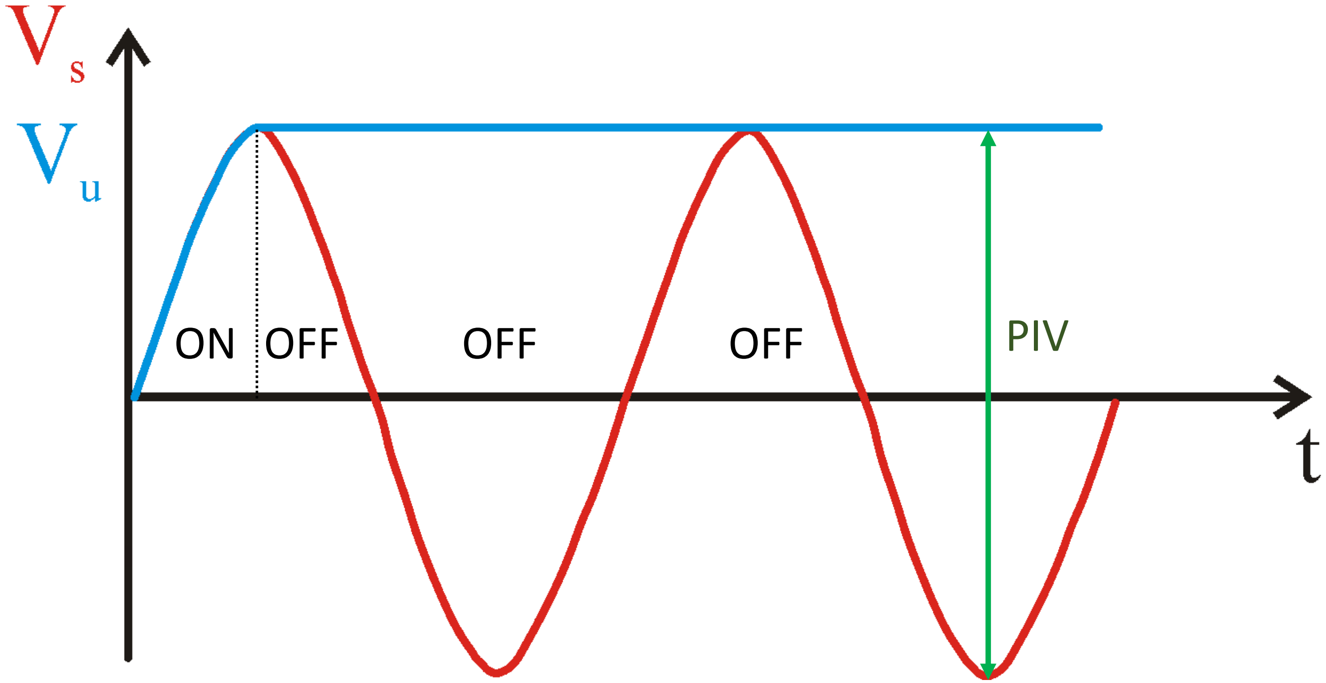
$$t^* = \frac{1}{\omega} \arcsin\left(\frac{V_\gamma}{V_M}\right)$$

