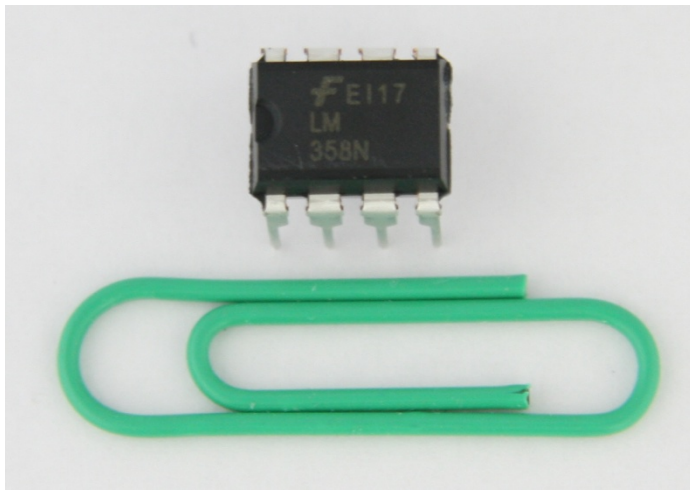


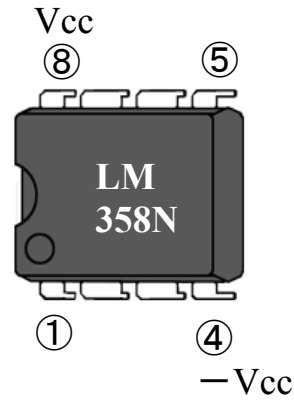
# パワーエレクトロニクス講義資料 第8回オペアンプ

担当: 古橋武

[furuhashi@cse.nagoya-u.ac.jp](mailto:furuhashi@cse.nagoya-u.ac.jp)

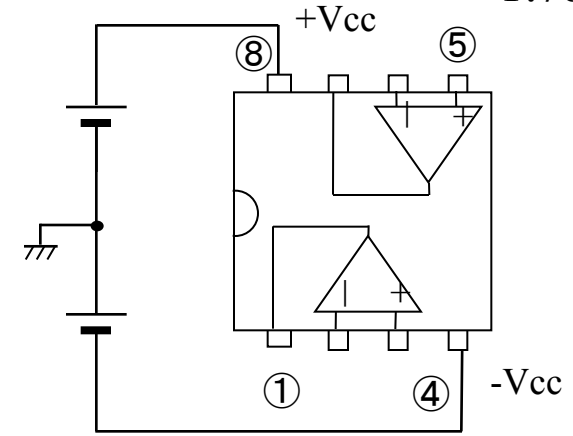


オペアンプ(LM358N)の外観



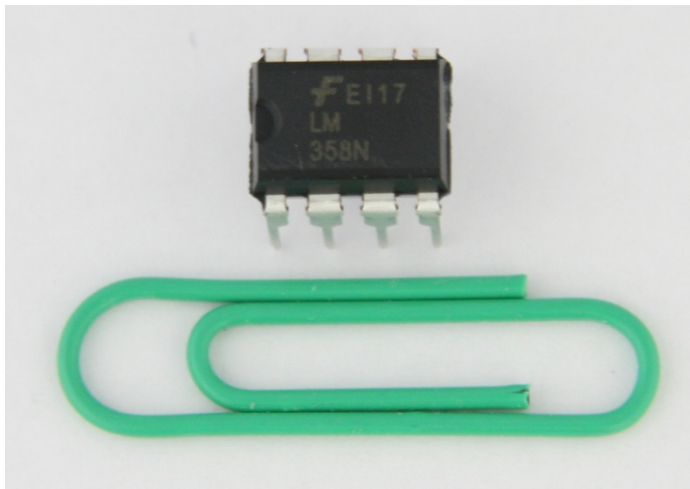
オペアンプの立体図

オペアンプ(LM358N)

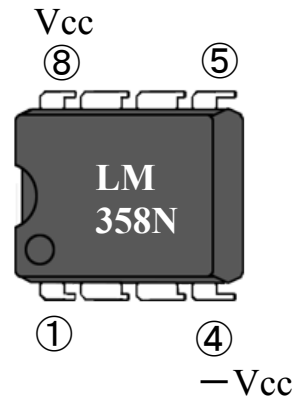


オペアンプ(LM358N)  
の内部配線

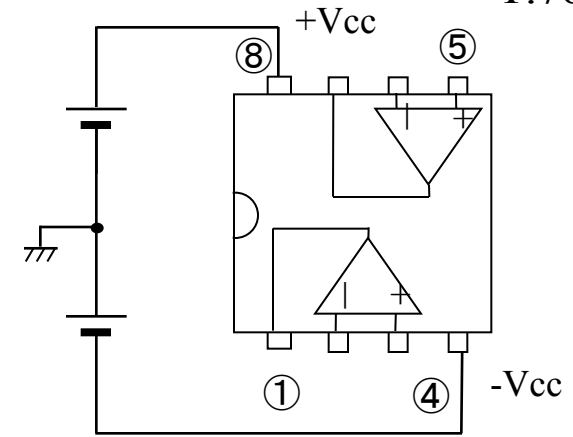
図6.2 オペアンプの記号



オペアンプ(LM358N)の外観



オペアンプの立体図



オペアンプ(LM358N)  
の内部配線

オペアンプ(LM358N)

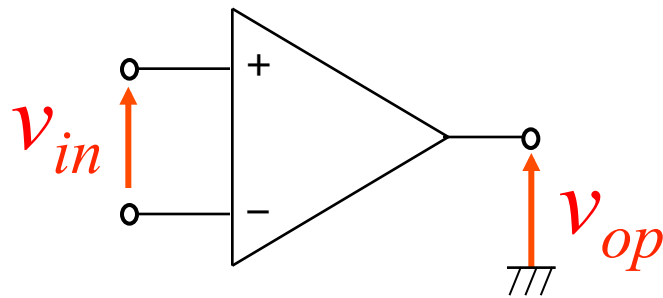
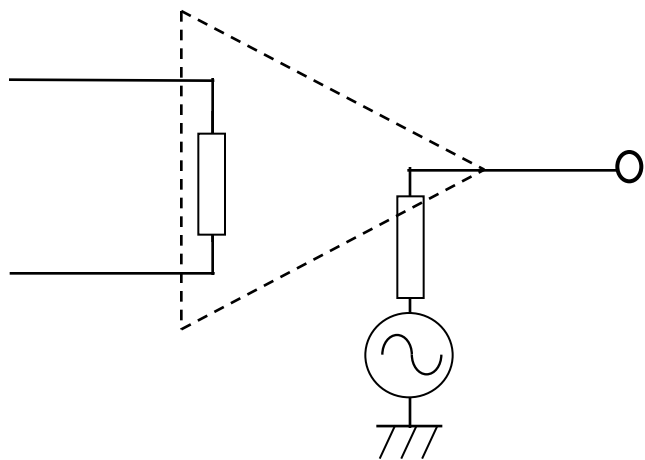
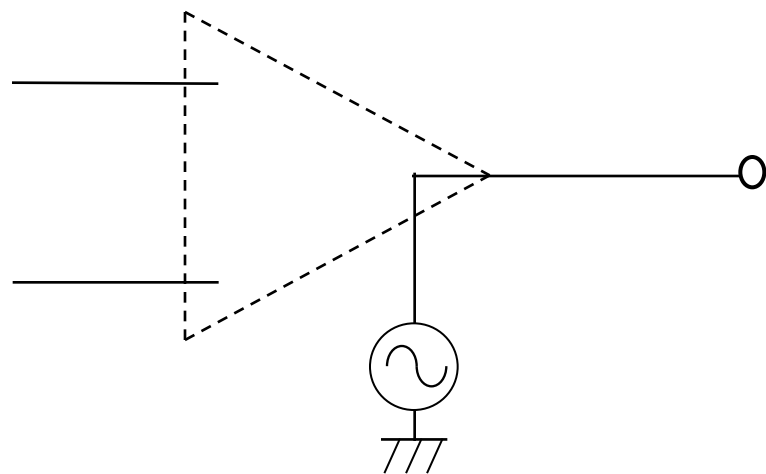


