In [1]:

```
%load_ext autoreload
%autoreload 2
```

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

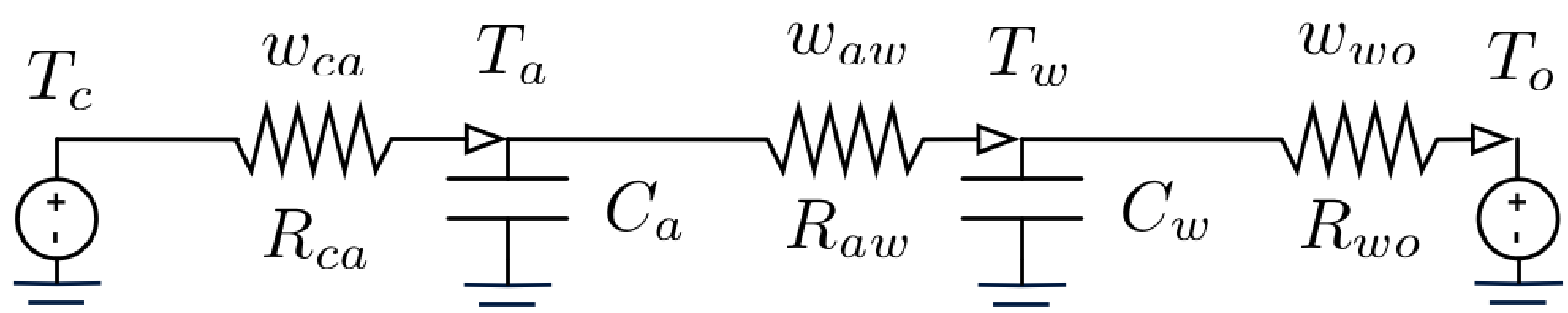
Vogliamo riscaldare una stanza con un convettore

- Il convettore riscalda l'aria, che sua volta riscalda i muri
- ...Che disperdono parte del calore verso l'esterno

Sappiamo che:

- La temperature del convettore e dell'esterno sono costanti
- L'aria della stanza ed i muri hanno capacità termiche non trascurabili

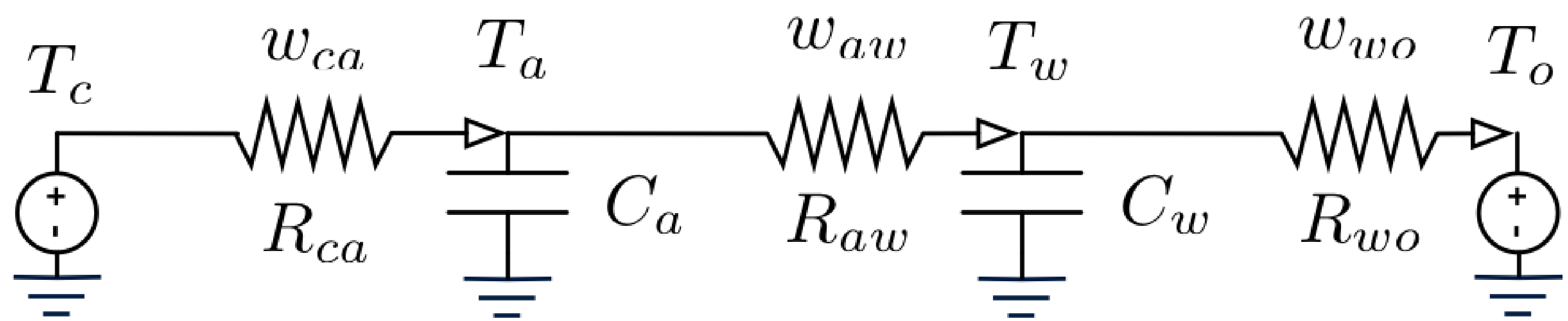
Possiamo modellare il sistema utilizzando un circuito RC equivalente:



Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

La modellazione a circuiti RC equivalenti

...E un "trucco" per rappresentare sistemi fisici in modo uniforme



- Si basa sul fatto che molti fenomeni fisici, pur essendo molto diversi
- ...Sono descritti più o meno dalle stesse formule
- ...E possono essere ricondotti ad un sistema di riferimento