Circuito rettificatore con filtro RC

Rivelatore di picco



$$i_c = C\frac{dV_u}{dt}$$



Diodo ideale in conduzione

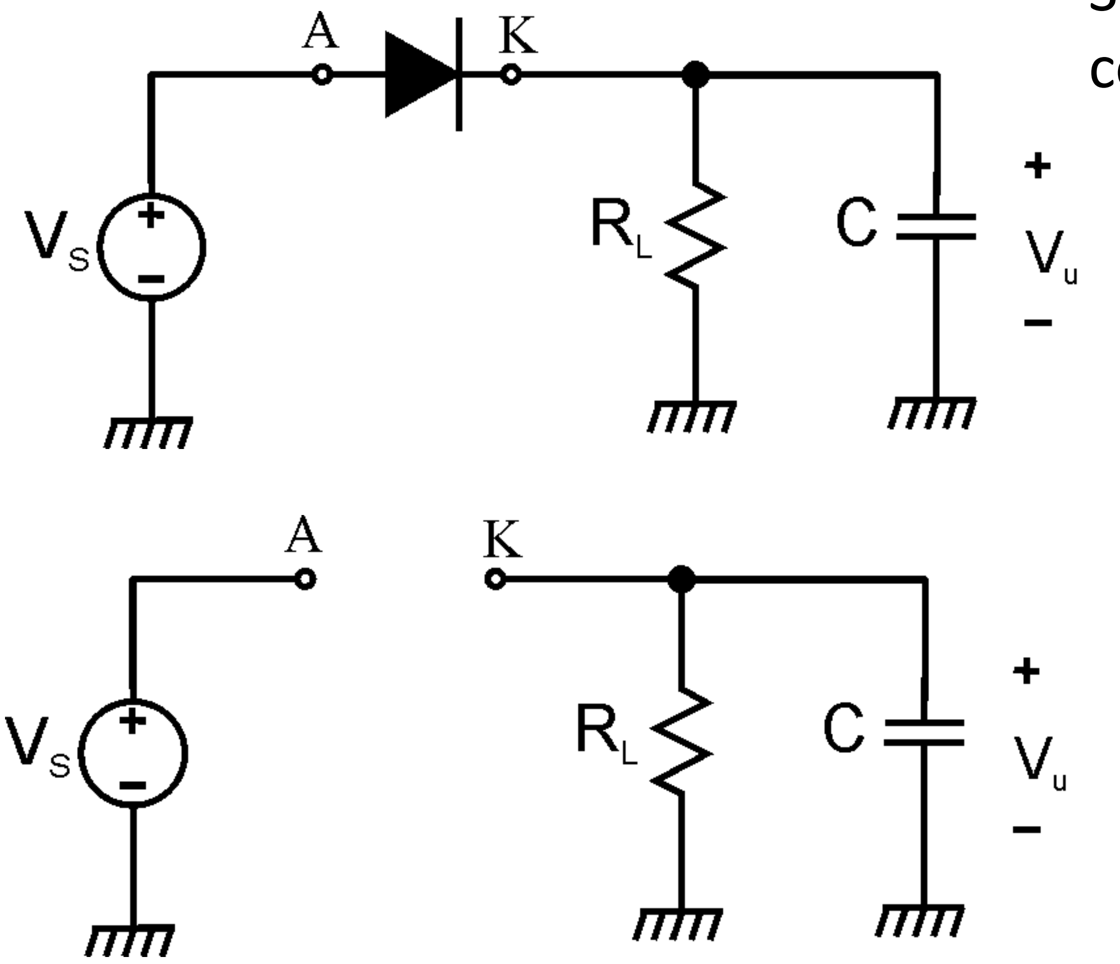
$$\frac{dV_u}{dt} = \frac{dV_S}{dt} \geq 0$$