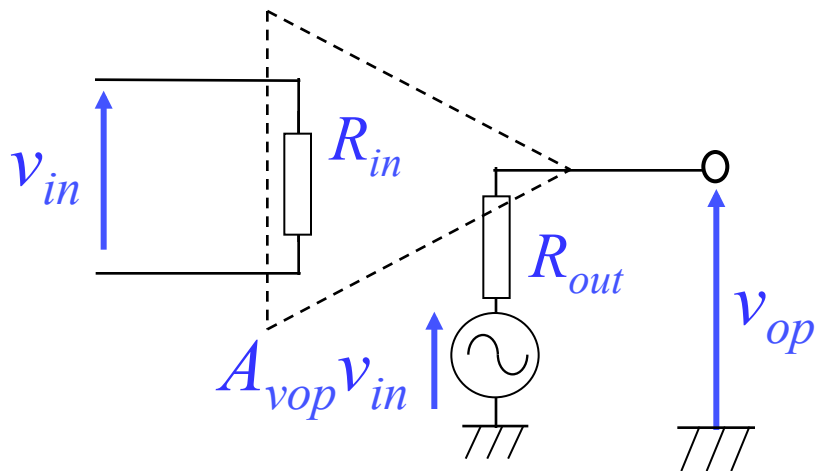
図6.2 オペアンプの記号



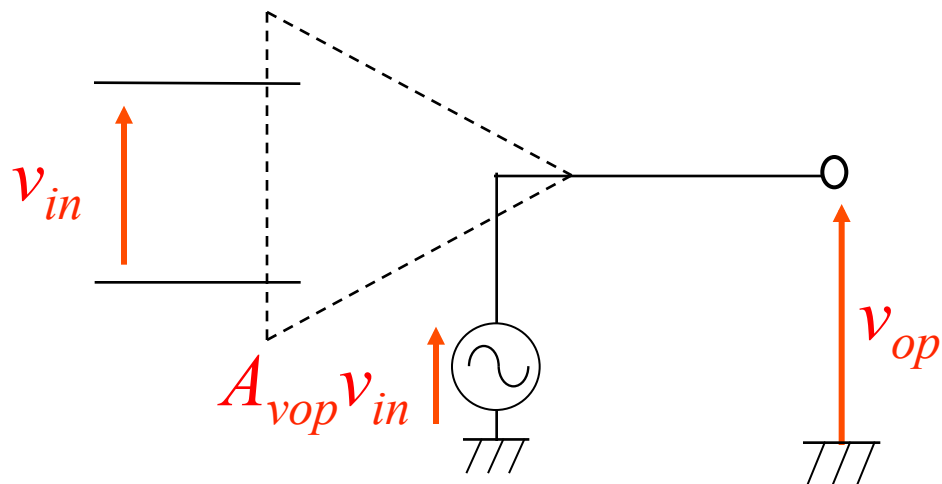
オペアンプの等価回路



オペアンプの近似等価回路



オペアンプの等価回路



オペアンプの近似等価回路

電圧増幅度 ( $A_{vop} = v_o / v_{in}$ )

入力抵抗:  $R_{in}$

出力抵抗:  $R_{out}$

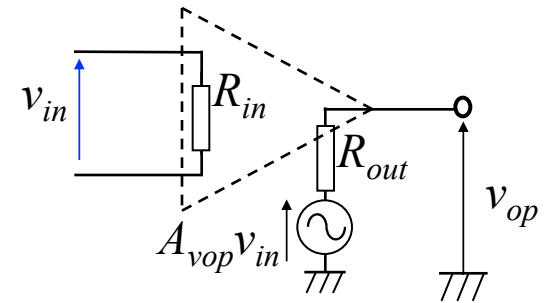
## 増幅回路の原理

オペアンプの主な特徴は次の3つである。

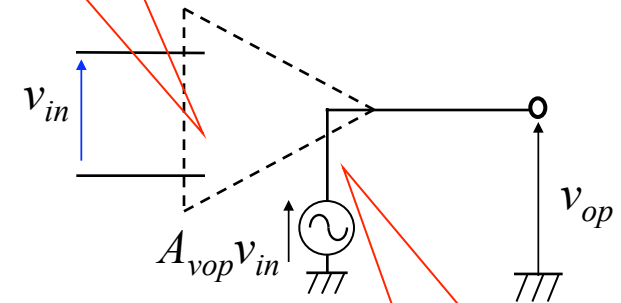
(a) **電圧増幅度** ( $A_{vop} = v_o / v_{in}$ ) がとても大きい. LM358Nの標準値は  倍である. すなわち入力電圧が10 [ $\mu$ V]のときに出力電圧は1[V]となる.

(b) **入力抵抗** ( $R_{in}$ ) が大きい. LM358Nの標準値は  $R_{in} > \text{}$  [ $\Omega$ ] である.

(c) **出力抵抗** ( $R_{out}$ ) が小さい.  [ $\Omega$ ]程度



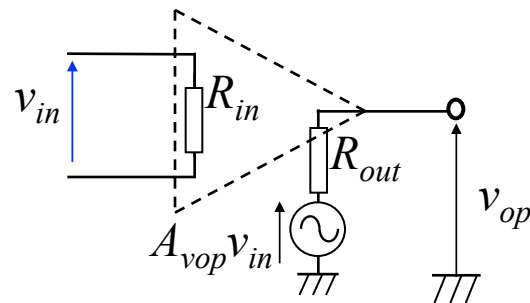
オペアンプの等価回路



オペアンプの近似等価回路

# 増幅回路の原理

オペアンプの主な特徴は次の3つである。



(a) 電圧増幅度 ( $A_{vop} = v_o / v_{in}$ ) がとても大きい. LM358Nの標準値は **100000** 倍である. すなわち入力電圧が10 [ $\mu\text{V}$ ]のときに出力電圧は1[V]となる.

(b) 入力抵抗 ( $R_{in}$ ) が大きい. LM358Nの標準値は  $R_{in} > \mathbf{10^7}$  [ $\Omega$ ] である.

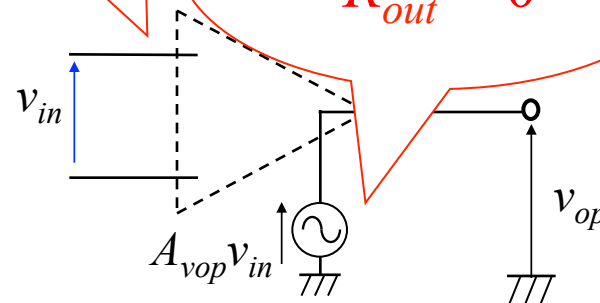
(c) 出力抵抗 ( $R_{out}$ ) が小さい. **数百** [ $\Omega$ ]程度

