

3.3 電圧増幅の方法

電圧信号を取り出す方法

トランジスタは、小さいベース電流を大きいコレクタ電流に増幅する機能がある。しかし、電圧を増幅したい場合も多い。

トランジスタの増幅作用

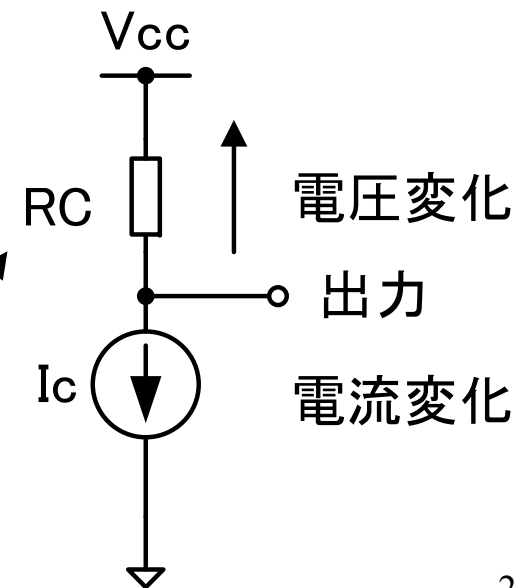
V_{BE} の変化または I_B の変化

I_C が大きく変化

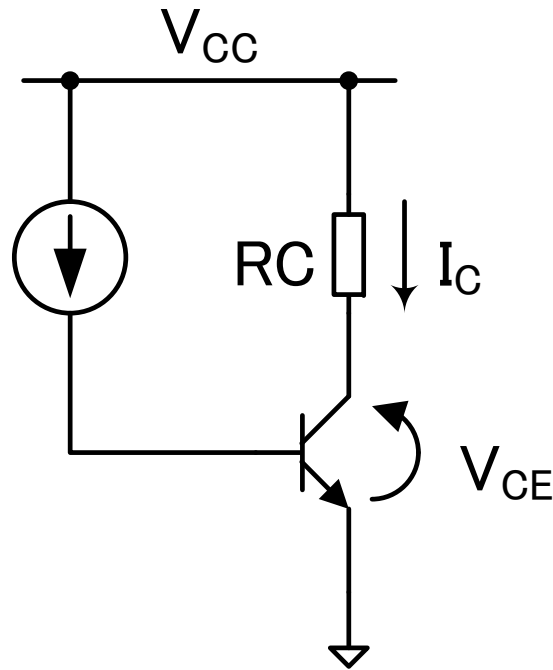
電流 → 電圧変換

電流 → 電圧変換のために抵抗を使用する(負荷抵抗: Load resistance)。

$V = R \cdot I$ より、抵抗は電流-電圧変換素子として使用できる。



直流負荷線 (Load line)