Diodo ideale interdetto

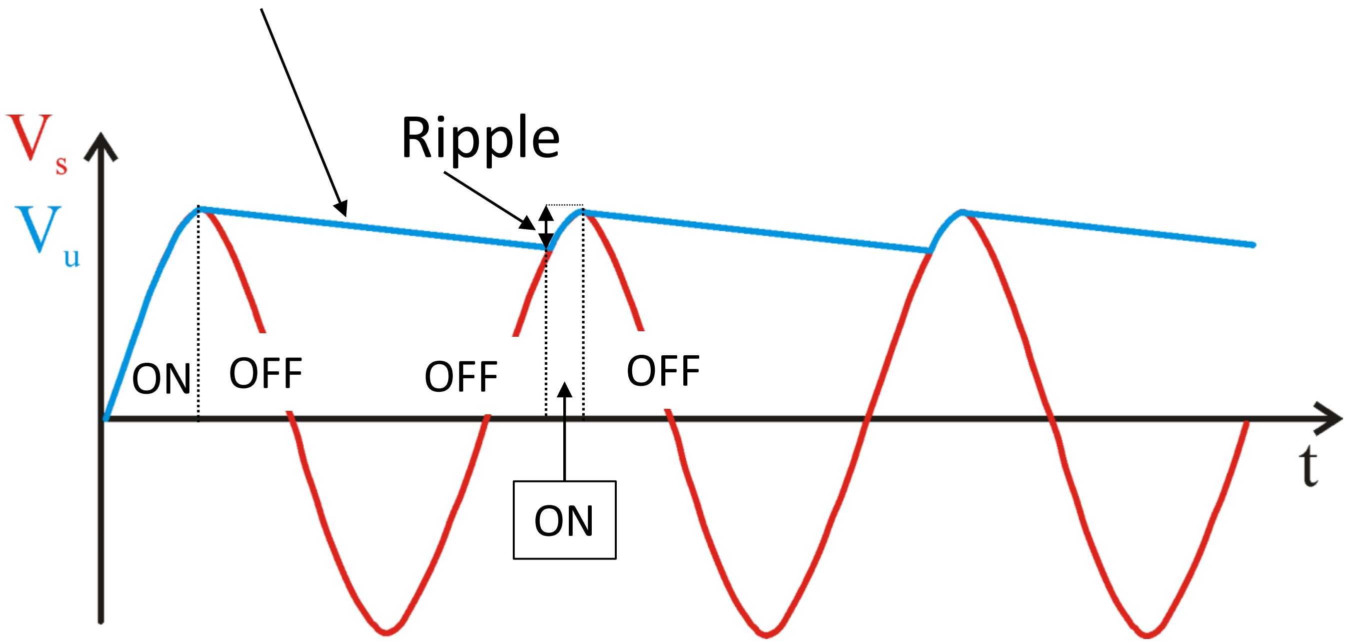
$$V_{AK} = V_S - V_u$$

PIV=2V_M

Circuito rettificatore con filtro RC

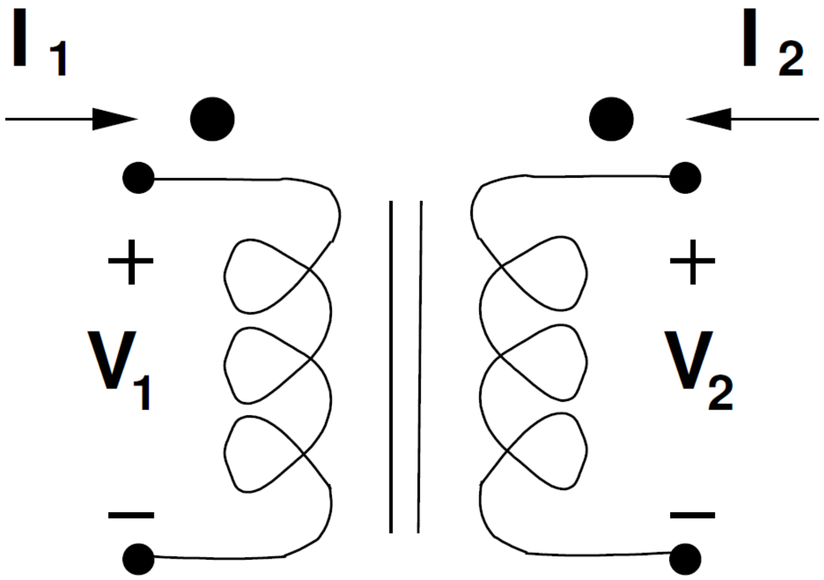


Scarica del condensatore con costante di tempo RC