入力抵抗  
無限大

$$R_{in} = \infty$$

出力抵抗零

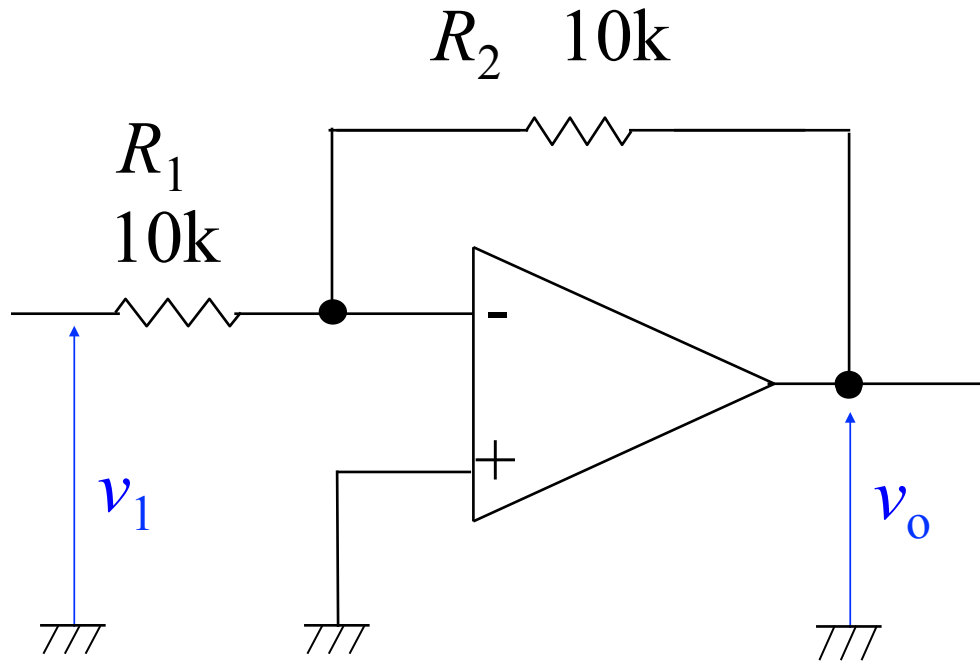
$$R_{out} = 0$$



オペアンプの近似等価回路

## 6.2 反転増幅回路

$$v_o =$$



$A_v$ :増幅回路の電圧  
増幅度

この例では

$$v_o =$$

図6.8 反転増幅回路

$$A_v =$$



## 6.2 反転増幅回路

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$= A_v v_1$$

$A_v$ : 増幅回路の電圧  
増幅度

この例では

$$v_o = -\frac{10 [\text{k}\Omega]}{10 [\text{k}\Omega]} v_1$$

$$= -v_1$$

$$A_v = -1$$

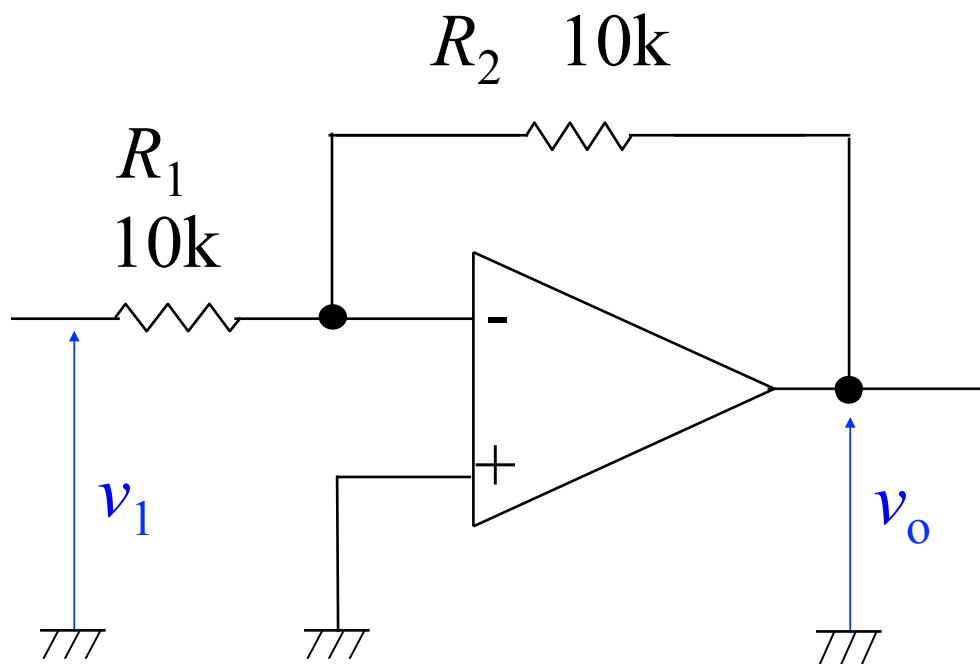


図6.8 反転増幅回路

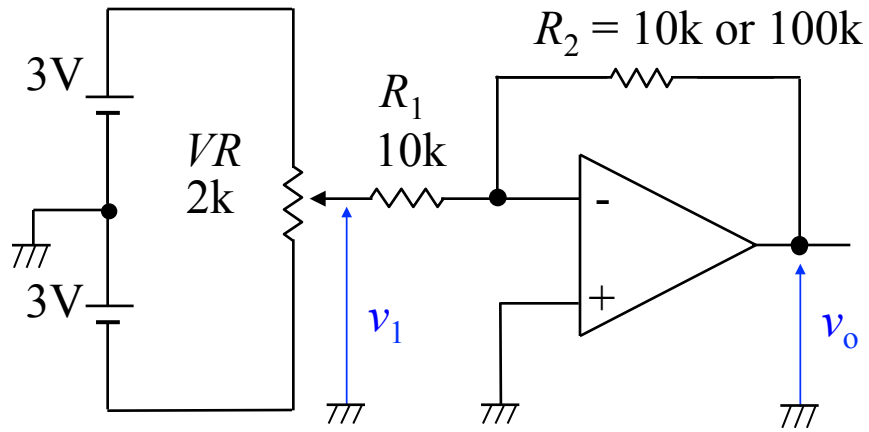
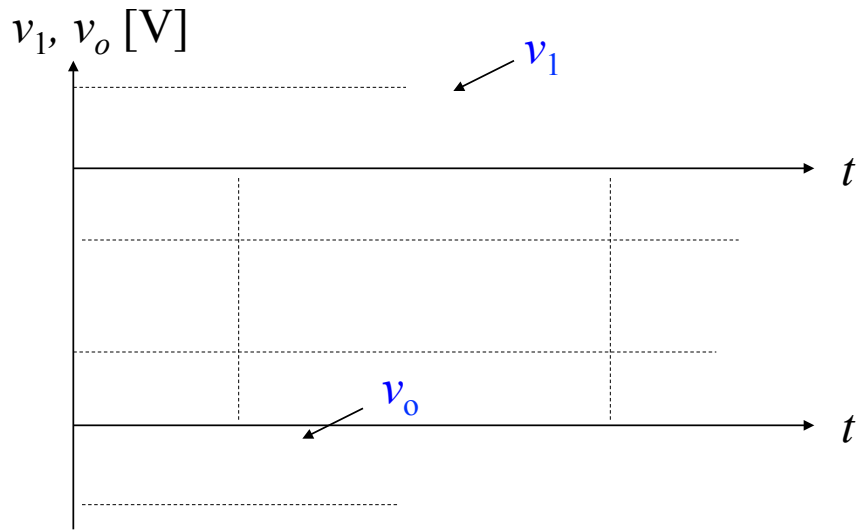
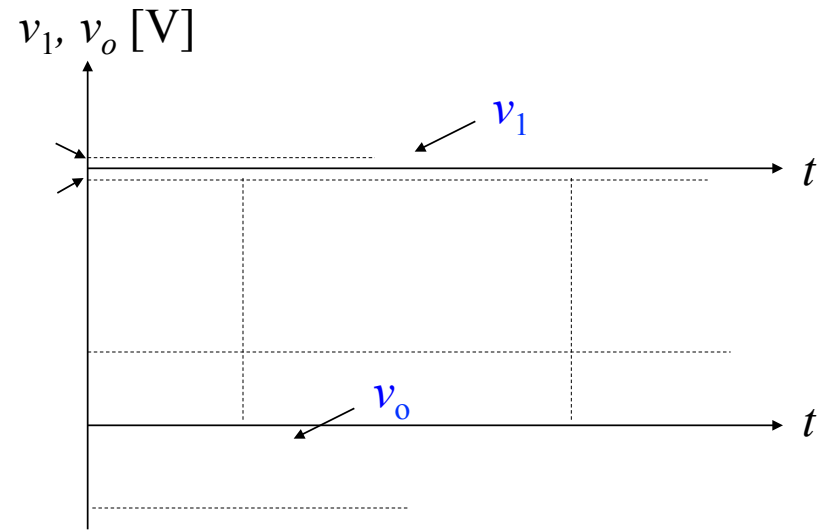


