

5. gaia:
Korronte zuzeneko
zirkuituak

Ohm legea

- Elementu multzo bat, bakoitza besteari lotuta harilen bidez, ibilbide itxi bat osatzeko kargaren zirkulazioa gauzatzeko, zirkuitu bat da
- Eroaleetan, eremu elektriko batek kargaren mugimendua sortzen du
- Eroale gehienetan, mugimenduan dagoen karga kantitatea denbora unitatean, potentzial diferentziarekiko proportzionala da

$$V = R \cdot I$$

Erresistorea

- Tentsio eta intentsitatearen arteko proportzioa materialaren izaeraren mempe dago, eta konstante bat da
- Ezaugarri honen izena erresistentzia elektrikoa da, eta unitatea ohm da (Ω)
- Zirkuituetan, erresistentzia konstante duten elementuak, *erresistoreak* dira:



- Erresistoreetan beti betetzen da Ohm legea

Kondentsadorea

- Isolatzaileetan karga ezin da mugitu ($R \rightarrow \infty$)
- Zirkuitu baten, isolatzaileetan potentzial diferentzia bat ezartzen dugunean, zirkuituak karga ematen dio
- Gordetako karga kantitatea q , isolatzailean ezarritako potentzial diferentziarekiko v proportzionala da:

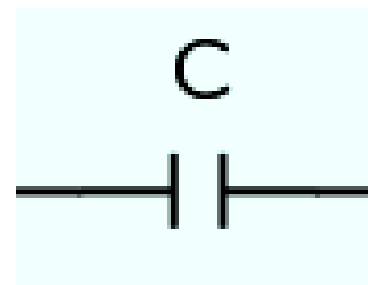
$$v = \frac{1}{C} \cdot q$$

Kondentsadorea

- Karga eta tentsioaren arteko proportzioa, isolatzailearen forma eta izaeraren menpe dago, kapazitatea (C) deitzen da eta unitatea *farad* (F) da
- Zirkuituetan, karga metatzen duten elementuak kondetsadoreak dira eta bi eroale (plaka edo armadura) eta horiek banatzen dituen isolatzaile batez osaturik daude
- Kondentsadoreetan, plaken arteko potentzial diferentzia konstante denean, intentsitatea zero da

$$v = \frac{1}{C} \cdot q \Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt}$$

$$v = kte \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow i = \frac{dq}{dt} = 0$$



Induktorea

- Intentsitateak eremu magnetiko bat sortzen du zirkuituan, eta bere fluxua (intentsitatearen ibilbideak mugatzen duen gainazalaren zehar) intentsitaterekiko proportzionala da

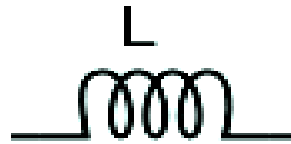
$$\Phi = L \cdot i$$

- Eremu magnetikoaren fluxua aldakorra denean, fluxuaren aldaketa denboraren berdina den potentzial induzitutakoa agertzen da (Faraday-Lenz legea)

$$v = \frac{d\Phi}{dt} \Rightarrow v = L \frac{di}{dt}$$

Induktorea

- Fluxu eta intentsitatearen arteko proportzionaltasun konstantea eroaeleren forma eta izaeraren menpe dago, *induktantzia* edo *autoinduktantzia* deitzen da eta unitatea *henry* (H) da
- Energia gordetzeko eremu magnetiko bat sortzen duen elementuek *induktoreak* edo *harilak* dira



- Induktoreetan, intentsitatea konstante denean, terminalen arteko potentzial diferentzia zero da:

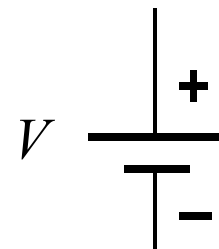
$$i = kte \Rightarrow \frac{di}{dt} = 0 \Rightarrow v = L \frac{di}{dt} = 0$$