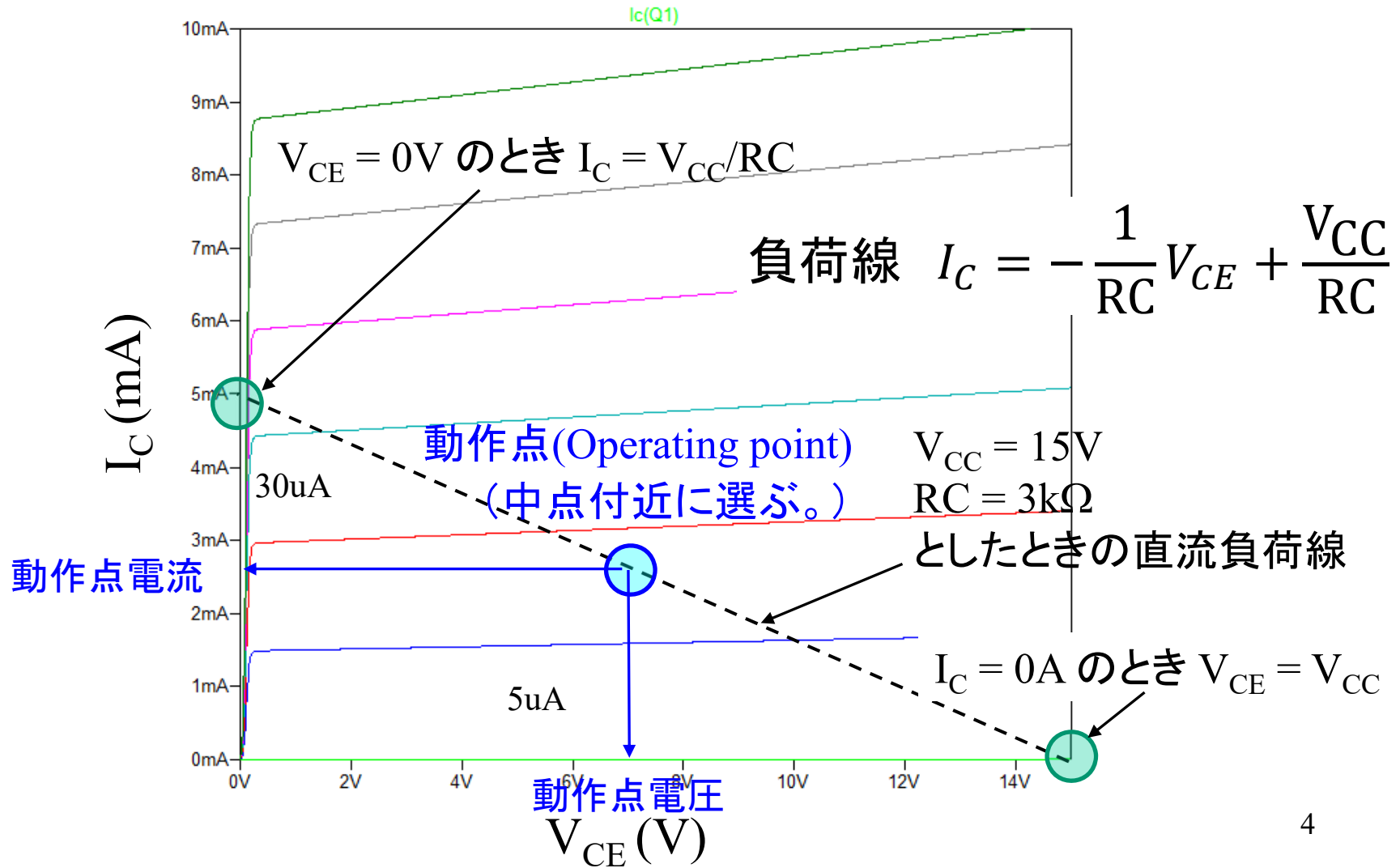
$$V_{CC} = RC \cdot I_C + V_{CE}$$

$$I_C = -\frac{1}{RC} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{RC}$$

この、 I_C - V_{CE} の関係式は**直流負荷線**と呼ばれる。

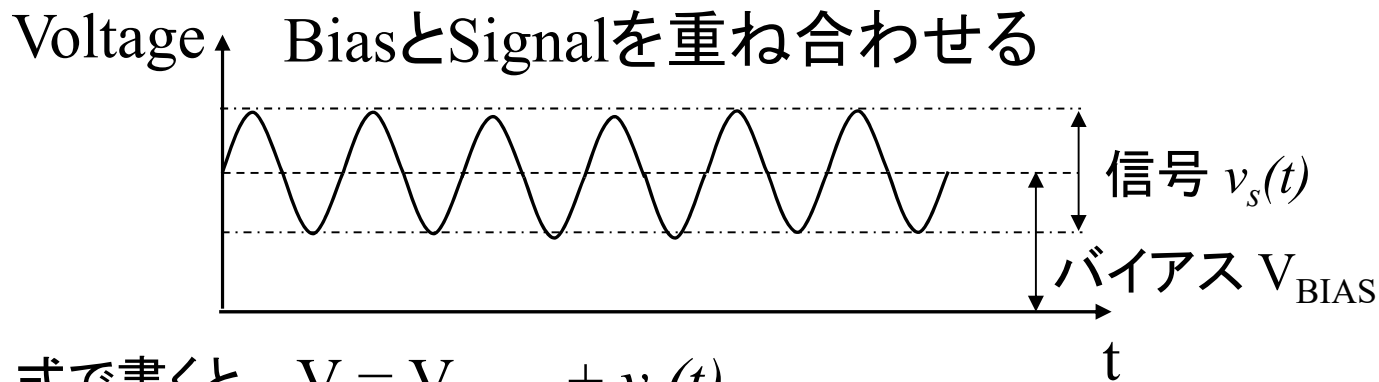
RCを接続することにより、負荷線の式を満足するような、 I_C - V_{CE} の値しか取れないように制限が加えられる。