图6.8 反轉增幅回路



(a)



(b)

图6.11 入出力波形

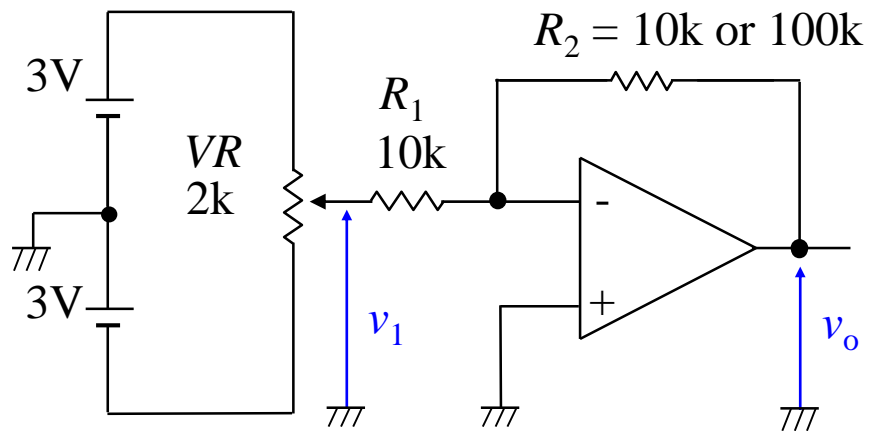
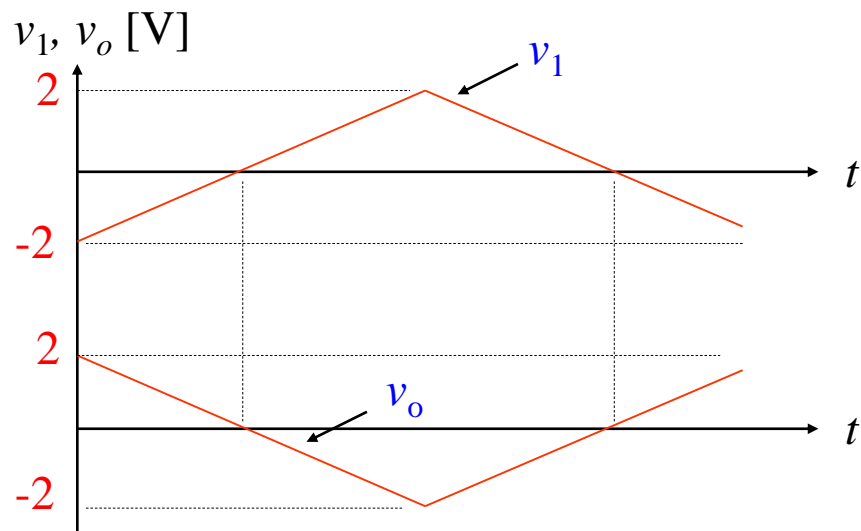
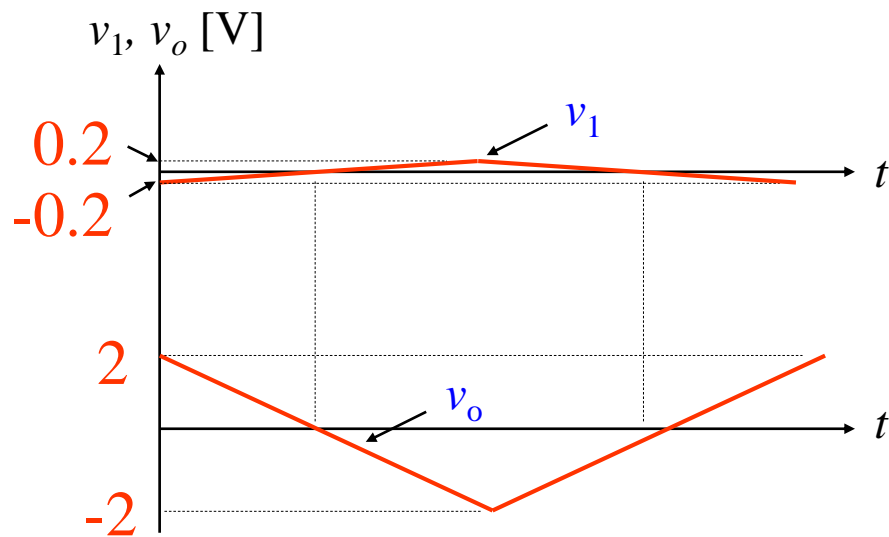


図6.8 反転増幅回路

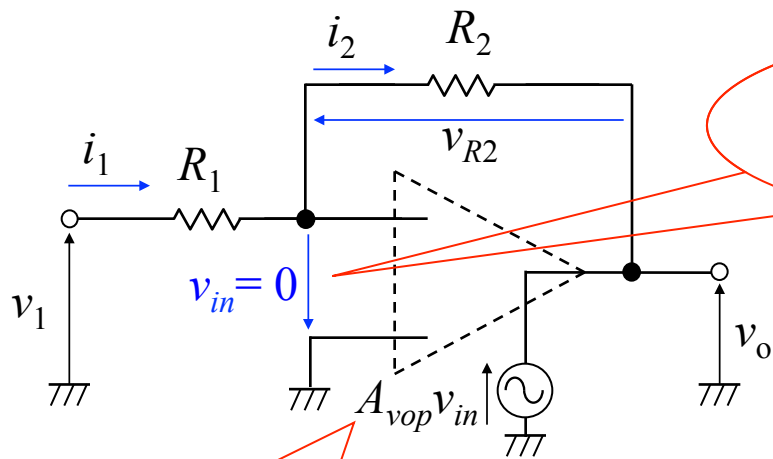


(a)  $R_2 = 10\text{k}\Omega$  のとき ( $A_v = -1$ )



(b)  $R_2 = 100\text{k}\Omega$  のとき ( $A_v = -10$ )