$PIV=2V_M$

Trasformatori

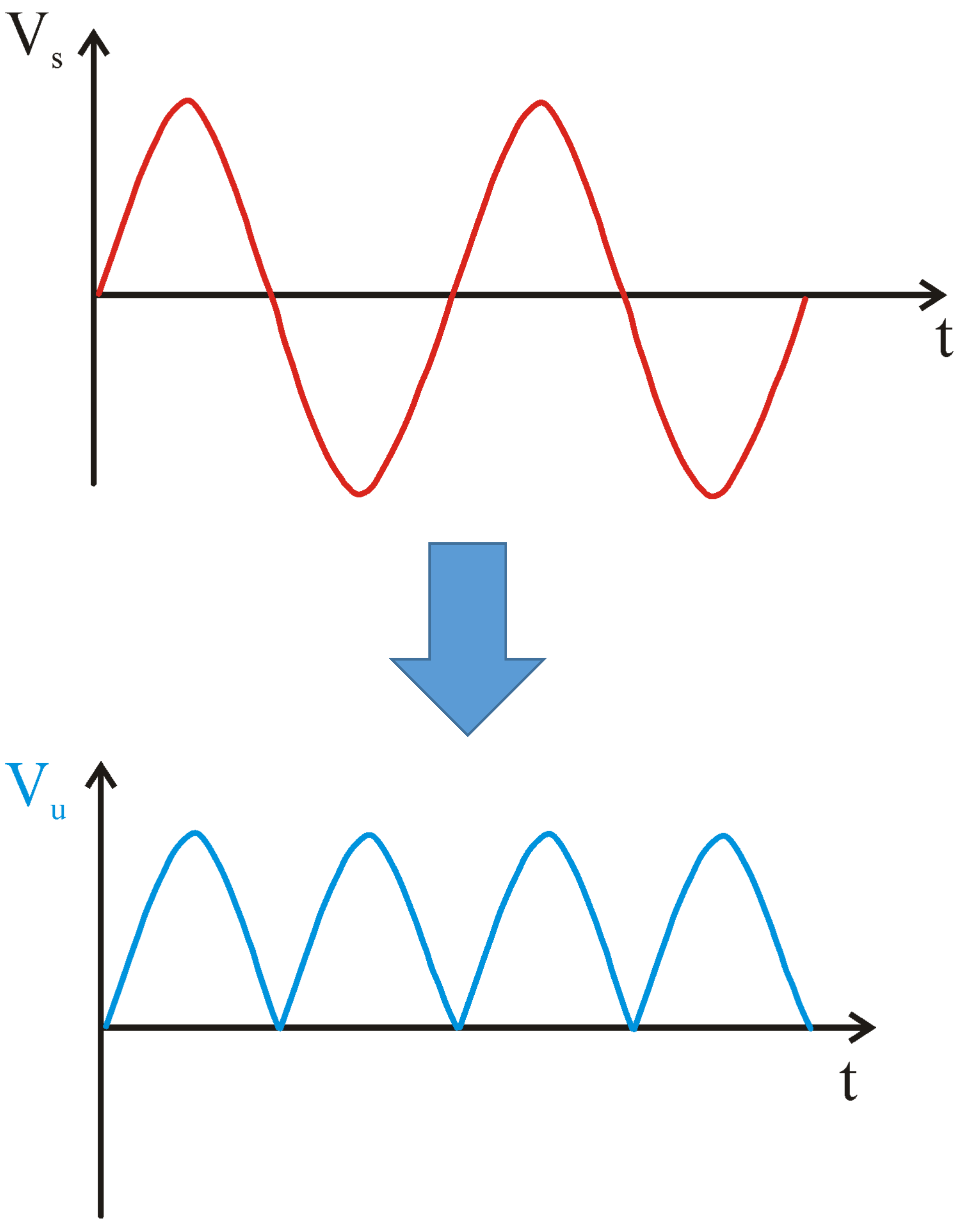


Prenderemo in considerazione soltanto i trasformatori ideali, per i quali il flusso magnetico totale può essere considerato trascurabile, per cui:

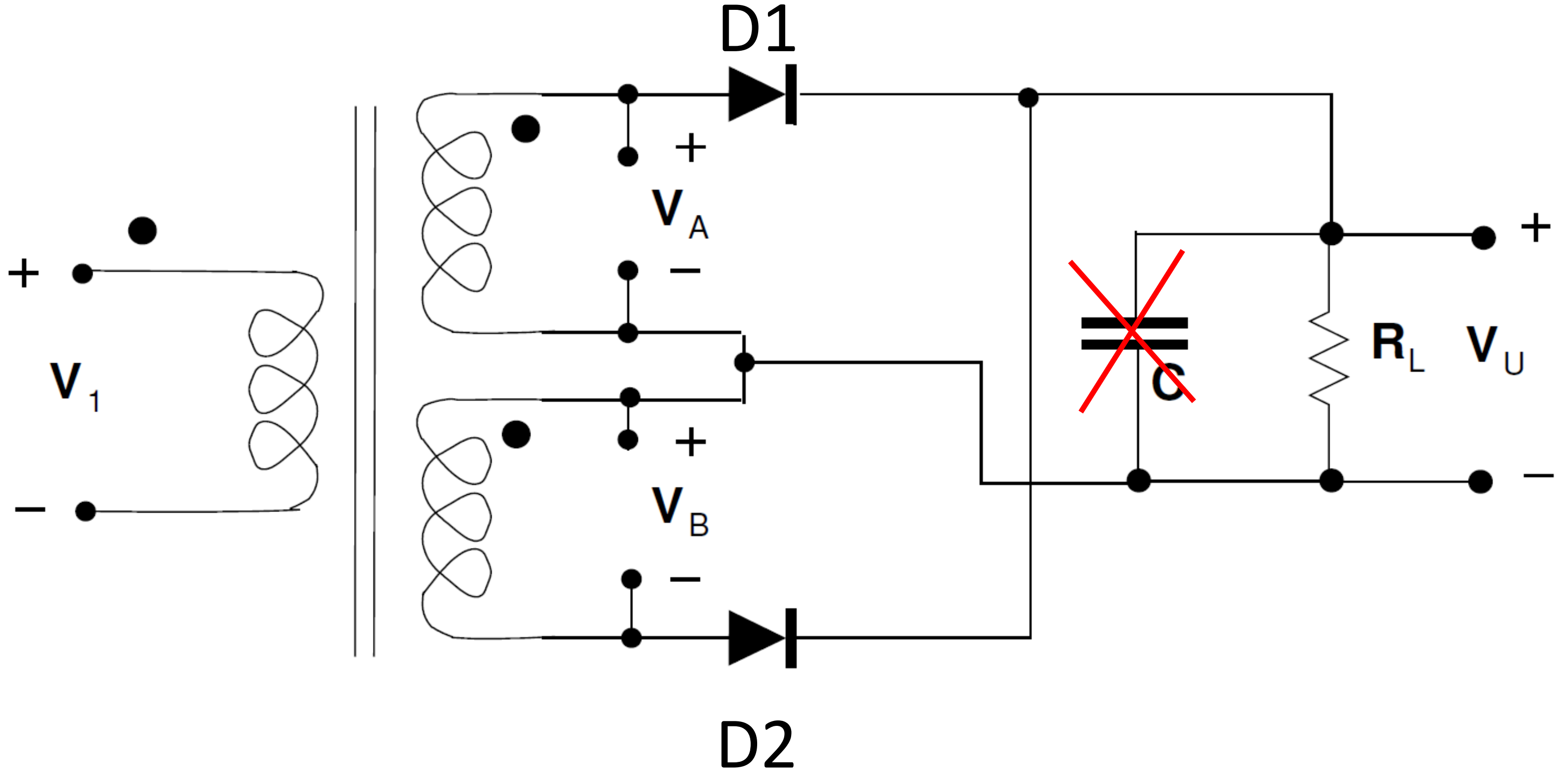
$$N_1 I_1 + N_2 I_2 = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{I_2}{I_1} = -\frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Raddrizzatori a doppia semionda