直流負荷線のグラフ表示



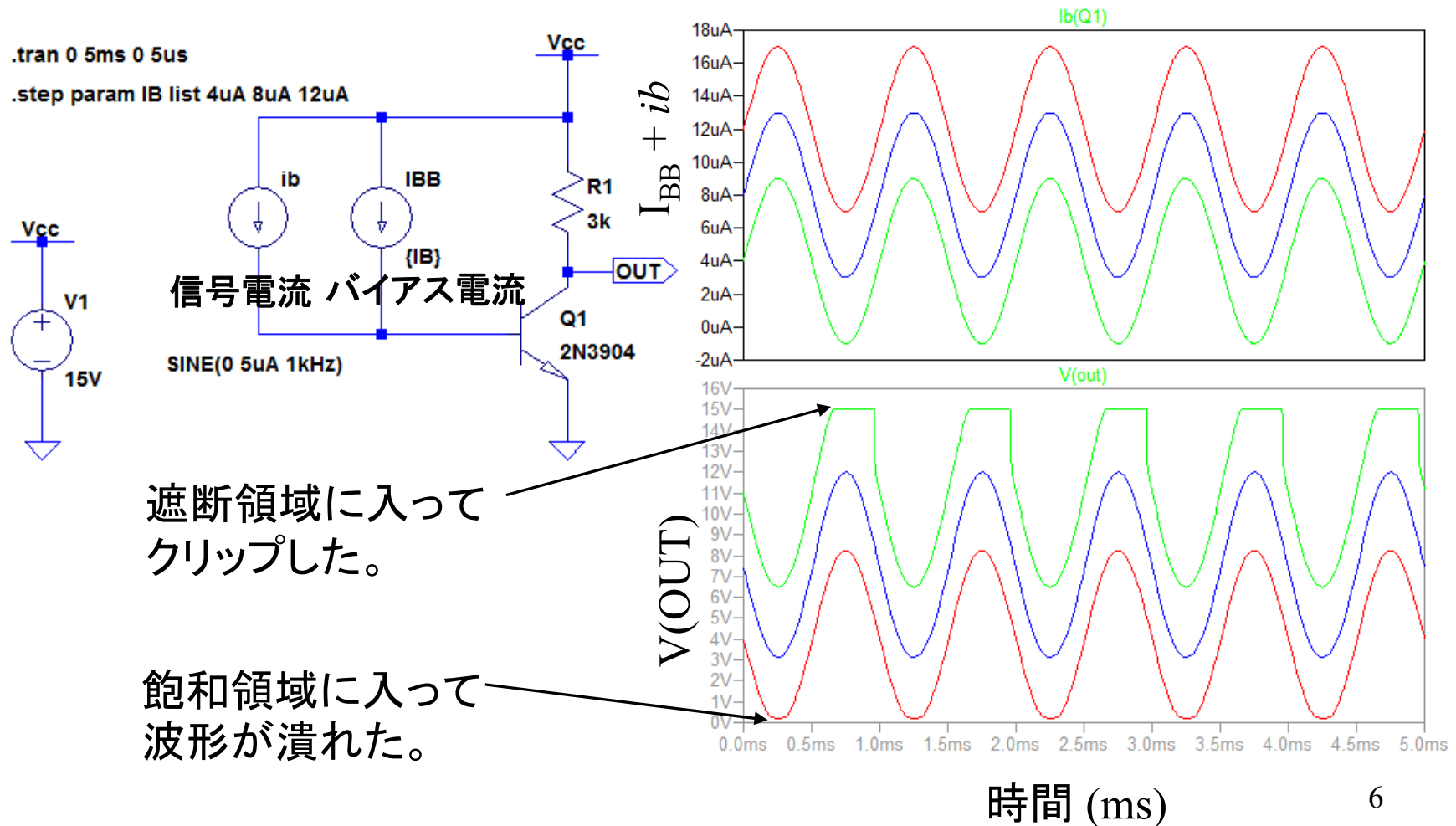
バイアス(Bias)と信号(Signal)

- トランジスタを活性領域内で動作させるために、一定の直流電圧を印加するか一定の直流電流を流しておく・・・**直流バイアス(またはバイアス)**と呼ぶ
- 音声や画像などの情報を、電圧(または電流)の時間変化として表したもの・・・**信号**と呼ぶ



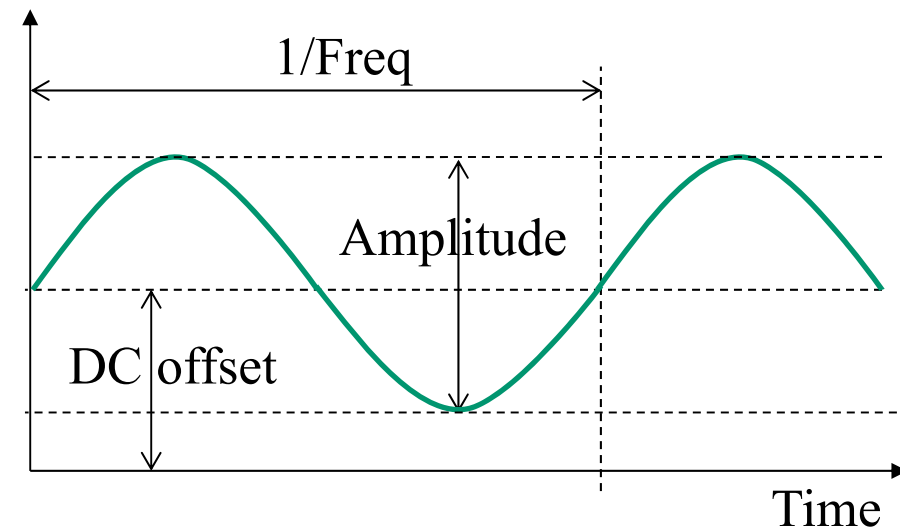
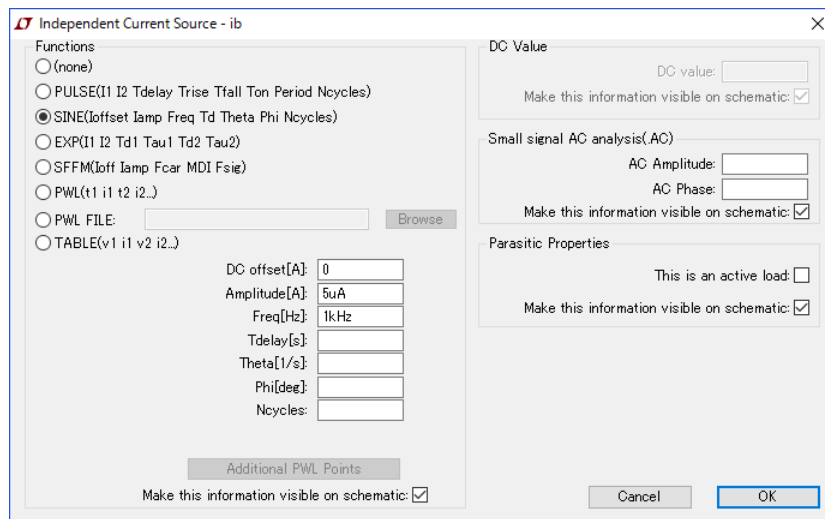
バイアスは大文字、信号は小文字で表記することが多い。