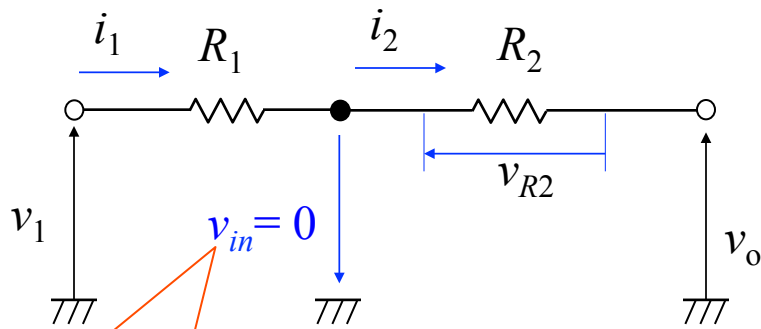
図6.11 入出力波形



(a) 等価回路

$$i_1 =$$

$$i_1 =$$



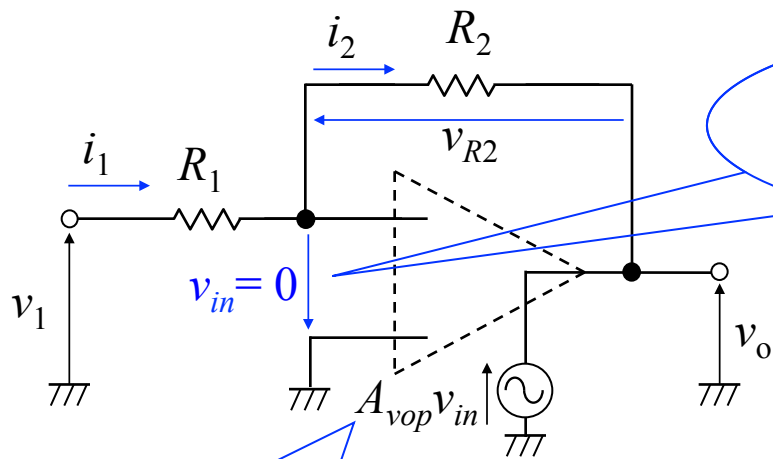
(b) 簡略等価回路

$$v_{R2} =$$

$$v_o =$$

$$=$$

反転増幅回路の等価回路



出力電圧 $v_o$ が有限であるためには入力電圧 $v_{in} = 0$ でなければならない

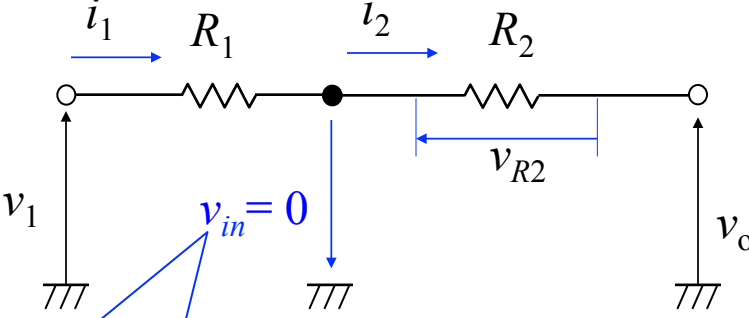
増幅度無限大  
 $A_{vop} = \infty$

(a) 等価回路

$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$i_1 = i_2$$

$$v_{R2} = R_2 i_2 = \frac{R_2}{R_1} v_1$$



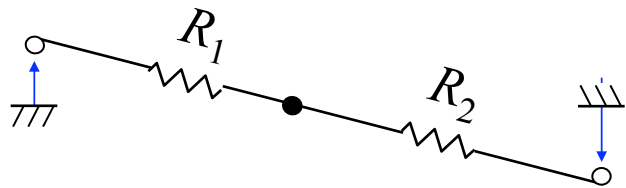
バーチャル  
ショートと呼ぶ

(b) 簡略等価回路

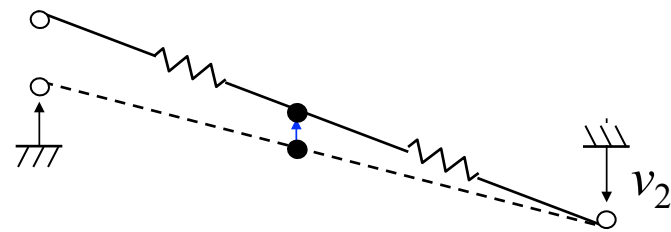
$$v_o = -v_{R2} = -\frac{R_2}{R_1} v_1$$

$$= A_v v_1$$

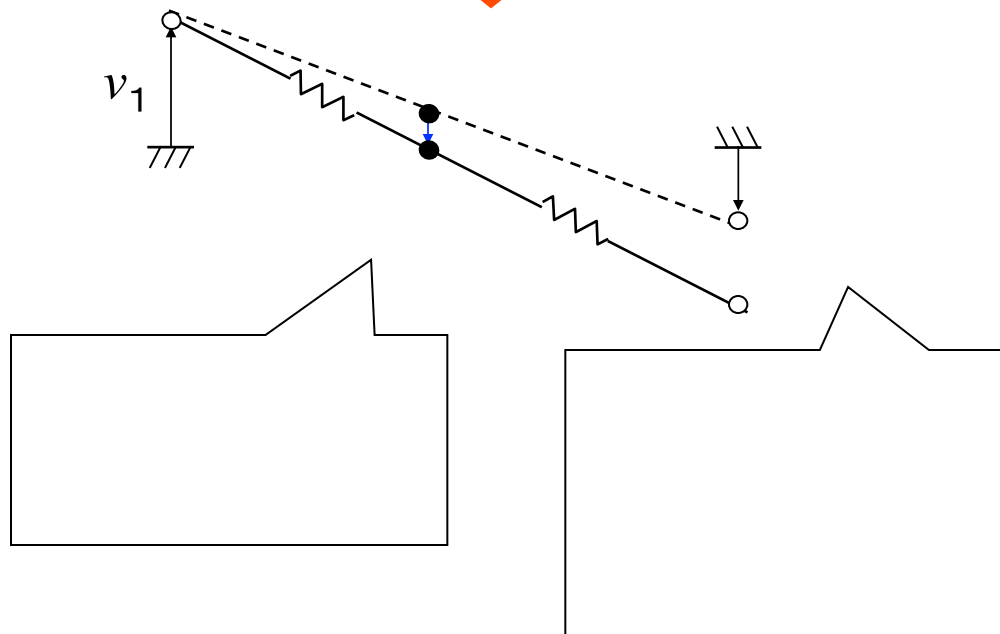
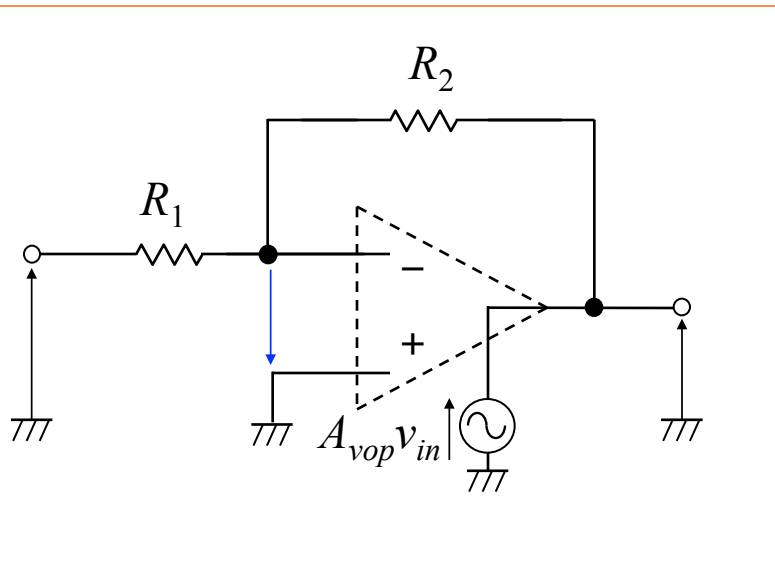
反転増幅回路の等価回路



