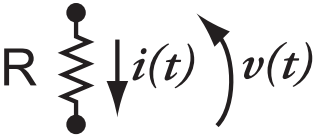
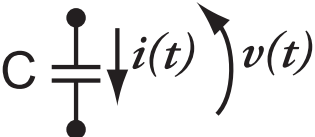
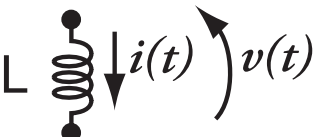


前回の復習

- 入力インピーダンスと出力インピーダンス
 - 入力インピーダンスは高く
 - 出力インピーダンスは低く
- 理想電圧源
 - 出力インピーダンスはゼロ
 - 取り出せる電流は ∞
- 出力同士の接続 = 破壊の原因
- 重ね合わせの原理による簡単な加算回路
 - 抵抗を介しないと加算できない
 - 接続する回路の入力インピーダンスに左右される
 - 高周波回路の場合に良く用いられる：OP アンプの帯域に制限されないため
e.g. Bias-T, AOM RF-driver ...

交流回路と複素表示

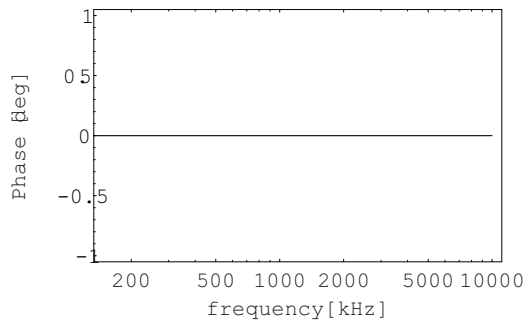
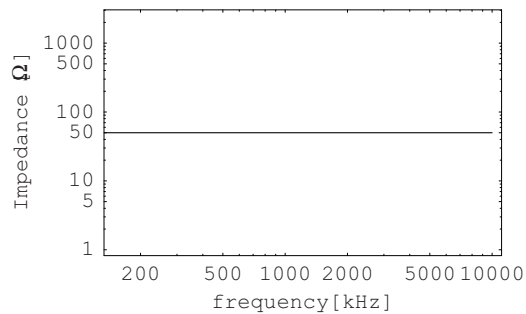
回路素子	実電圧 $v(t)$, 実電流 $i(t)$	複素電圧 $V(t)$ 複素電流 $I(t)$
	$v(t) = E_m \cos \omega t$ $i(t) = \frac{1}{R} E_m \cos \omega t$	$V(t) = E_m e^{j\omega t}$ $I(t) = \frac{1}{R} E_m \cos \omega t$ $\therefore Z = \frac{V(t)}{I(t)} = R$
	$v(t) = E_m \cos \omega t$ $i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt}$ $= \omega C E_m \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$	$V(t) = V_m e^{j\omega t}$ $I(t) = j\omega C V_m e^{j\omega t} = j\omega C V(t)$ $\therefore Z = \frac{1}{j\omega C}$
	$i(t) = I_m \cos \omega t$ $v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$ $= \omega L I_m \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$	$I(t) = I_m e^{j\omega t}$ $V(t) = j\omega L I_m e^{j\omega t} = j\omega L I(t)$ $\therefore Z = j\omega L$

回路素子のインピーダンス

抵抗

50 Ω

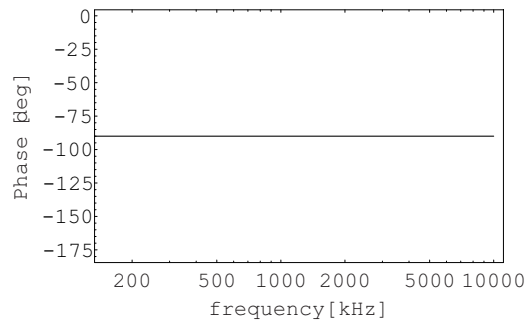
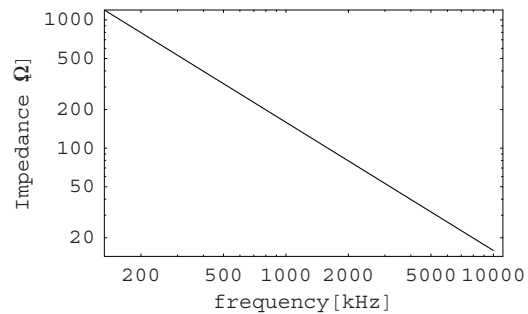
R



