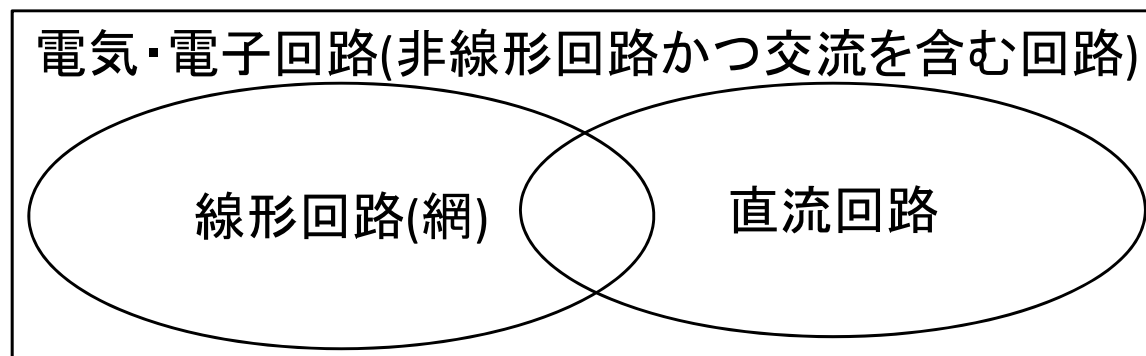


4. 直流回路

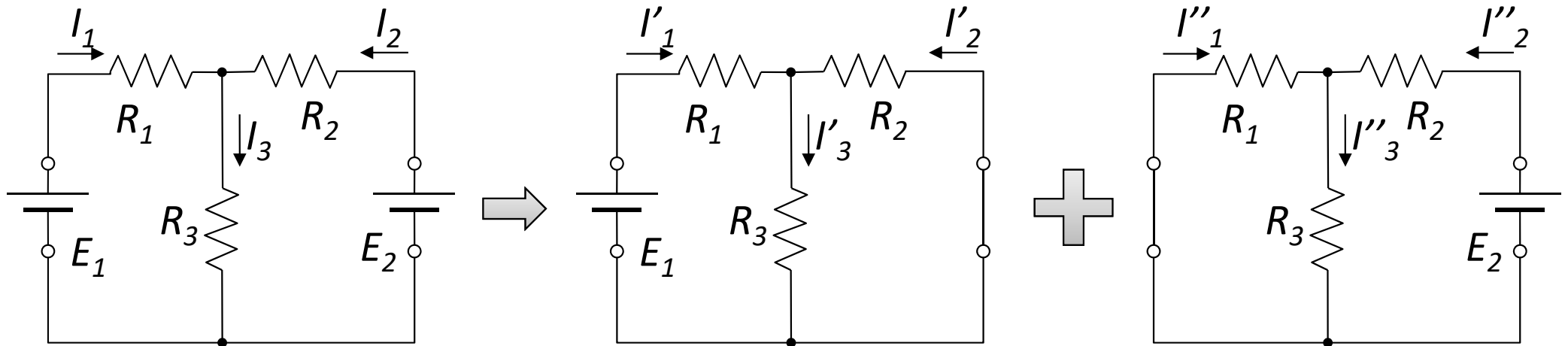
直流回路って何ですか？

- 時間が経過しても各部の電圧や電流が変化しない回路。
- 回路の振る舞いは、時間に依存しないキルヒホッフの法則と、回路素子の電流・電圧特性とでできる。定常解析ともいう。
- 受動素子(厳密には線形受動素子)だけの回路、すなわち線形回路(網)であれば、
 - コンデンサのリアクタンスは ∞ (開放)
 - コイルのリアクタンスは0(短絡)
 - 回路素子は直列抵抗だけ。電圧・電流特性はオームの法則。
- 線形回路(網)を直流回路として扱うと、強力な定理が使えてとても便利。