(a) 初期状態

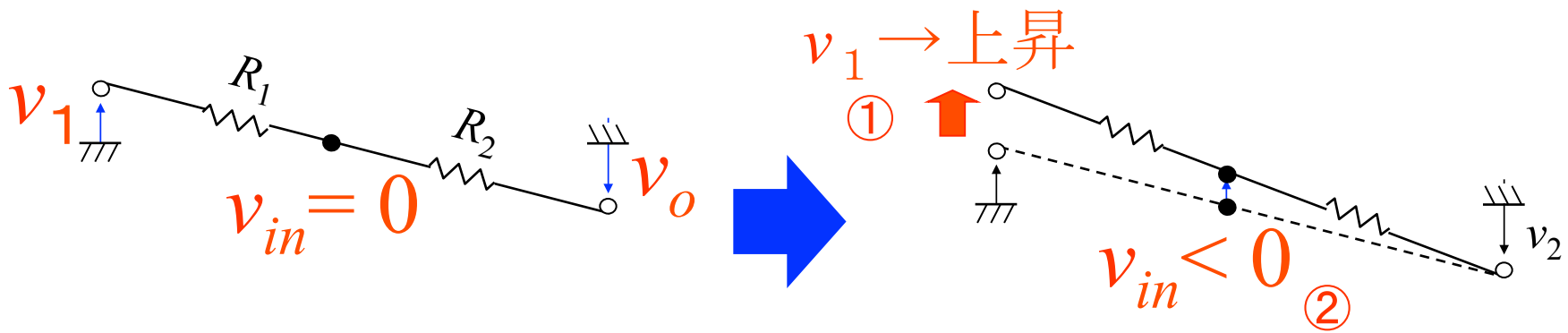


(b) 入力電圧上昇



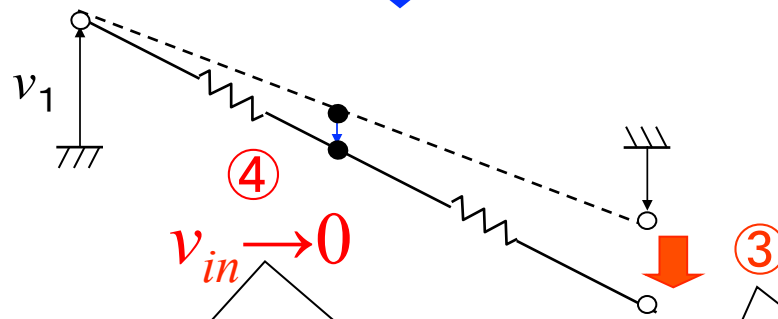
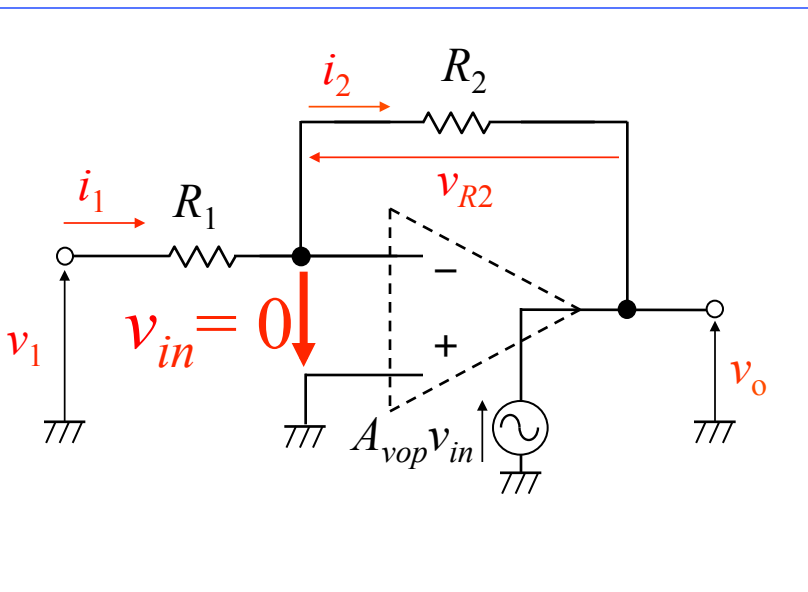
(c) バーチャルショートへ

図6.13 バーチャルショートのイメージ図



(a) 初期状態

(b) 入力電圧上昇



常に  $v_{in} = 0$  となるように動作する。

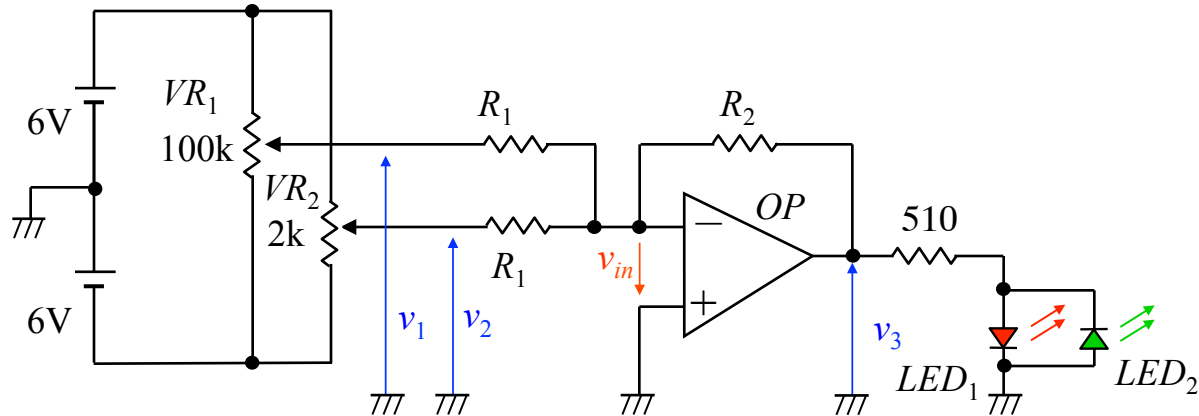
$v_o \rightarrow$  減少  
 $\rightarrow v_{in} = 0$   
 となるところ  
 まで減少