バイアスと信号波形の関係



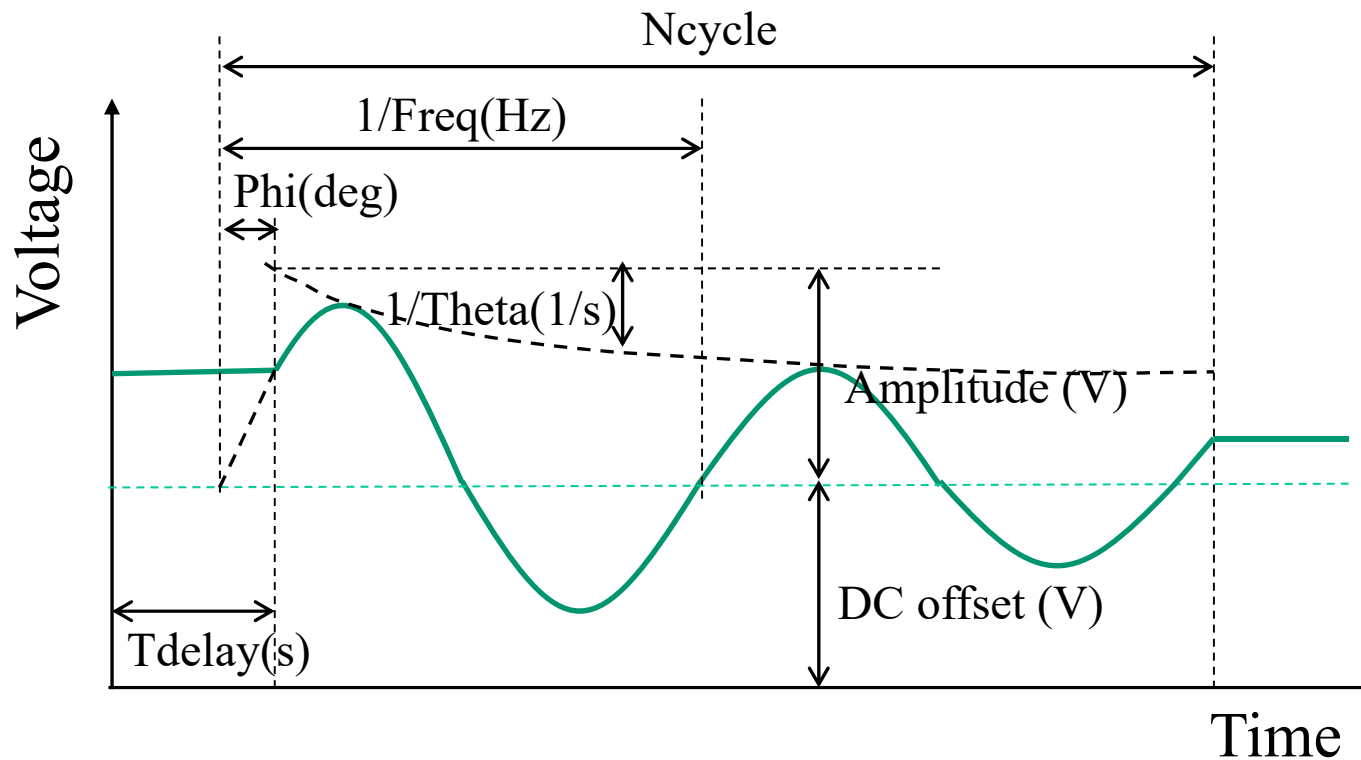
sin波形の設定

- 波形を設定する電流源または電圧源を右クリック
- • Advancedボタンをクリック

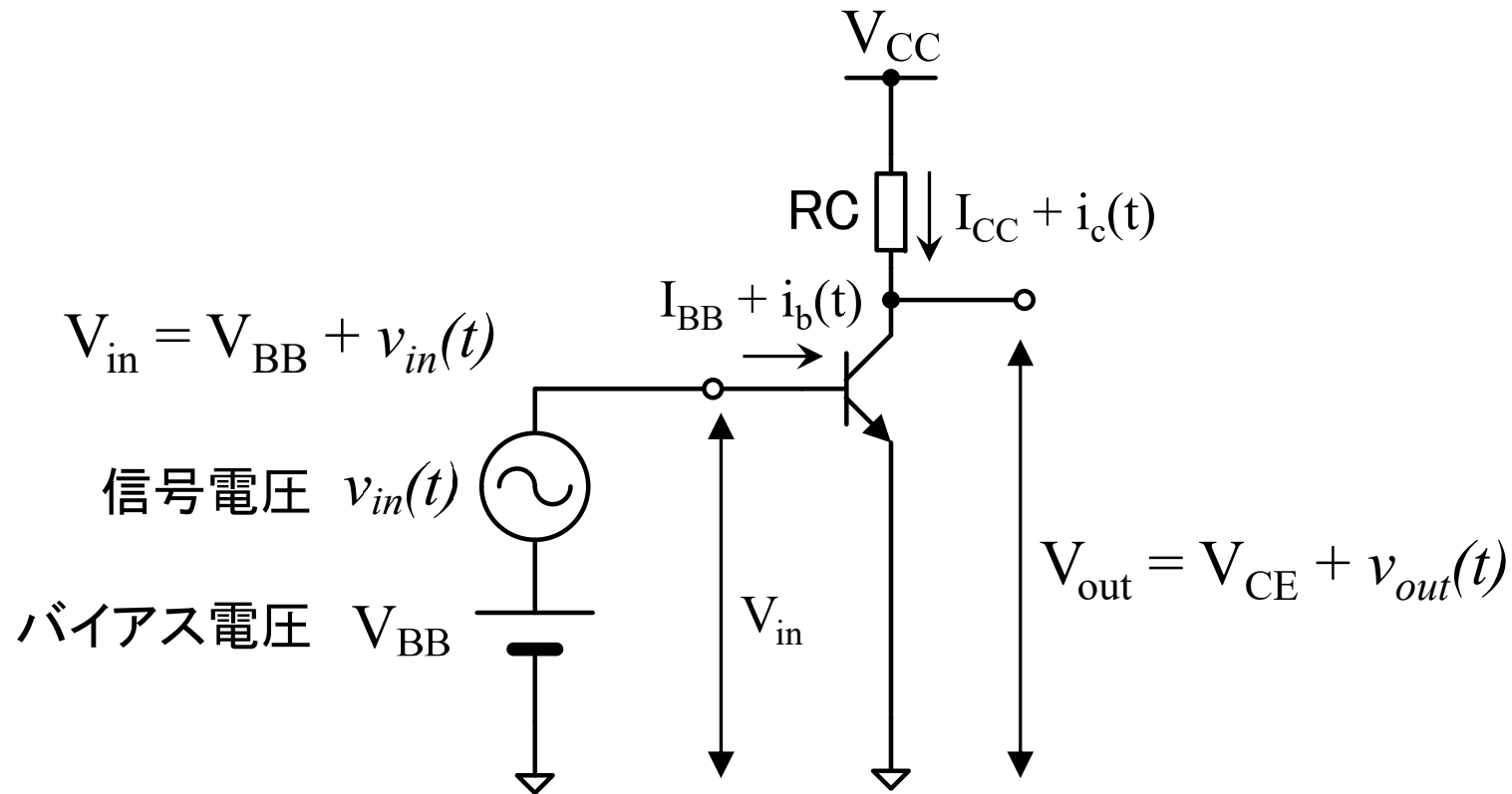