Tentsio-iturria eta korronte-iturria

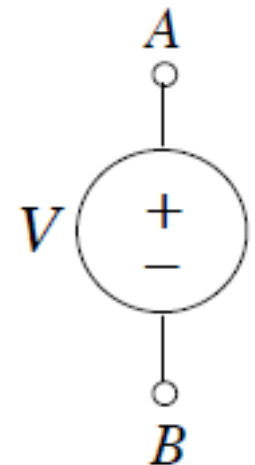
- Zirkuituetan dauden eremuek energia xurgatzen dute, hori adierazteko energia denbora unitatean edo *potentzia* P erabiltzen da, unitatea *watt* (W) da

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

- Zirkuituetan, potentzia ematen duten elementuak tentsio-iturriak eta korronte-iturriak dira
- Zeharkatzen duen intentsitateren menpekotasunarik gabe, terminalen arteko potentzial diferentzia konstante mantentzen duen elementua, tentsio-iturria da

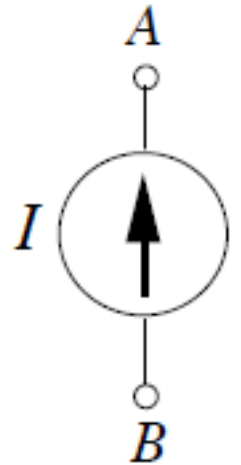


$$V = kte$$



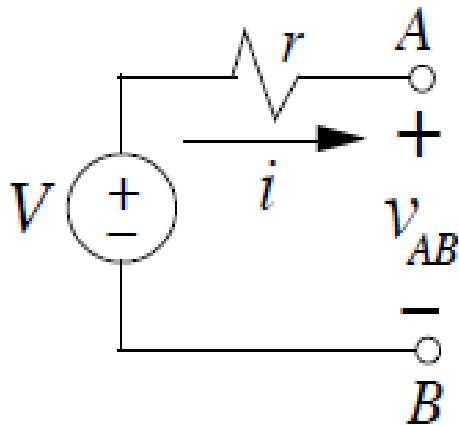
Tentsio-iturria eta korronte-iturria

- Potentzial diferentziaren menpekotasunarik gabe, terminalen arteko intentsitate konstante mantentzen duen elementua, korronte-iturria da
- Tentsio eta korronte-iturri errealak **ez dira zirkuituaren egoarean independenteak**
- Tentsio-iturri ideal batek ematen duen potentzia, intentsitate infinitua denean, infinitua da ➔ Ez da erreal

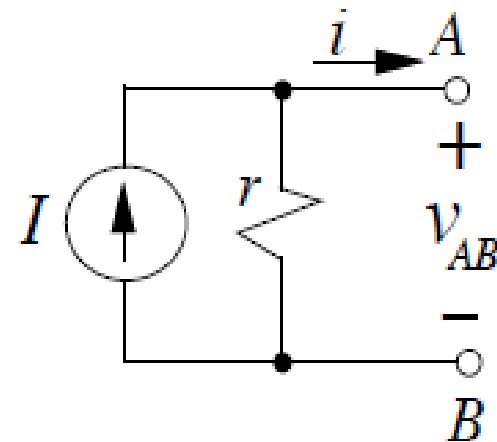


Iturri errealak

- Tentsio-iturri erreala tentsio-iturri ideala erresistor batekin seriean da
- Korronte-iturri erreala korronte-iturri ideala erresistor batekin paraleloan da



$$v_{AB} = V - r \cdot i$$



$$i = I - \frac{v_{AB}}{r}$$

Kirchhoff legeak

- Zirkuitu baten **korapiloa** bi eroale baino gehiago dagoen puntua da eta **maila** zirkuituaren edozein ibilbidea itxia da
- Kirchhoff-en **korapiloen legeak** esaten du: korapilo baten sartzen diren intentsitatearen batuketa eta korapilotik ateratzen diren intentsitatearen batuketa berdinak dira (kargaren kontserbazioa):