(c) バーチャルショートへ

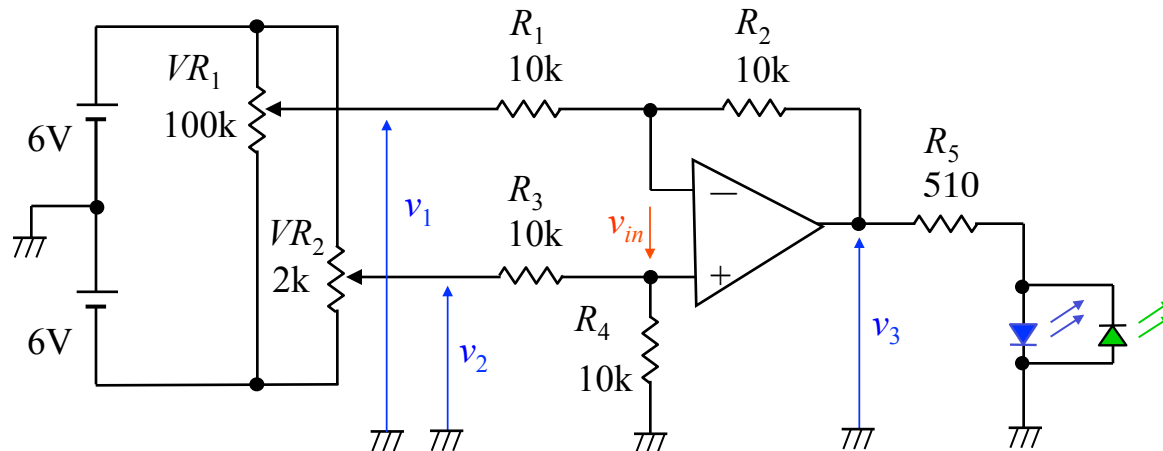
図6.13 バーチャルショートのイメージ図

## 参考 足し算回路

下図の回路において  $v_3 = -k(v_1 + v_2)$  となる。ただし、  $k = R_2/R_1$  とする。



## 参考 引き算回路 $v_3 = -(v_1 - v_2)$





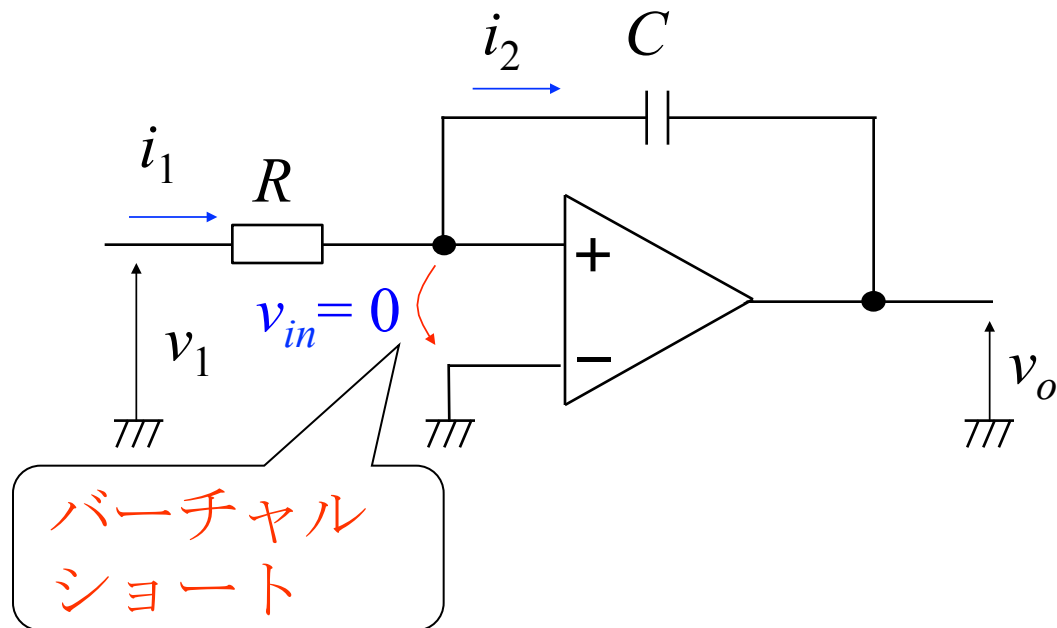
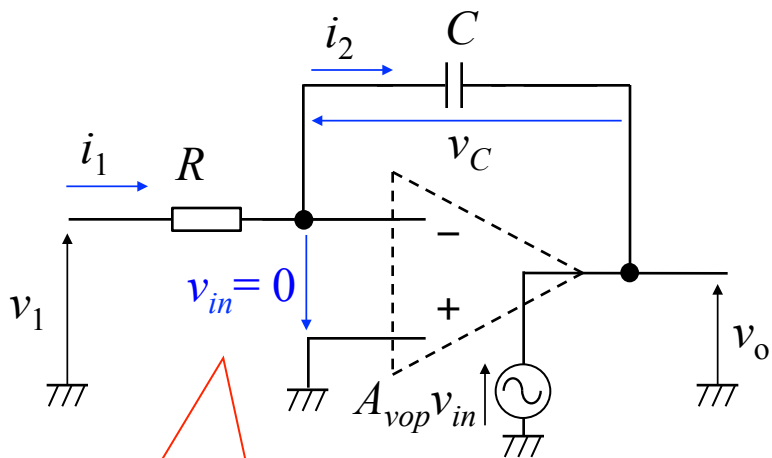
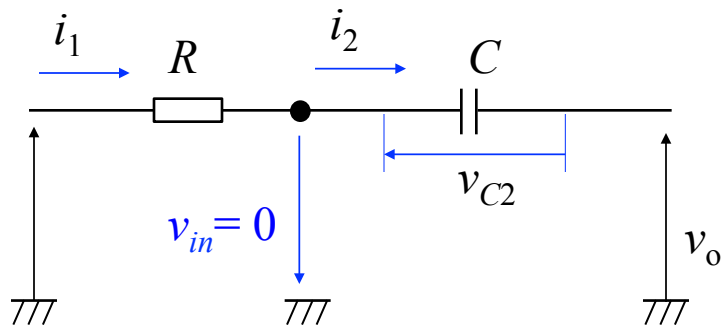


図6.15 積分回路の回路図

# 積分回路



バーチャル  
ショート

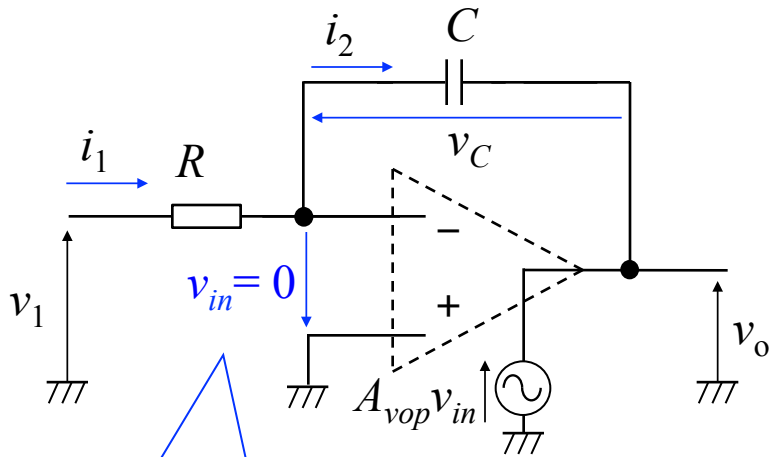


$$i_1 =$$

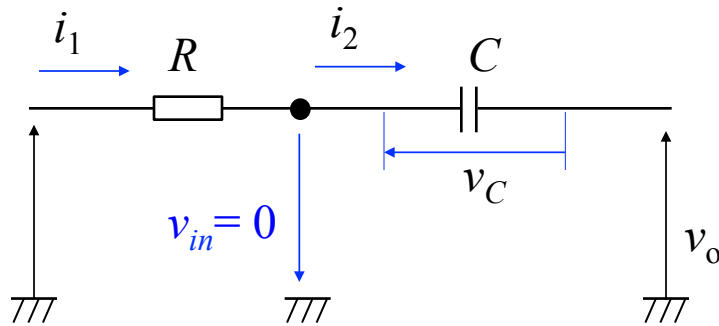
$$i_1 = i_2$$

$$v_o =$$

# 積分回路



バーチャル  
ショート



$$i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$i_1 = i_2$$

$$v_o = -v_C$$

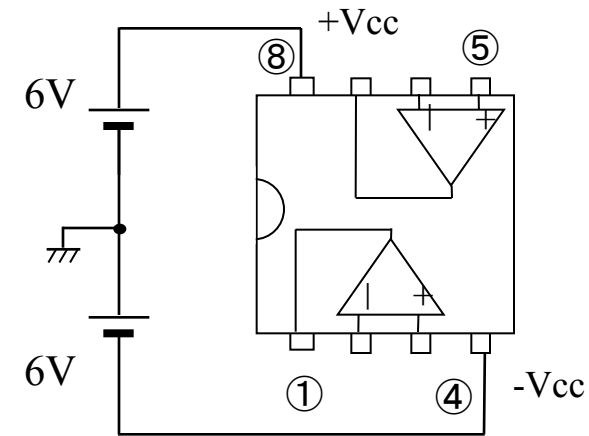
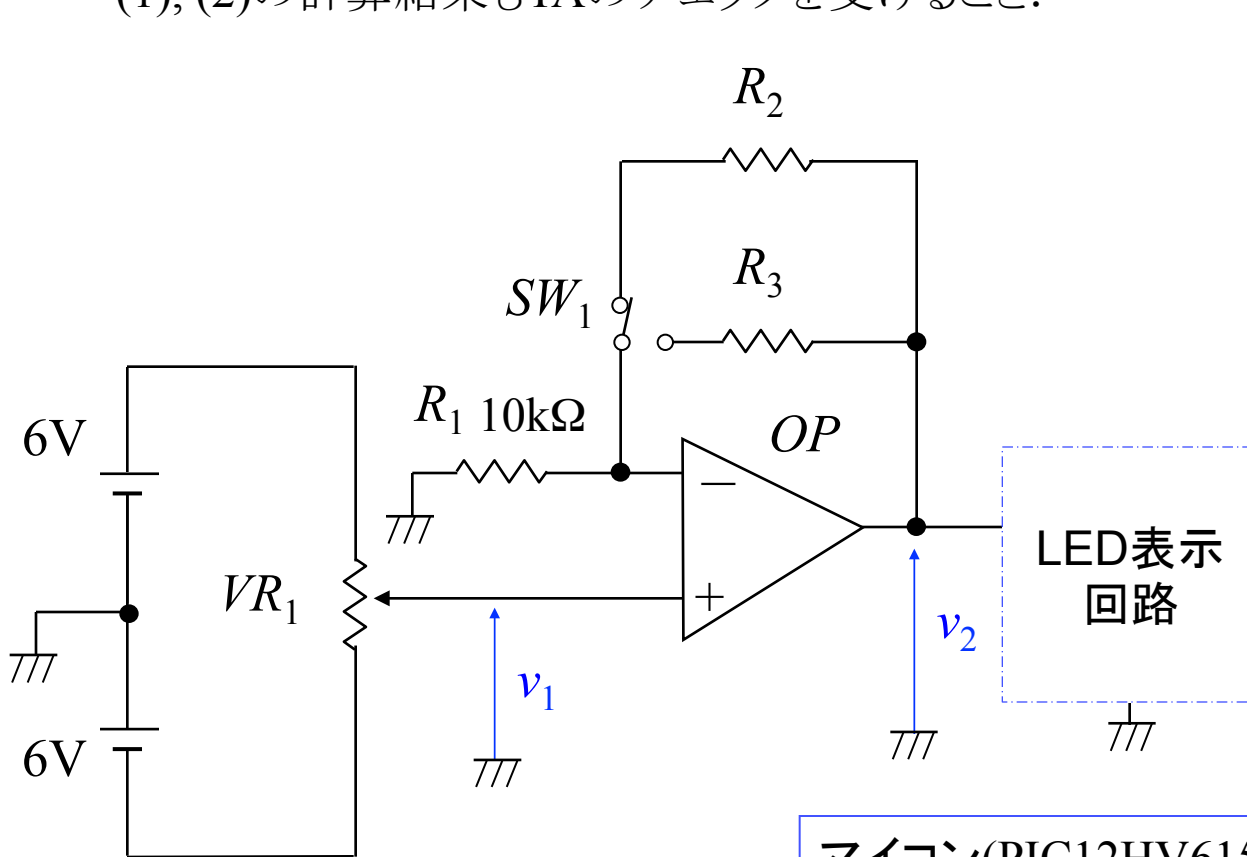
$$= -\frac{1}{C} \int i_2 dt$$