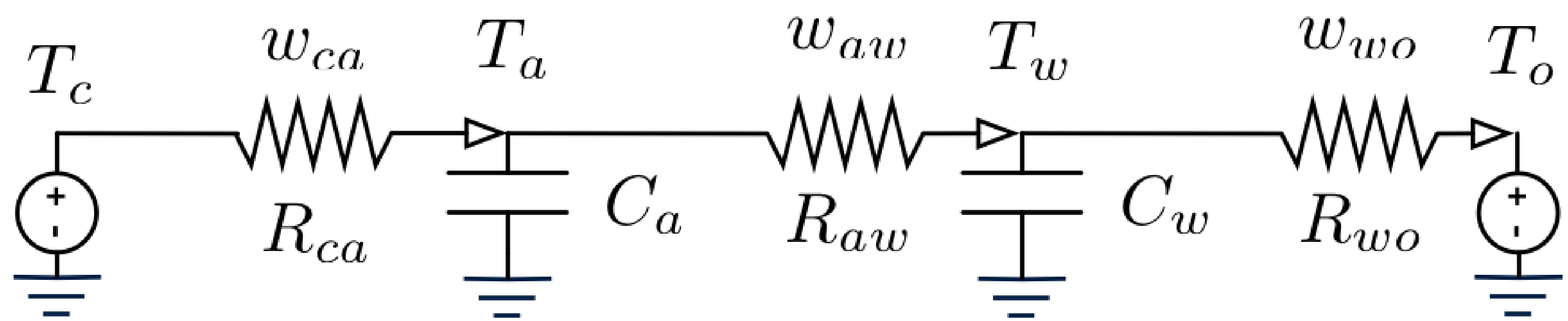
Tipicamente, come sistema di riferimento si sceglie un circuito elettrico

Questa rappresentazione vi diventerà molto familiare l'anno prossimo!

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

La modellazione a circuiti RC equivalenti

...E un "trucco" per rappresentare sistemi fisici in modo uniforme



I cerchi con +/-

...Rappresentano una differenza di temperatura (tensione) costante

- Nel nostro caso abbimo T_c (la temperatura del convettore)
- ...E T_o (la temperatura dell'ambiente esterno)

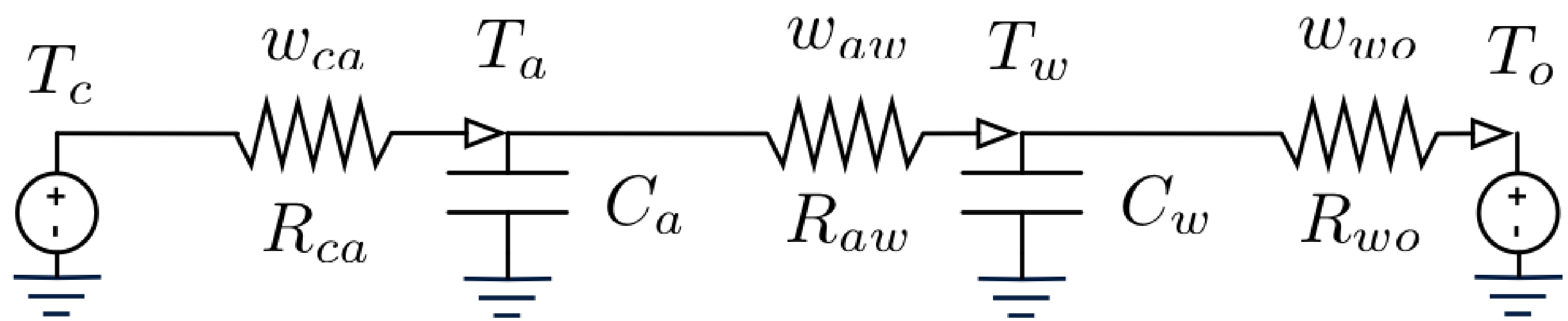
I valori w_{ca}, w_{aw}, w_{wo}

...Rappresentano flussi di calore (corrente)

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

La modellazione a circuiti RC equivalenti

...E un "trucco" per rappresentare sistemi fisici in modo uniforme



I simboli a zig-zag

...Rappresentano una resistenza termica (elettrica)

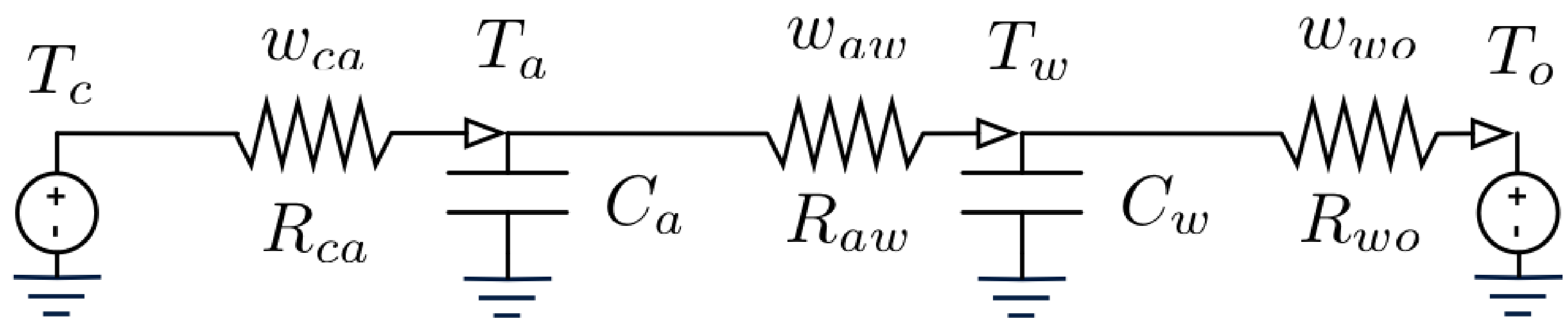
- Sono descritti da una equazione del tipo:

$$T_0 - T_1 = R_{0,1} w_{0,1}$$

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

La modellazione a circuiti RC equivalenti

...E un "trucco" per rappresentare sistemi fisici in modo uniforme



I simboli con due sbarre

...Rappresentano una capacità termica (elettrica)