重ね合わせの理

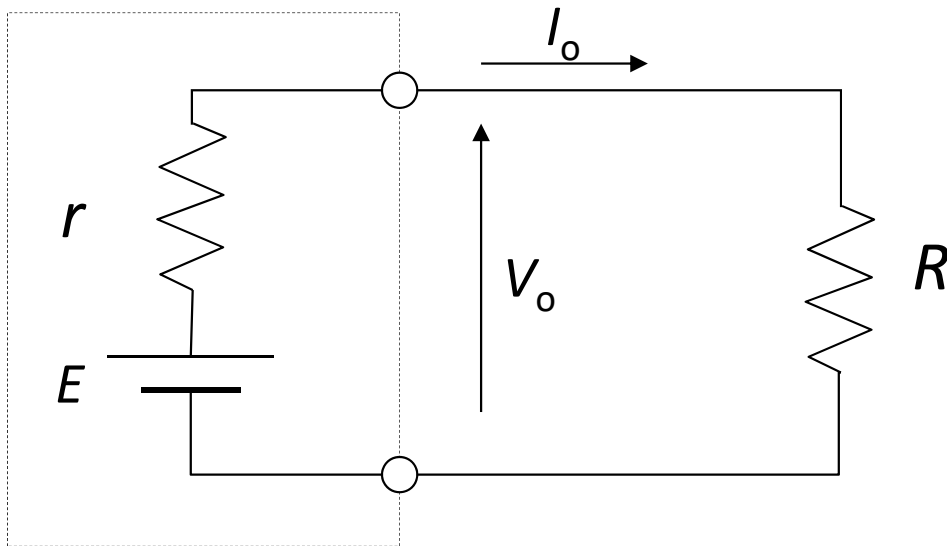
- 複数の電源を含む線形回路の振る舞いは、個々の電源の作用の総和に等しい。
- 個々の電源の作用を考えると、残りの電源は除去する。
 - 電圧源は短絡除去
 - 電流源は開放除去



$$\begin{cases} I_1 = I'_1 + I''_1 \\ I_2 = I'_2 + I''_2 \\ I_3 = I'_3 + I''_3 \end{cases}$$

テブナンの定理

- どんな回路でも、任意の2点からその内部を見るときは、起電力 E と内部抵抗 r を持つ電源とみなせる、という定理。
- 起電力 E は、2点間の開放電圧
- 内部抵抗 r は、内部起電力を全て短絡除去したときの合成抵抗
- 外部に負荷 R を付けたときの出力 V_o , I_o は次式で表せる。
- テブナンの定理は、起電力源を開放電圧、内部抵抗を内部インピーダンスに置き換えれば、直流回路でなくても成り立つ。

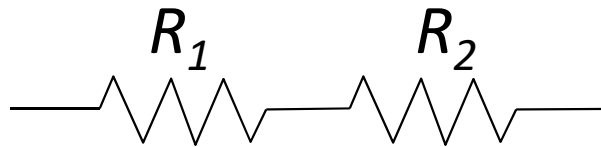


$$I_o = \frac{E}{R + r}$$

$$V_o = \frac{R}{R + r} E$$

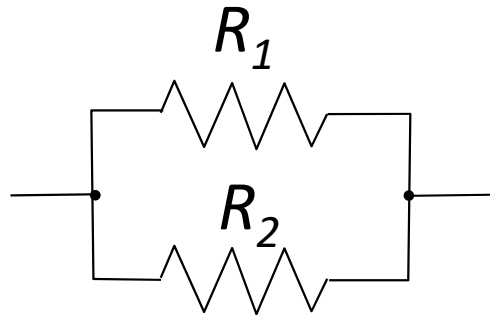
コンダクタンス(conductance)

- 抵抗 R の逆数 G , 単位は[S](ジーメンズ)
- 抵抗の直列接続、並列接続のコンダクタンスは R と逆の関係。



$$R = R_1 + R_2$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}} = G_1 // G_2 = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2}$$