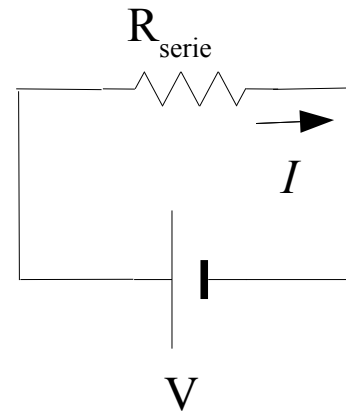
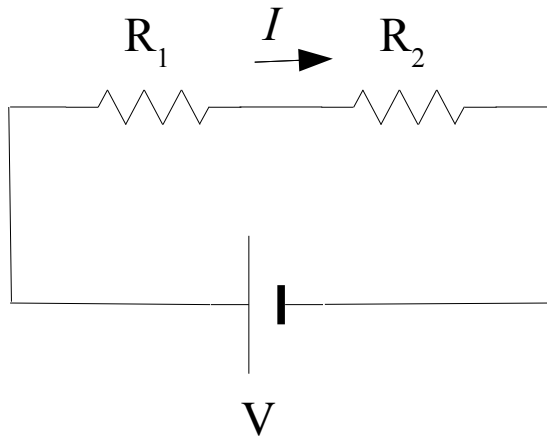
$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

- Kirchhoff-en **mailen legeak** esaten du: maila baten potentzial jeitsiaren batuketa eta potentzial igoeraren batuketa berdinak dira (energiaren kontserbazioa):

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + \dots + V_n = 0$$

Erresistoreak seriean

- Erresistore multzo bat intentsitate berdina zeharkatzen duenean, seriean daude:



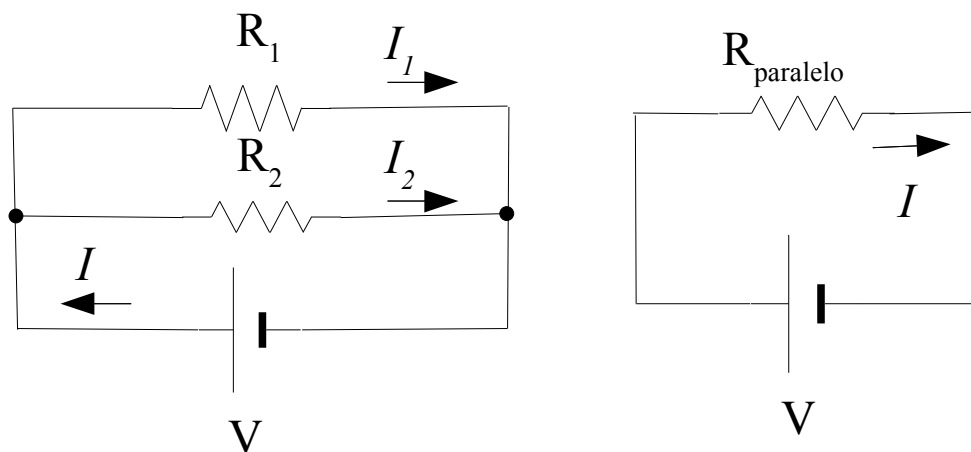
$$V = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I \Rightarrow V = I \cdot (R_1 + R_2)$$

$$V = I \cdot R_{serie}$$

$$R_{serie} = R_1 + R_2$$

- Seriean erresistore multzo baten erresistentzia baliokidea, erresistore bakoitzaren erresistentziaren batuketa da

Erresistoreak paraleloan



- Erresistore multzo bateko erresistoreak potentzial diferentzi berdinean daudenean, paraleloan daude

- Erresistore paraleloaren erresistentzia baliokideren alderantzizkoa (admitantzia), erresistore bakoitzaren erresistentziaren alderantzizko batuketa da

$$V = R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_1 = V \cdot \frac{1}{R_1} ; I_2 = V \cdot \frac{1}{R_2}$$