- Sono descritti da una equazione differenziale del tipo:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{C} w$$

- Dove w è il calore (corrente) netto in entrata

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Nel complesso, per il nostro circuito abbiamo:

$$\begin{pmatrix} \dot{T}_a \\ \dot{T}_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{C_a}(w_{ca} - w_{aq}) \\ \frac{1}{C_w}(w_{aw} - w_{wo}) \end{pmatrix}$$

Con:

$$w_{ca} = \frac{1}{R_{ca}}(T_c - T_a)$$
$$w_{aw} = \frac{1}{R_{aw}}(T_a - T_w)$$
$$w_{wo} = \frac{1}{R_{wo}}(T_w - T_o)$$

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Prima di tutto, procediamo a caricare i dati del problema

Potete farlo usando la cella seguente:

In [2]:

```python
# Un po' di dati intermedi
g = 9.81
vA = 62 # Volume dell'aria
vW = 0.25 * 16 * 2.7 # Volume dei muri
mA = 1.225 * vA / g # Massa dell'aria
mW = 1050 * vW / g # Massa dei muri

# I veri e propri dati del problema
Ca = 1005 * mA # Capacita' termica dell'aria
Cw = 1000 * mW # Capacita' termica dei muri
Rca = 0.35 # Resisitivita' termica convettore-aria
Raw = 0.5 # Resistivita' termica aria-muro
Rwo = 3.0 # Resistivita' termica muro-esterno
Tc = 23 # Temperatura del convettore
To = 15 # Temperatura esterna

Ta0 = 19.5 # Temperatura iniziale dell'aria
Tw0 = 19.5 # Temperatura iniziale delle pareti
```

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Nel modulo `sol.heating` si definisca una classe:

```
class Dstate:
    def __init__(self, Ca, Cw, Rca, Raw, Rwo, Tc, To):
        ...

    def __call__(self, X, t):
        ...
```

...Che rappresenti la funzione che definisce l'ODE

- Il metodo `__call__` deve calcolare le derivate
- ...E restiuirle sotto forma di `numpy.array`

Nella cella seguente:

- Si utilizzi la classe per calcolare il gradiente
- ...Per lo stato iniziale $(T_{a,0}, T_{w,0}) = (19.5, 19.5)$ ed il tempo iniziale $t_0 = 0$

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Nel modulo `sol.heating` si definisca una funzione:

```
def simulate(f, X0, t)
```

...Che si simuli il comportamento della stanza

- La funzione deve restituire una tupla contenente (nell'ordine):
  - La matrice con gli stati visitati
  - Il vettore con i valori del tempo
- La funzione deve anche disegnare un grafico utilizzando

`base.util.plot_state_evolution`

Si utilizzi la funzione per determinare il comportamento della stanza

- Per un periodo di 2 ore
- ...A partire dallo stato iniziale $(T_a, T_w) = (19.5, 19.5)$

In [8]:
```
from scipy.integrate import odeint
```

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Nel modulo `sol.heating` si definisca una funzione:

```python
def final_temp(X, t)
```

- Che restituisca in una tupla (nell'ordine)
- ...La temperatura finale dell'aria e dei muri

Si stampino a video i valori

```python
In [9]: Taf, Taw = heating.final_temp(X, t)
        print(f'Ta finale: {Taf}, Tw finle: {Taw}')
```

```
Ta finale: 21.538848670141626, Tw finle: 19.510618628151132
```

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Nel modulo `sol.heating` si definisca una funzione:

```
def temp_in_1h(X, t)
```

- Che restituisca in una tupla (nell'ordine)
- ...La temperatura raggiunta dell'aria e dei muri in un'ora

Si stampino a video i valori

```
In [10]: Ta1h, Tw1h = heating.temp_in_1h(X, t)
         print(f'Ta in 1h: {Ta1h}, Tw in 1h: {Tw1h}')

Ta in 1h: 21.341713017592742, Tw in 1h: 19.503044605859536
```

Esercizio: Riscaldamento di una Stanza

Nel modulo `sol.heating` si definisca una funzione:

```python
def time_to_20C(X, t)
```

- Che restituisca il tempo necessario
- ...Perché la temperatura dell'aria raggiunga i 20 gradi

Si stampi a video il valore

In [11]:
```python
t20C = heating.time_to_20C(X, t)
print(f'Tempo per arrivare a 20°C: {t20C}')
```

```
Tempo per arrivare a 20°C: 445.6860501105812
```