コンデンサ

1 nF

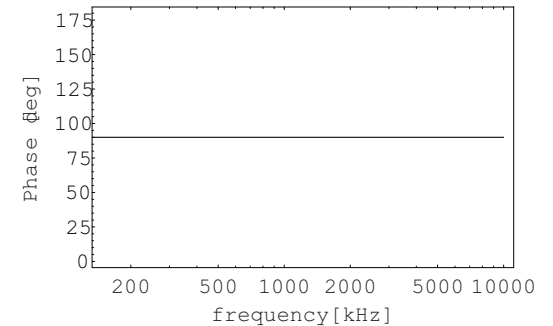
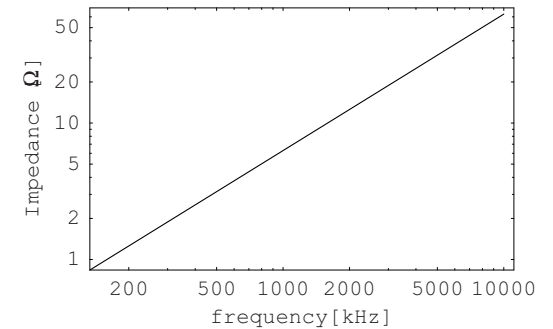
$\frac{1}{j\omega C}$