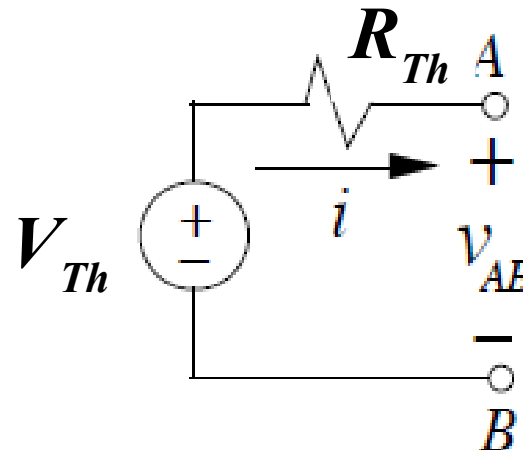
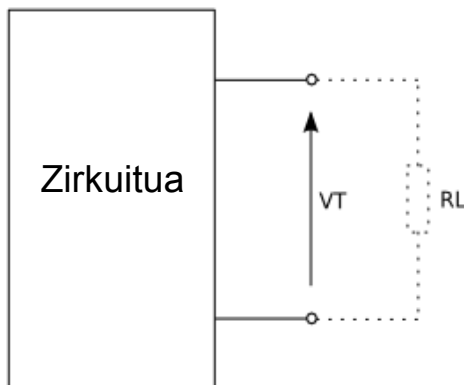
$$I = V \cdot \frac{1}{R_{\text{paralelo}}}$$

$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow V \cdot \frac{1}{R_{\text{paralelo}}} = V \cdot \frac{1}{R_1} + V \cdot \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{\text{paralelo}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

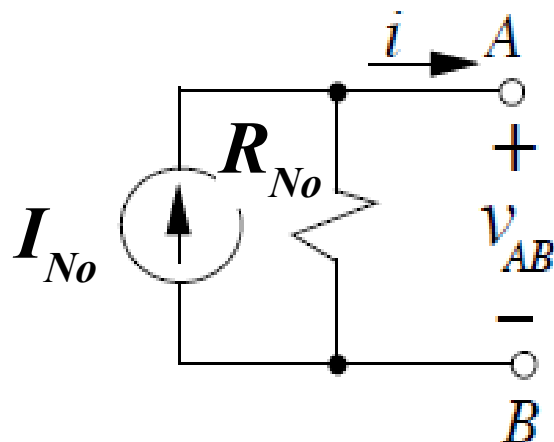
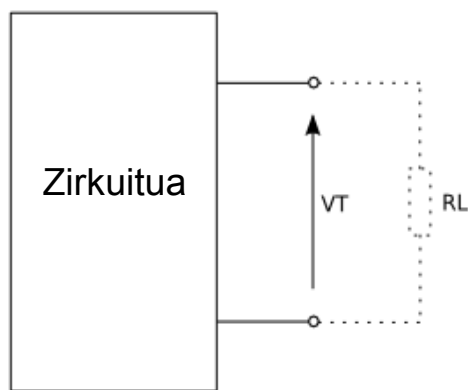
Thévenin teorema

- Bi punturen arteko edozein zirkuitua, tentsio-iturri eta seriean erresistore batekin ordezkatu daiteke
- Tentsio-iturriren potentziala, bi puntu horien arteko potentzial diferentzia da, bien arteko zirkuitua zabalik denean
- Erresistorearen erresistentzia, zirkuitu osoaren baliokidea da, tentsio-iturriak zirkuitulaburrekin ($V=0$) ordezkatuta eta korronte-iturriak zirkuitu zabalekin ($I=0$)



Norton teorema

- Bi punturen arteko edozein zirkuitua, korronte-iturri eta paraleloan erresistore batekin ordezkatu daiteke
- Korronte-iturriaren intentsitatea, bi puntu horietatik pasatuko litzateke intentsitatea da, zero erresistentziko kable baten bidez lotzen baditugu
- Erresistorearen erresistentzia, zirkuitu osoaren baliokidea da, tentsio-iturriak zirkuitulaburrekin ($V=0$) ordezkatuta eta korronte-iturriak zirkuitu zabalekin ($I=0$)



Zirkuituen ebazpena: mailen metodoa

- Zirkuituren ebazpena gauzatzeko, **intentitate guztiak kalkulatu** egin behar ditugu
- **Maila bakoitzean** noranzko arbitratio bat definitzen dugu, eta **intentsitate bakar bat**
- Maila baten korrante-iturria badago, iturriak intentsitatearen balioa finkatzen du, beraz ez da kalkulatu behar
- **Mailen legea aplikatzen dugu** maila guztietan, intentsitatearen noranzkoa jarraituz, eta **tentsio-iturriak positiboan kontatzen**, intentsitatea potentzial altuenetako terminaletik sartzen denean (bestela, negatiboa da)