sin波形のパラメータ

- sin波のパラメータはやや複雑なので、TRAN解析の際に、sin波を設定した信号源の出力波形も確認しておくとい

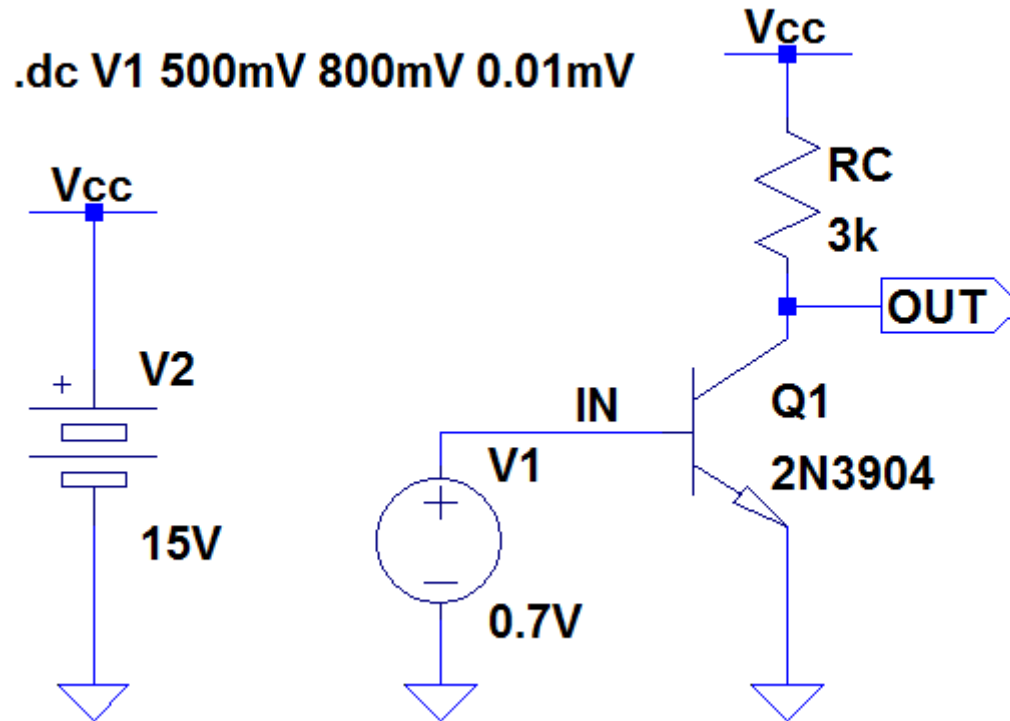


電圧増幅回路 (Voltage amplifier)