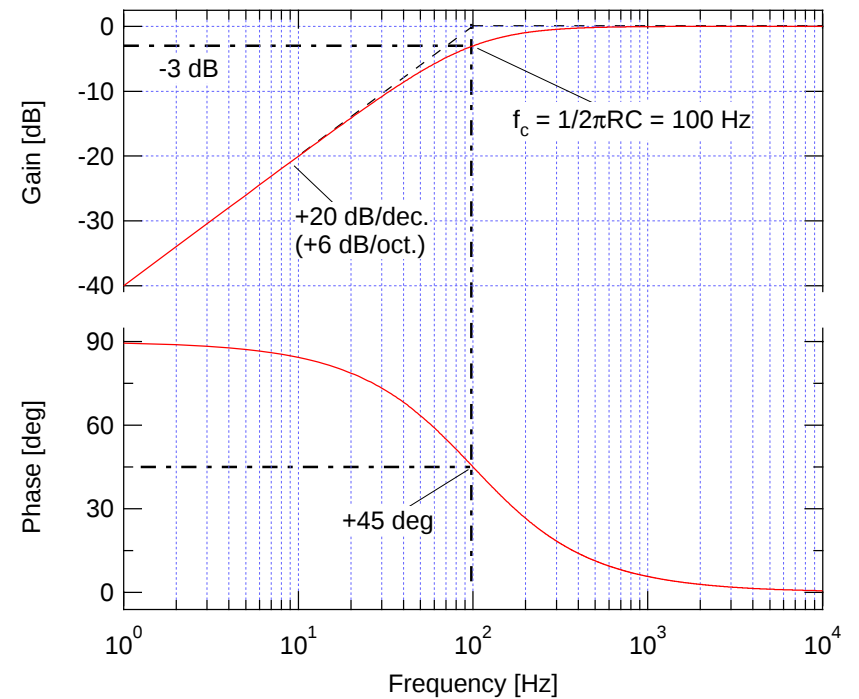
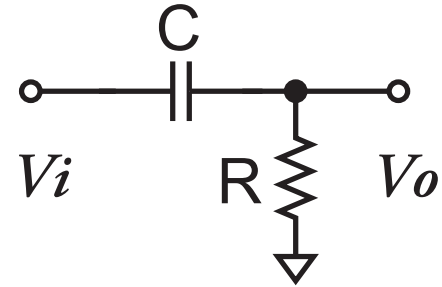
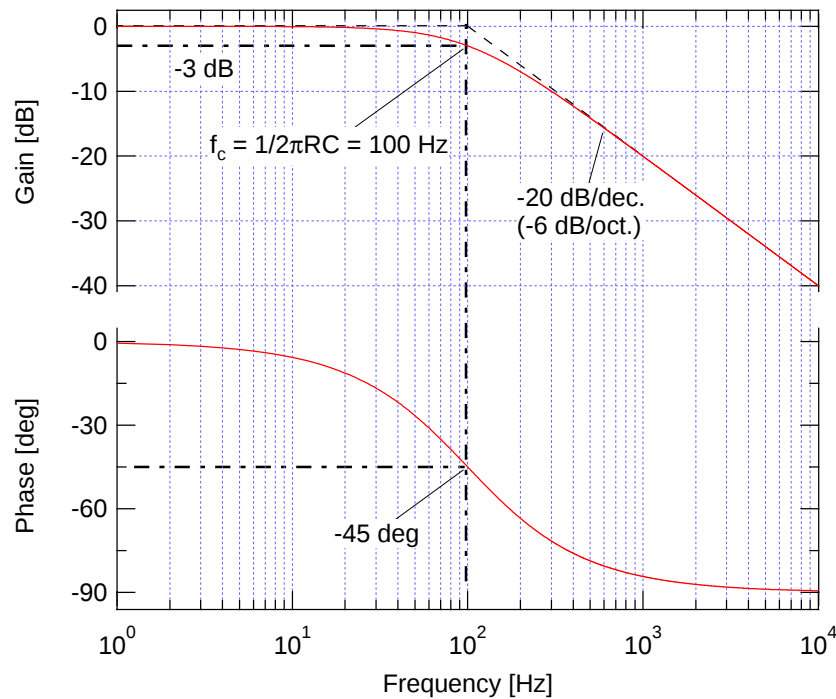
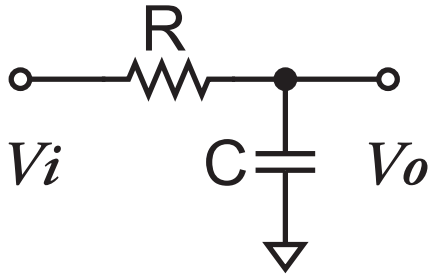
インダクタ

1 μH

$j\omega L$

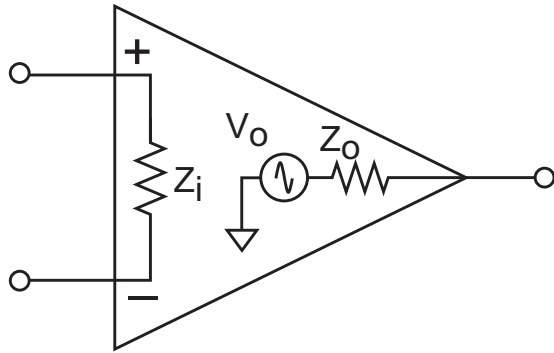


周波数フィルタ



理想 OP アンプの動作原理

理想 OP アンプの等価回路



$$Z_i = \infty$$

$$Z_o = 0$$

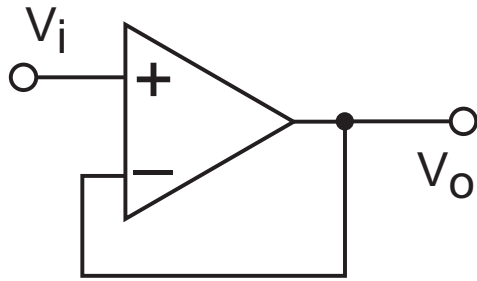
$$A = \infty$$

$$V_o = A(V^+ - V^-)$$

となるように， $+$ ， $-$ 2つの入力端子に応じた電圧を出力する電圧源と考えることができる．このときゲイン A は ∞ ，入力インピーダンス Z_i は ∞ ，出力インピーダンス Z_o は 0 である．