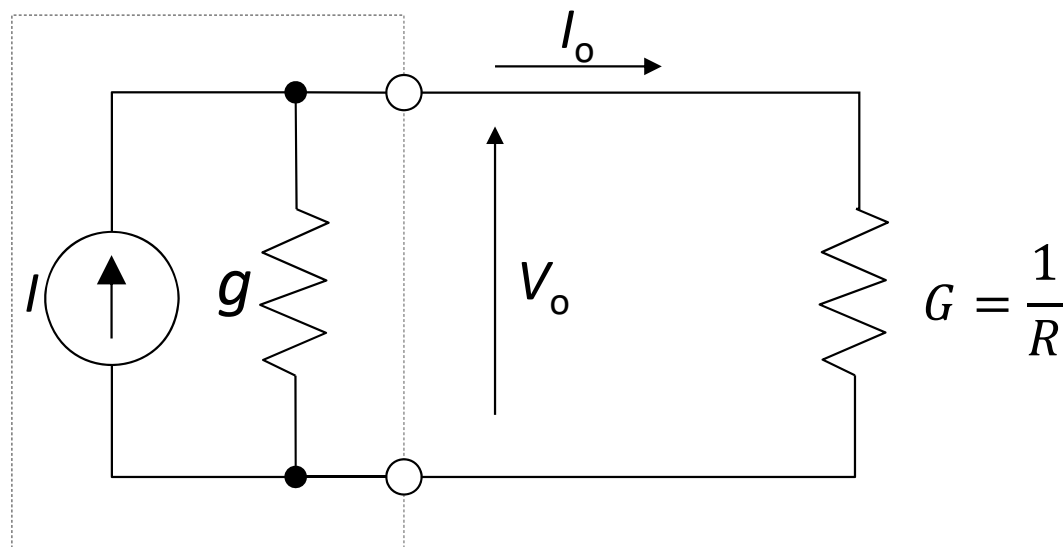


$$R = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = G_1 + G_2$$

ノートンの定理

- どんな回路でも、任意の2点からその内部を見るときは、電流源 I と内部コンダクタンス $g = \frac{1}{r}$ を持つ電源とみなせる、という定理。
- 電流源 I は、2点間の短絡電流
- 内部コンダクタンス g は、内部電流源を全て開放除去したときの合成抵抗 r の逆数。
- 外部にコンダクタンス G の負荷を付けたときの出力 V_o , I_o は次式。



$$V_o = I \left(\frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r}} \right) = \frac{I}{G + g}$$

$$I_o = \frac{G}{G + g} I$$

双対性(duality)

- 電気回路に関する2種類の法則が、キーワードを置き換えただけで同じ表現になること。

例1:

- 抵抗の電圧は電流に比例し、その比例定数を抵抗値と言う。
- コンダクタンスの電流は電圧に比例し、その比例定数をコンダクタンスと言う。

例2:

- どんな回路でも、任意の2点からその内部を見るときは、起電力Eと内部抵抗rを持つ電源とみなせる。
- どんな回路でも、任意の2点からその内部を見るときは、電流源Iと内部コンダクタンス $g = \frac{1}{r}$ を持つ電源とみなせる。

- 特に同一命題を指す場合は自己双対という。

例3:

- 抵抗の消費電力は、その端子間の電圧と電流の積である。
- コンダクタンスの消費電力は、その端子間の電流と電圧の積である。

まとめ

- 電気・電子回路の振る舞いは、キルヒホッフの法則と、回路素子の電流・電圧特性とで決まる。
- 直流回路では、受動素子の〔 $V = IR$ 〕は0または ∞ とみなせるので、オームの法則に従う〔 $I = V/R$ 〕だけを考えればよい。
- 全ての回路素子が線形である回路を線形回路(網)といい、重ね合わせの理が成り立つ。
- 〔 $V_{th} = E - I_{sc}r$ 〕の定理は、どんな線形回路(網)でも、直流回路なら、起電力源 E と内部抵抗 r の直流回路とみなせることを表している。
- 〔 $Y = 1/r$ 〕とは、抵抗の逆数で、単位は〔 S 〕。
- 電気回路に関する2種類の法則が、キーワードを置き換えただけで同じ表現になることを、双対性〔 $V = IR$ と $I = YV$ 〕という。
- 〔 $V_{th} = E - I_{sc}r$ 〕の定理は、テブナンの定理と双対の関係にある。