Zirkuituen ebazpena: mailen metodoa

- Mail bat baino gehiagotan dauden elementuak, mail bakoitzeko **intentsitateren batuketak zeharkatzen ditu, negatiboak noranzko ezberdinetan direnean**
- Mail bakoitzeko ekuazio batekin, ekuazio-sistema bat osatzen dugu → Mail bakoitzean intentsitate bat dago → Ekuazio bakoitzean ezezagun bakarra dago
- Negatiboak diren intentsitatearen noranzkoak, hasieran suposatutakoren kontrakoak dira
- Adar (bi korapiloren arteko eroale) bakoitzeko **intentsitateak korapiloen legeren bidez kalkulatu**ko ditugu

Gainezarpen printzipioa

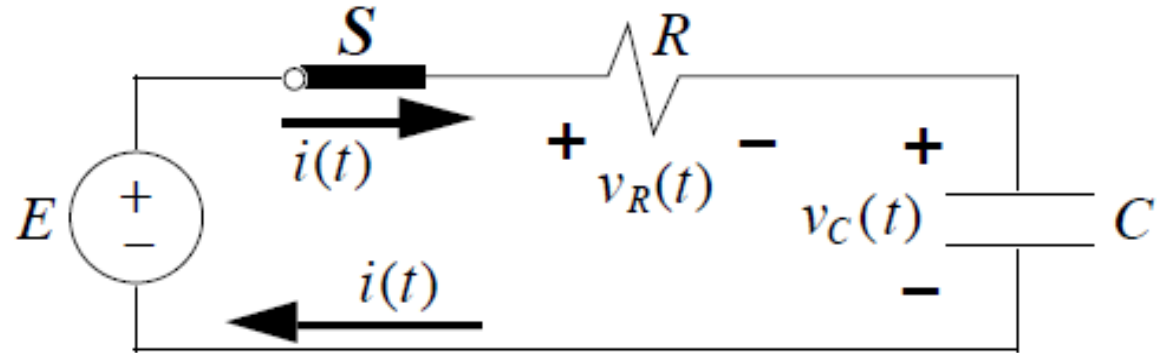
- Zirkuituak osatzeko, bere portaera ekuazio linealaren bidez irudikatzen diren elementuak erabiltzen ditugu
- **Iturri multzo batek sortzen dituzten intentsitate eta tentsioak, iturri bakoitzak sortzen dituen intentsitate eta tentsioen batuketa da**
- Iturriak kentzeko (bat bakarrik uzteko), tentsio-iturriren lekutan erresitentzirik gabeko kableak jartzen ditugu, eta korronte-iturriren lekutan hutsuneak jartzen ditugu

Errejimen iragankorra: kondentsadoreak

- Tentsio aldaketeren bat dagoenean (etengailua), tentsioaren deribatua ez da zero **→ Kondentsadorean badago intentsitaterik**

- Kondentsadorean karga gordetzen den bitartean, kondentsadorean potentzial diferentzia handitzen da