$$= -\frac{1}{RC} \int v_1 dt \quad (6.9)$$

## Step6 製作課題

図は非反転増幅回路を用いたLED調光回路である。

- (1) 回路の電圧増幅度  $A_v = v_2/v_1$  を求めよ。ただし、スイッチ  $SW_1$  は抵抗  $R_2$  側に倒してあるものとする。
- (2) スwitch  $SW_1$  を切り替えることで電圧増幅度  $A_v = 2, 11$  となるように各定数を決め、設計した回路を製作して、電圧増幅度の違いをLEDの付き方の違いにより確かめよ。  
(1), (2)の計算結果もTAのチェックを受けること。



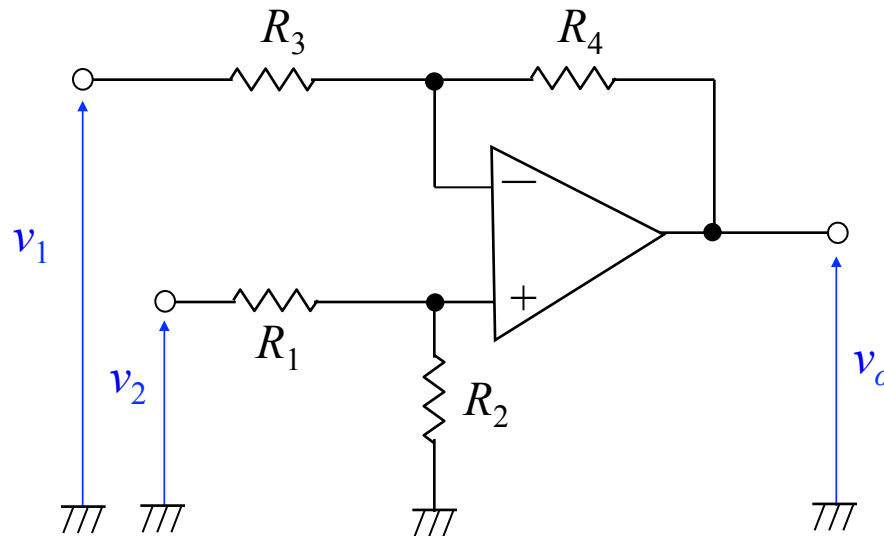
オペアンプの内部配線と電源接続の様子

マイコン(PIC12HV615)には12[V]の電圧がかからないように注意すること。

Step 6 レポート課題(1) (引き算回路)

下図の回路において  $v_o = -k(v_1 - v_2)$  となることを示せ.

ただし,  $\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3} = k$  とする.



## Step6 レポート課題 (2) (積分回路)

積分回路の入力電圧 $v_1$ が下図に示すように振幅1[V], 繰り返し周波数  $f=1$  [kHz]の三角波であるとき,  $v_o$ を求め, 波形も描け. ただし, コンデンサ $C$ の静電容量は0.024 [ $\mu\text{F}$ ], 抵抗 $R=10$  [ $\text{k}\Omega$ ]とする.

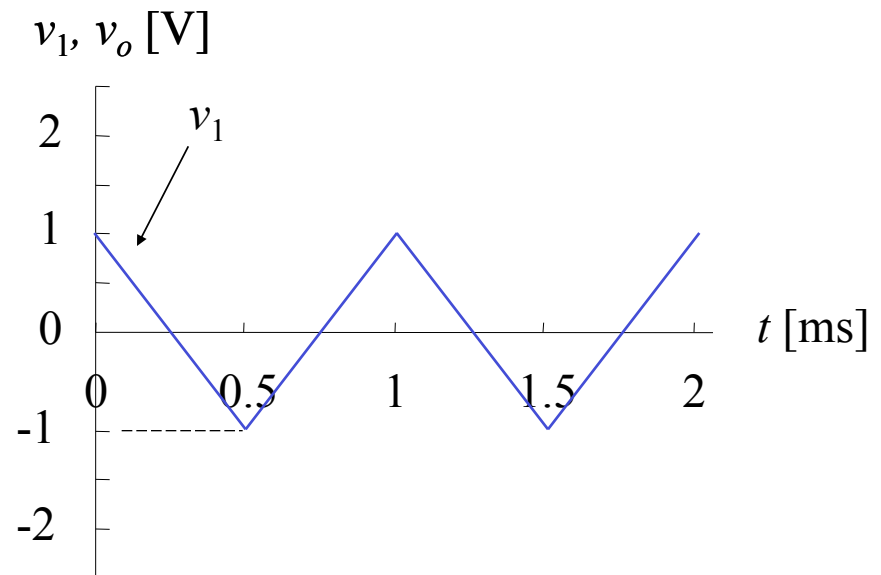
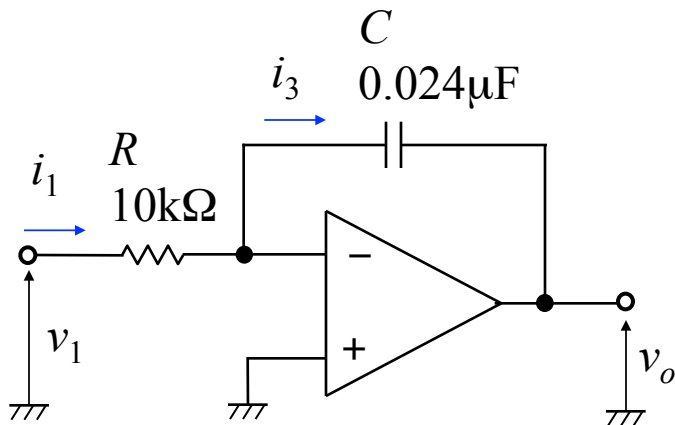


図6.15 積分回路の回路図