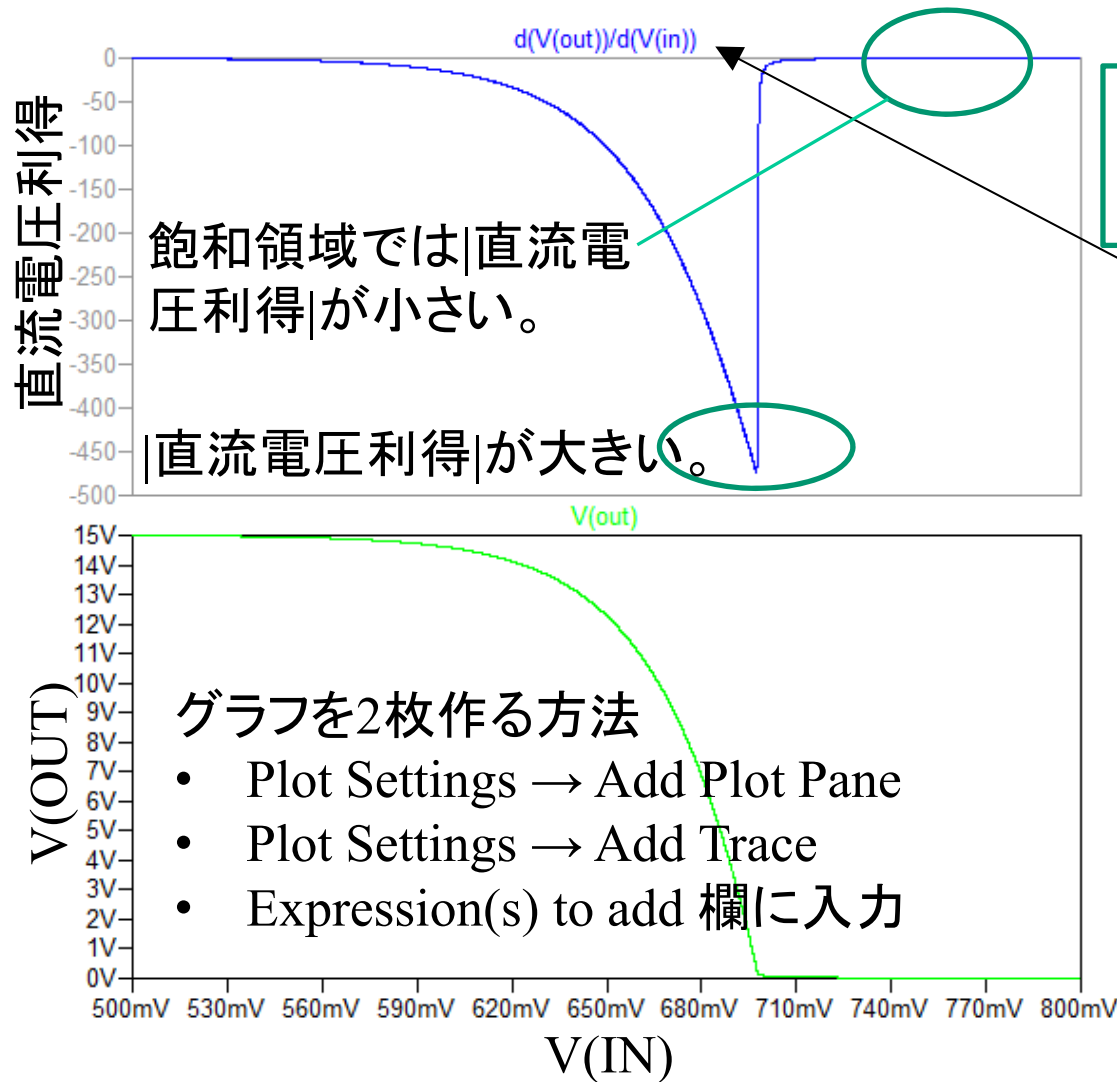
電圧増幅: $v_{in}(t)$ の振幅を拡大して $v_{out}(t)$ に出力する回路 (V_{BB} と V_{CE} はバイアス電圧、 v_{in} と v_{out} は信号)。