- Intentsitatea gutxitzen da v_C tentsio-iturriko potentzial berdina izan arte



$$-E + R \cdot i + v_C = 0; E = R \cdot i + v_C$$

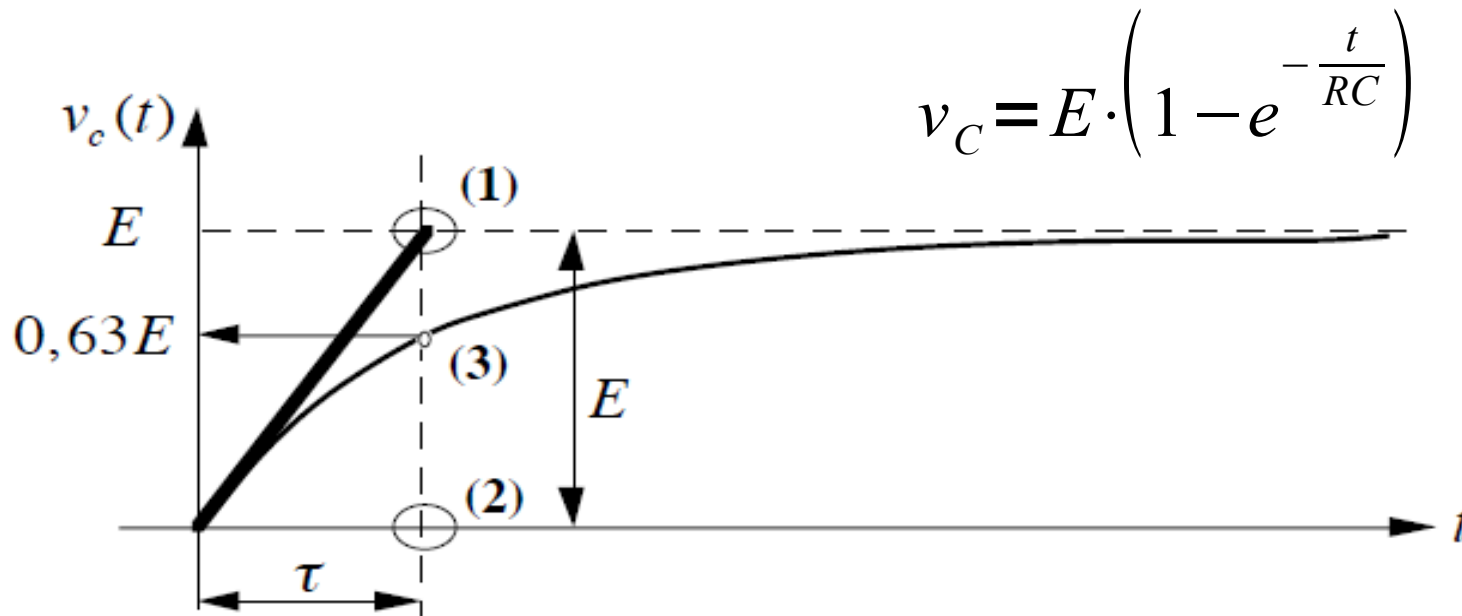
$$v_C = \frac{1}{C} \cdot q \Rightarrow \frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dq}{dt} = \frac{1}{C} i \Rightarrow i = C \cdot \frac{dv_C}{dt}$$

$$E = RC \cdot \frac{dv_C}{dt} + v_C \Rightarrow \frac{dv_C}{dt} + \frac{1}{RC} \cdot v_C = \frac{E}{RC}$$

$$\text{Karga: } v_C = E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Errejimen iragankorra: kondentsadoreak

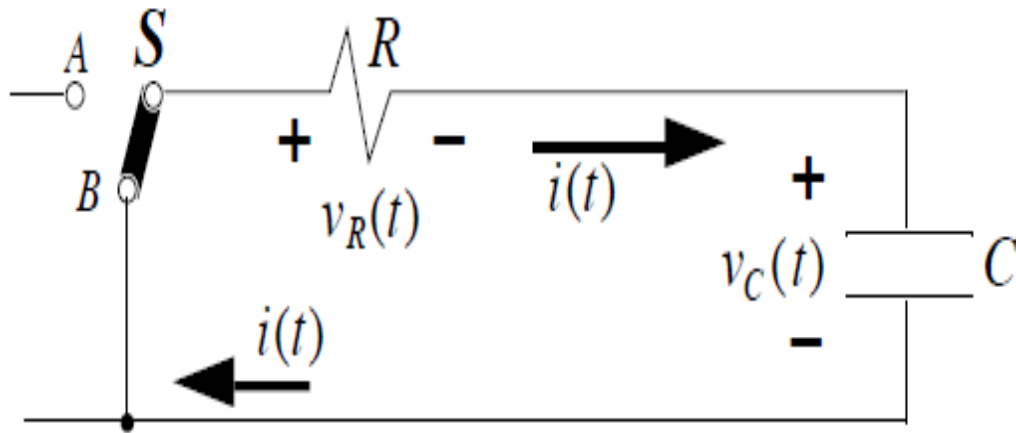
- $v_C(t)$ kurba esponentzial bat da, koordenatu-jatorrian zuzen ikutzaileraren malda E/RC dena, RC denbora-konstantea τ da :



$$\left[\frac{dv_C}{dt} \right]_{t=0} = \left[\frac{d}{dt} \left(E \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \right) \right]_{t=0} = \frac{E}{RC} = \frac{E}{\tau}$$