4. 演習問題

1. 図4.1の I_1 , I_2 , I_3 を重ね合わせの理を用いて求めよ。
ヒント:「重ね合わせの理」説明スライド中の I'_1 , I''_1 , ... を用いよ。

2. 図4.1の I_3 を、テブナンの定理を用いて以下の手順で求めよ。

1. R_3 を開放除去して、端子a-b間の開放電圧 V_0 を得る(図4.2a)。このとき、内部電流 I を図のようにとるとわかりやすい。
2. さらに、起電力 E_1 , E_2 を短絡除去して、端子a-bからみた合成抵抗 R_0 を得る。
3. R_3 を戻した元の回路を、「起電力 V_0 , 内部抵抗 R_0 の電源に外部負荷 R_3 を接続した回路(図4.2b)」だと見なして、負荷 R_3 に流れる電流から I_3 を求める。

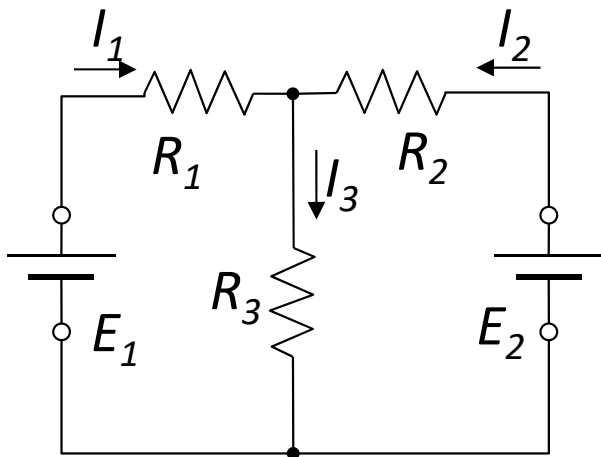


図4.1

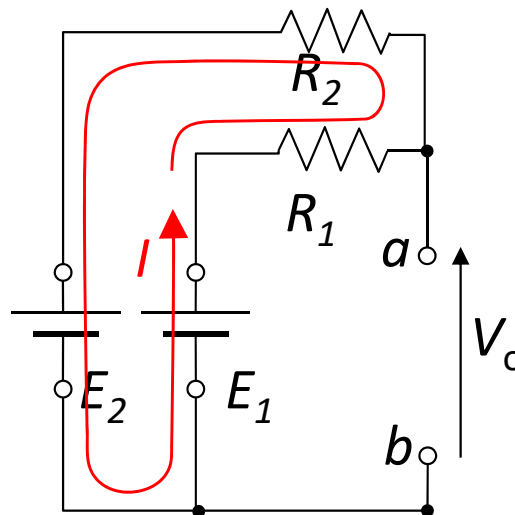


図4.2a

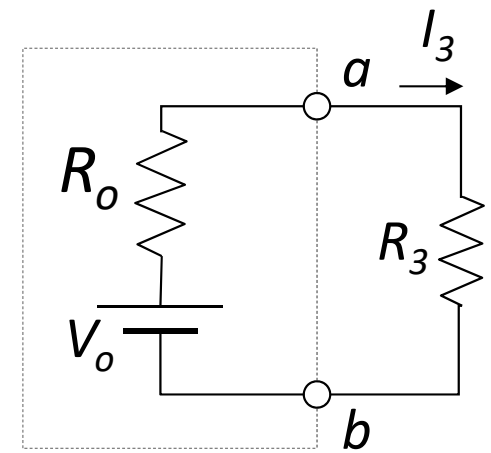


図4.2b