基本的な使い方(1): 電圧フォロア

電圧フォロア

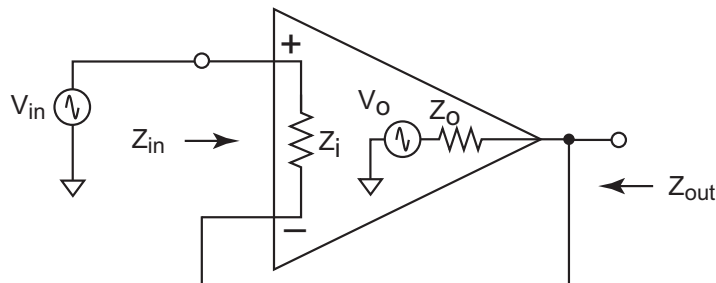


$$V_o = A(V^+ - V^-),$$

$$V^+ = V_i, \quad V^- = V_o$$

$$\therefore V_o = \frac{A}{1 + A} V_i \rightarrow V_i \quad (A \rightarrow \infty)$$

入出力インピーダンス



$$Z_{in} \approx (1 + A)Z_i$$

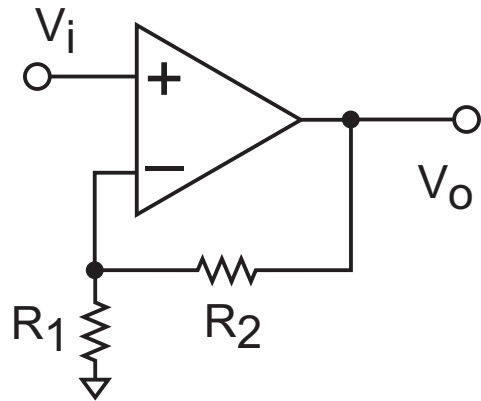
$$Z_{out} \approx \frac{Z_o}{1 + A}$$

- 信号のインピーダンス変換が可能!!
- 後段の設計が簡単

電圧フォロアの入出力インピーダンス

基本的な使い方(2): 非反転増幅回路

非反転増幅回路



$$V^+ = V_i, \quad V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o$$

$$\therefore V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + (R_1 + R_2)/A} V_i \rightarrow \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i$$

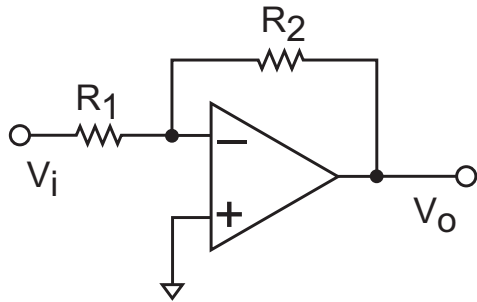
この回路の特徴:

- 入力インピーダンスが高い
- 増幅器内部で発生する雑音の影響を低減するのに有利
- 同相信号除去比 (Common Mode Rejection Ratio; CMRR) による誤差が大きい
- バーチカルショート ($V^- = V_i$)

cf. 反転増幅回路の特徴

基本的な使い方(3): 反転増幅回路

反転増幅回路



$$V^+ = 0,$$

$$V^- = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o, \text{ 重ねの理!}$$

$$\therefore V_o = -\frac{R_2}{R_1 + (R_1 + R_2)/A} V_i \rightarrow -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

この回路の特徴:

- 加算回路や積分回路, 微分回路を容易に構成できる
- CMRR の影響は無視できる
- OP アンプ内部の雑音の影響を受けやすい
- 入力インピーダンスをあまり高くできない
- バーチャルショート ($V^- = 0$, 仮想接地)