電圧増幅回路の直流特性



V1を 0.5V~0.8Vまで変化させたときに、V(OUT)がどれだけ変化するか調べてみよう。直流入力と直流出力の関係を[直流伝達特性](#)という。

直流電圧利得 (DC Voltage Gain)



$$\text{直流電圧利得} = \frac{dV_{out}}{dV_{in}}$$

ここでは、微分関数d()を使用して計算している。
i.e. $d(V(OUT))/d(V(IN))$

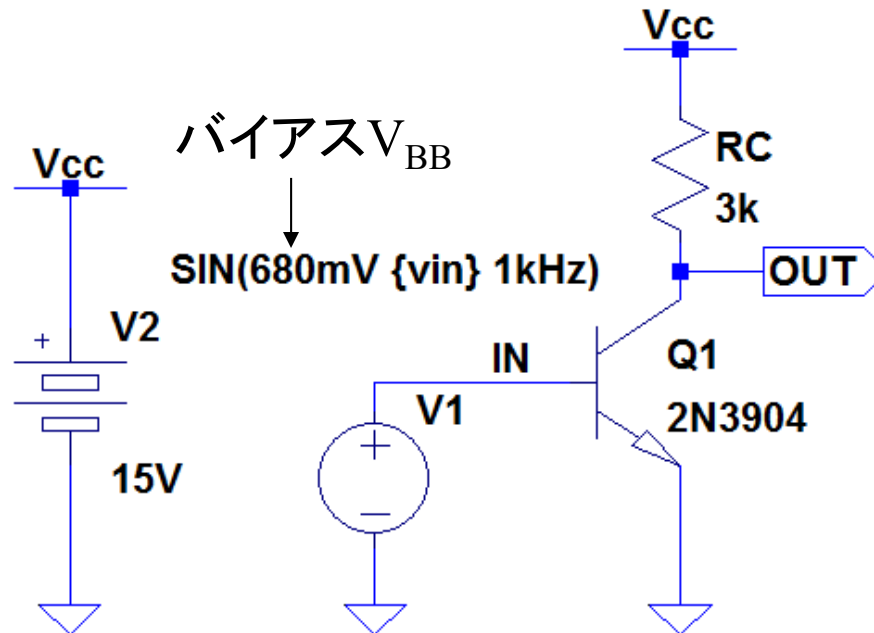
$dV(OUT)/dV(IN) \doteq -470$ 倍
@ $V(IN) = 697\text{mV}$