Errejimen iragankorra: kondentsadoreak

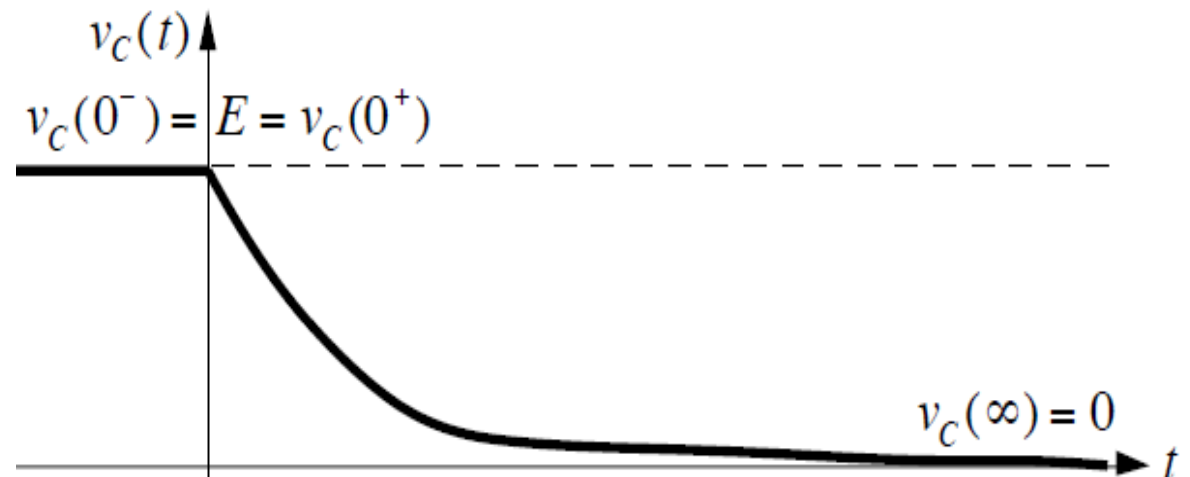
- Tentsio-iturri zero denean, **kondentsadoreak intentsitatea mantentzen du gordetako kargaren bidez (deskarga):**



$$R \cdot i + v_C = 0; \frac{dv_C}{dt} + \frac{1}{RC} v_C = 0$$

$$\text{Deskarga: } v_C = E \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

- Kurba **esponentzial beherakorra** da, nahiko denbora pasatu eta gero zero bihurtzen dena



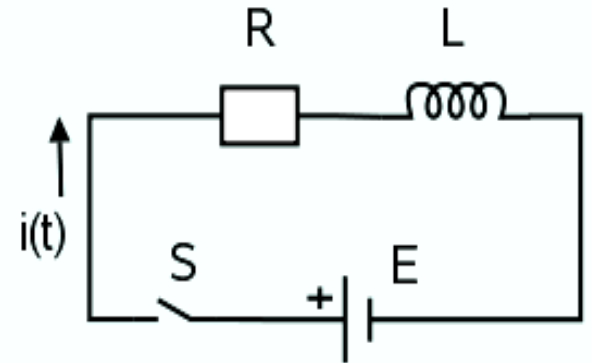
Errejimen iragankorra: induktoreak

- Intentsitate aldaketarik dagoenean (etengailua), intentsitatearen deribatua ez da zero **→ Induktorean potentzial diferentziarik badago**

$$v_L = L \frac{di}{dt}; -E + R \cdot i + L \frac{di}{dt} = 0; \frac{di}{dt} + \frac{R}{L} \cdot i = \frac{E}{L}$$

$$\text{Karga: } i(t) = \frac{E}{R} \cdot \left(1 - e^{-t \cdot \frac{R}{L}}\right)$$

$$\text{Deskarga: } i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-t \cdot \frac{R}{L}}$$



- Zirkuituaren portaera kondentsadorearena bezalakoa da, baina **denbora-konstantea $\tau L/R$ da**