反転増幅回路の入力インピーダンス

反転増幅回路の出力電圧: $V_o = -\frac{R_2}{R_1 + (R_1 + R_2)/A} V_i$

回路に流れ込む電流: $i = \frac{V_i - V_o}{R_1 + R_2}$

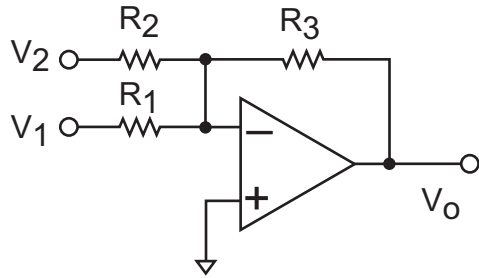
入力インピーダンス: $Z_{in} = \frac{V_i}{i}$

$$\therefore Z_{in} = R_1 + \frac{1}{1 + A} R_2$$

- $\therefore A \rightarrow \infty$ と見なせる周波数領域では $Z_{in} \approx R_1$
- 現実の OP アンプでは高周波になるにしたがって A が小さくなるため R_2 の影響が無視できなくなってくる

基本的な使い方(4): 加算回路

加算回路: 演算回路



$$V^+ = 0,$$

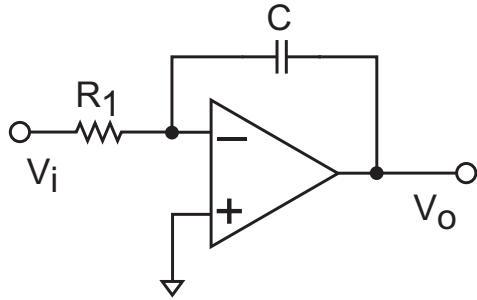
$$V^- = \frac{R_2 // R_3}{R_1 + R_2 // R_3} V_1 + \frac{R_1 // R_3}{R_2 + R_1 // R_3} V_2 + \frac{R_1 // R_2}{R_3 + R_1 // R_2} V_o$$

$$\begin{aligned} \therefore V_o &= -\frac{R_2 R_3 V_1 + R_1 R_3 V_2}{R_1 R_2 + (R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3)/A} \\ &\rightarrow -\left(\frac{R_3}{R_1} V_1 + \frac{R_3}{R_2} V_2\right) \quad (\text{このとき } V^- = 0) \end{aligned}$$

- 入力インピーダンス: R_1, R_2
- 出力インピーダンス ≈ 0
- OP アンプの帯域で制限される

基本的な使い方(5): 積分(微分)回路

積分回路



$$V^+ = 0,$$

$$V^- = \frac{1}{1 + j\omega CR_1} V_i + \frac{j\omega CR_1}{1 + j\omega CR_1} V_o$$

$$\therefore V_o = -\frac{1}{j\omega CR_1 + (1 + j\omega CR_1)/A} V_i$$

$$\rightarrow -\frac{1}{j\omega CR_1} V_i$$

次回予告：SIMetrix について

インストーラは¥¥Aigoma¥SharedDocs¥インストーラ¥SIMetrix の中
においてあります (sxint51.exe というファイル) . インストールしておい
てください .

インストールは ,

- sxint51.exe をダブルクリック
- Choose SIMetrix or SIMetrix/SIMPLIS という画面がでたら
SIMetrix Intro を選ぶ
- そのまま画面の指示に従ってインストール

で完了です . 初めて起動すると File associations など聞かれますが ,
特に理由がなければ Yes を選んでおいて問題ないでしょう . (拡張子が
.sxsch, .sxxgph とかいうファイルが SIMetrix に関連づけられるだけです)
簡単な使い方マニュアルをweb ページにしてあります . この講義ノート
も順次ここに置く予定です .

<http://yagura.scphys.kyoto-u.ac.jp/~uetake/lecture/>