Raddrizzatori a doppia semionda senza C



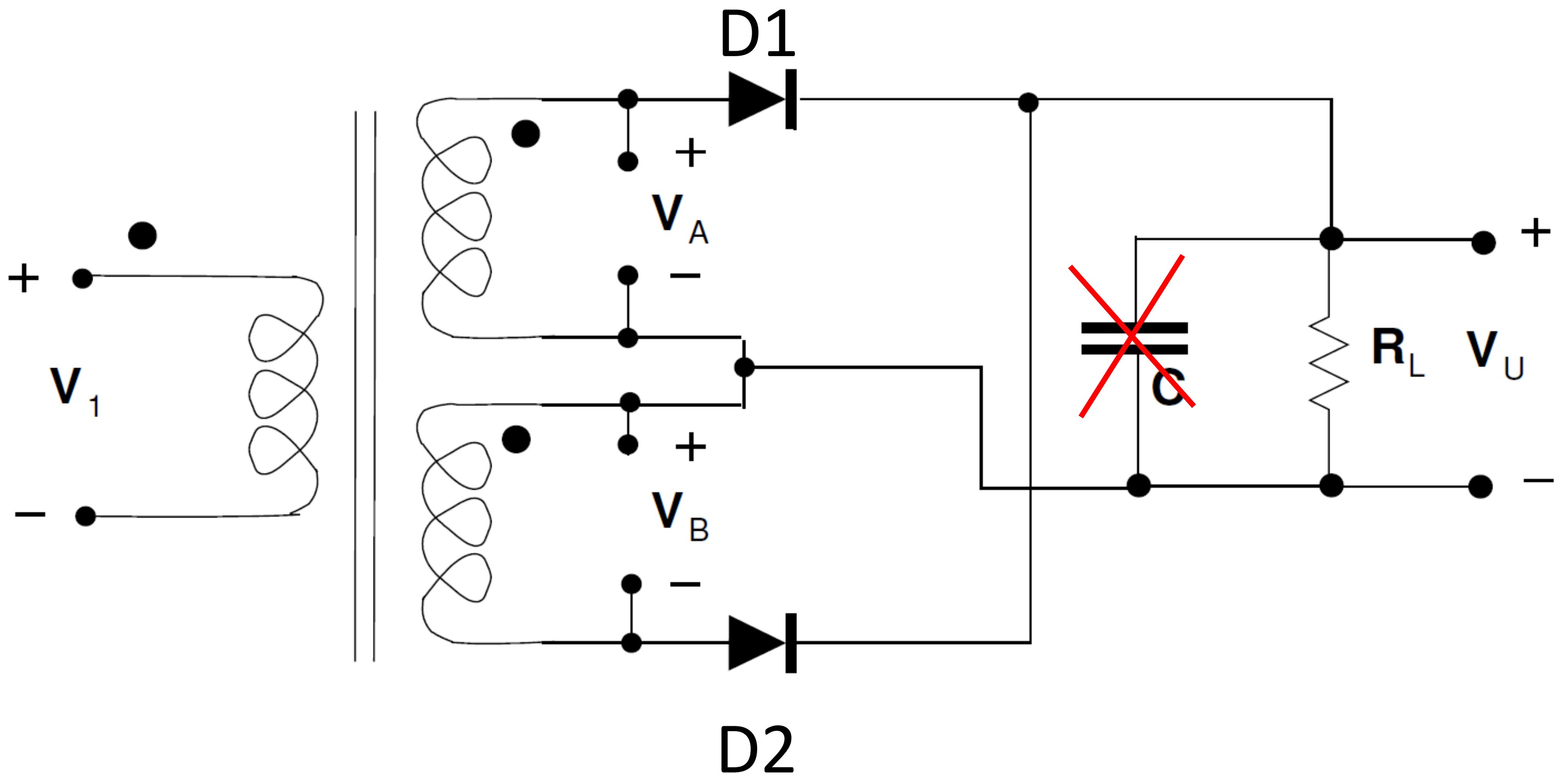
$V_1 > 0 \rightarrow V_A > 0, \quad V_B > 0$ Ipotesi: D1 ON e D2 OFF ⇨ $V_u = V_A > 0$