入力電圧が増えると出力電圧が減るので、**電圧利得が負**となる。

デシベルを求めるときは、絶対値を取ってから求めること。

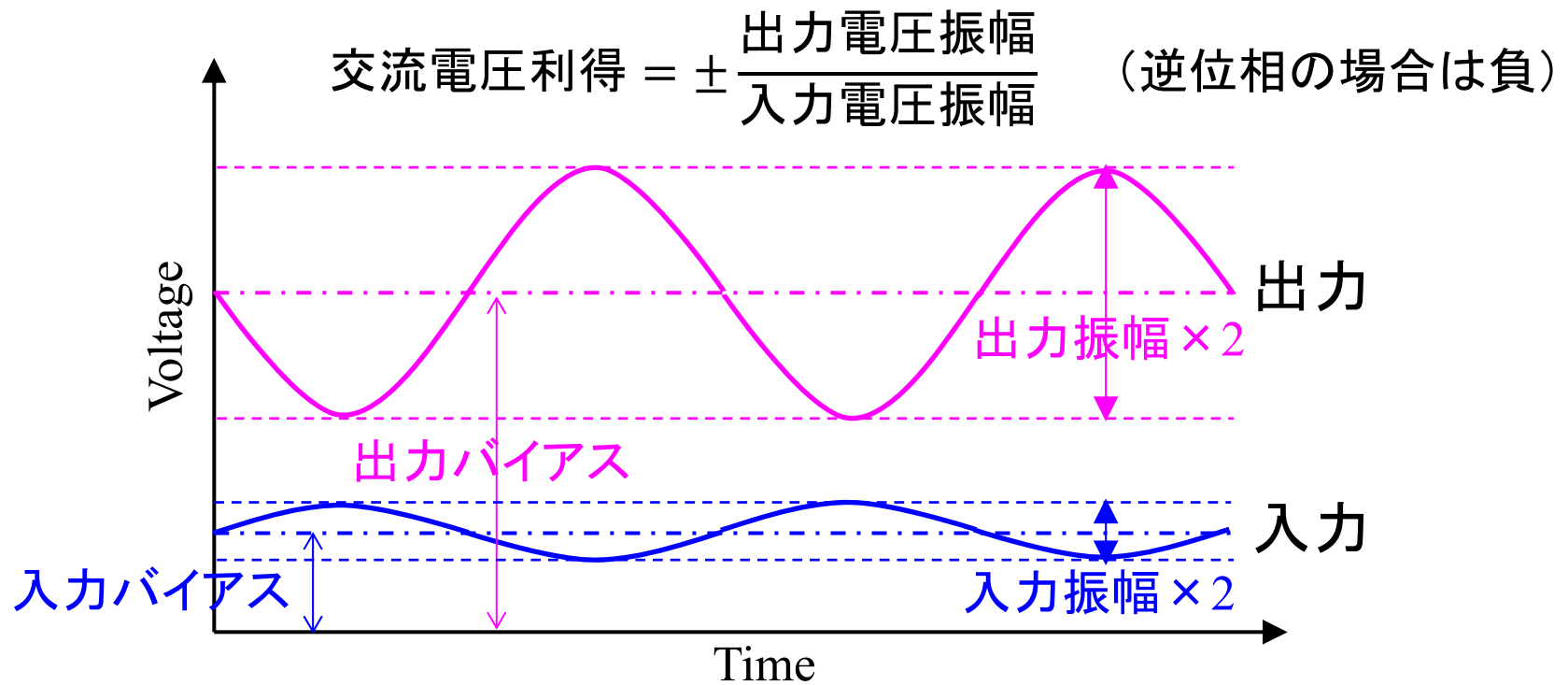
電圧増幅回路の交流特性

```
.options plotwinsize=0 ← 保存データ数の制限を解除。  
.step param vin list 5mV 15mV 25mV ← 信号の振幅を変更  
.tran 0 2.5ms 0 25us  
.tran 0 300ms 40ms 0.99182us
```



あまり入力電圧振幅を大きくすると、トランジスタの活性領域の外にはみ出して、波形が歪んでしまう(振り切ったとも言う)。

交流電圧利得



参考：通常、交流利得はAC解析によって求めるが、課題3.3では、交流利得の意味を理解するため、TRAN解析(波形解析)の結果から算出する。

課題3.3

1. 前々スライドのシミュレーションを実施し、レポートに入力波形と出力波形を貼り付けよ
2. 出力波形の最大値と最小値を求め、この値から交流電圧利得を計算せよ。ただし、波形が歪まない場合について計算すること
3. V(OUT)に対してFFT(Fast Fourier Transform)を行い、スペクトラムを貼り付けせよ。また、波形が歪む場合と歪まない場合と比べてスペクトラムがどのように変化するか説明せよ
 1. .tran コマンドを、.tran 0 300ms 40ms 0.99182us に変更
 - FFTを行うには十分な計算点が必要・・・300ms
 - FFT最初の方は過渡応答が含まれるので除外・・・40ms
 - Maximum Timestep = (Stop Time - Time to Start Saving Data)/2^N (N = 18ぐらいでよい)
 2. 出力波形を表示し、メニューよりView - FFT を選択
 3. V(out)を選択、Number of data point samples in time = 262144、OKをクリック
 4. 横軸のLogarithmicのチェックを外し、Left = 0Hz, tick = 1kHz, Right = 10kHz
 5. 縦軸のTop = 20dB, tick = 20dB, Bottom = -200dBに設定

3.3節のまとめ

- 電圧信号として出力する電流-電圧変換素子として抵抗を用いる
 - 実は、抵抗でなくてもインダクタンスや電流源でもよい
- 負荷抵抗により直流負荷線が求められる
 - 直流負荷線を $I_C - V_{CE}$ 特性のグラフに記入することにより動作点のバイアス電流とバイアス電圧を求めることができる
 - 負荷抵抗を大きくすると電流 I_C の変化は小さくなるが、電圧 V_{CE} の変化は大きくなる
 - ベース電流またはベース電圧に適切な直流バイアスを加えることにより増幅回路を動作させることができる
 - 適切な動作点を設定しないと、信号波形が歪む
- 電圧利得は、 dV_{out}/dV_{in} で定義される
 - 電圧利得は、動作点を変えると多少変化する
 - 適切な動作点を選んでも、入力信号の振幅が大きくなりすぎると信号波形が歪む