$I_{D1} = \dfrac{V_A}{R_L} > 0$ ⇨ D1 ON

$V_{AK2} = V_{A2} - V_{K2} = -V_B - (V_A) = -V_B - V_A < 0$ ⇨ D2 OFF

PIV=2V_M

Raddrizzatori a doppia semionda senza C

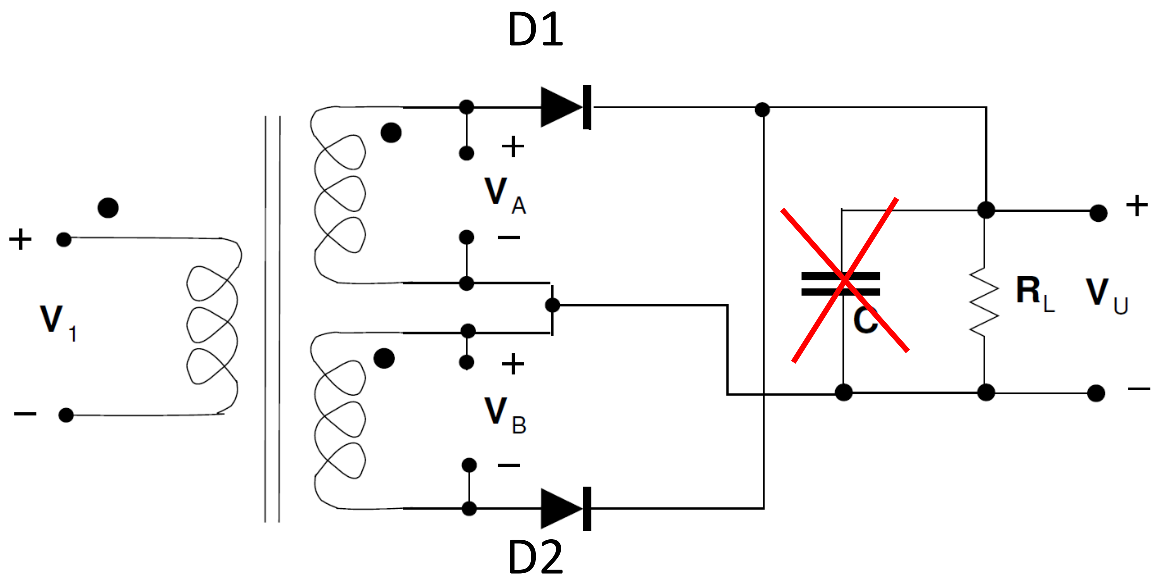


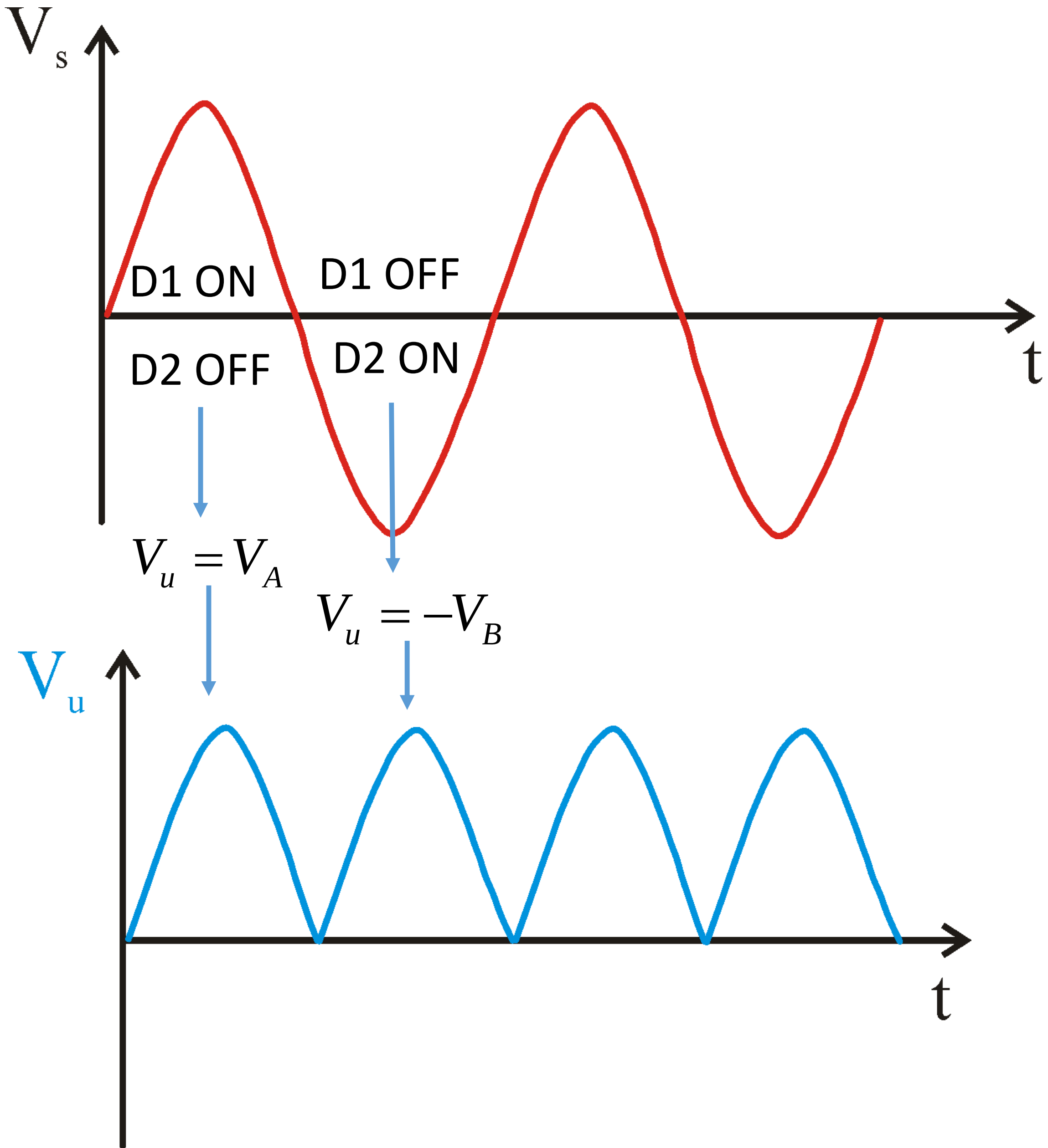
$V_1 < 0 \rightarrow V_A < 0, \quad V_B < 0$ Ipotesi: D1 OFF e D2 ON $\Rightarrow$ $V_u = -V_B > 0$

$I_{D2} = \frac{-V_B}{R_L} > 0$ $\Rightarrow$ D2 ON $\quad V_{AK1} = V_{A1} - V_{K1} = V_A - (-V_B) = V_A + V_B < 0$ $\Rightarrow$ D1 OFF

PIV=2V_M

Raddrizzatori a doppia semionda senza C





Raddrizzatori a doppia semionda con C