# ePRONICS

# • OPUSER V

# シミュレーション

#### 固定バイアス回路

# トランジスタの電流増幅率

下の回路図にある NPN トランジスタの増幅回路では入力電圧 Viが正または負に変化しても、ベース 電流(Ib)は正の半波の時にしか流れません。OPUSER の MixedMode Simulator を使ってこれを確認 しましょう。



下表にある部品を使って回路図を作成してください。

使用パーツリスト		
デバイス	名称	デフォルトホットキー※
NPN トランジスタ	2SC1815, 2N1613	Ν
電源	VDC	Е
入力電圧	VGEN	V
抵抗	RC05	R
コンデンサ	CK21	С

※初期設定されているキーとなり、キー入力によって部品が呼びだされます。



#### MixedMode Simulator

スケマティックエディタのメニュー設定から MixdMode シミュレータを選択します。 プリプロセス(Priprocess)ダイアログが表示されます。解析可能かどうかソフトが判断します。 解析が行えるようすべてのデバイスはシミュレーションモデルを持たなければなりません。 この回路の場合は4つのシミュレーションモデルが使用されています。

🙀 Mixed-Mode रूड	ミュレー	-ション設定
アナログネット(A)	4 (3)	デジタルネット( <u>D</u> ) 0
デジタル入力 デジタル出力 インブット A/Ds アウトブット D/As 部品数 ブリミティブ( <u>P</u> )	0 0 0 4 4	-7 Voltage Generator -4 Voltage Source -1 Resistor -6 NPN Transistor
ブリプロセス終了	(	

😵 🛟

🚯 👯

勘 ?₽-

₫

回路図のパラメータを入力します。

ファンクションツールから部品プロパティ、オプションツー ルから部品値追加変更を選択し、抵抗上クリックし、抵抗値 を入力します









これで解析の準備が完了しました。これよりシミュレーションを行います。

#### シミュレーション

シミュレーション(S) マップ(M) 表示(V) ヘルフ

		79766	ς(P)		
		解析(A)			し
		トランジェン	・ト解析(オシログ	'ラフ)(R)	Ŭ
		トランジェッ	/卜解析開始		
(2.2512.5X.#=J_5	<b>の設</b> 定			X	
ンミユレーションバフメータ 8#50/7	の設定	1.1		_	
910/x17	ハラメータ設定				迥
解析	最大時間ステッ	プ(アナロ1 ル			パ
🔜 🛄 一般設定	最終時間値	2 m Calva			_
	に初期に	Solve	<b>N</b>		最
ー DCスイーブ解析	伝達関数解析(	&F)			Ш в.
ーー ヘニ ACスイーブ解析			-		取
● モンテカルロ解析					
0.12 感度解析					
					-7.1
					事
	,		承認	キャンセル	1
<b>.</b>				~	
き シミュレーションパラメータ 解析タイプ	7の設定	-		~	, , ()
84W1247					
解析	バイアス点計算	<u>۽</u>	<u>_</u>		シ
—— 🏡 一般設定	通波解析	21	<u> </u>		
🛨 🚱 過渡解析	フーリエ解析	*1			
📴 DOスイーブ解析	DCスイーブ解れ	lл			
	DCスイーブ解れ ACスイーブ解れ	iл 			
	DCスイーブ解析 ACスイーブ解析 モンテカルロ解	ігі ігі ¥1			
	DCスイーブ解析 ACスイーブ解析 モンテカルロ解 感度解析	і́л			
<ul> <li>↓↓ D0スイーブ解析</li> <li>▲↓ A0スイーブ解析</li> <li>▲↓ A0スイーブ解析</li> <li>▲↓ モンテカルロ解析</li> <li>■ 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一</li></ul>	DCスイーブ解析 ACスイーブ解析 モンテカルロ解 感度解析	方  方   4			
<ul> <li>↓↓ D0スイーブ解析</li> <li>▲● A0スイーブ解析</li> <li>▲● A0スイーブ解析</li> <li>■● E0テカルロ解析</li> <li>■● 感度解析</li> </ul>	DCスイーブ解析 ACスイーブ解析 モンテカルロ解 感度解析	іл (л. 1997) 1917)			
<ul> <li>□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□</li></ul>	DCスイーブ解4 ACスイーブ解4 モンテカルロ解 感度解析	ifi Ifi Ifi			
<ul> <li>□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□</li></ul>	DCスイーブ解析 ACスイーブ解析 モンテカルロ解 感度解析	所 所 科			
<ul> <li>↓↓ D0スイーブ解析</li> <li>↓↓ A0スイーブ解析</li> <li>→↓ A0スイーブ解析</li> <li>→↓ モンテカルロ解析</li> <li>→↓ 歴史解析</li> </ul>	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析				
<ul> <li>↓↓ D0スイーブ解析</li> <li>▲ A0スイーブ解析</li> <li>▲ EVテカルロ解析</li> <li>■ 認度解析</li> </ul>	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析	所 所 研 問 的治	□ □ □ □	 キャンセル	
<ul> <li>●          ●</li></ul>	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析	所 所 例	□ □ □ □		
<ul> <li>● ↓ D0スイーブ解析</li> <li>● ↓ A0スイーブ解析</li> <li>● ↓ A0スイーブ解析</li> <li>● ↓ Eンテカルロ解析</li> <li>● 一 一 感 度解析</li> <li>○ ØUSER - 波形ビューワ - [MMS_TD</li> </ul>	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シテュレーション 20	所 所 評 16/04/12 17:22:13	□ □ □ □ □		
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シテュレーション 20 2) 曲線 ウィンドウ	所 所 利 16/04/12 17:22:11 ((W) へいプ(H)	↓ 前行 3]		
<ul> <li>● 中 D0スイーブ解析</li> <li>● A0スイーブ解析</li> <li>● A0スイーブ解析</li> <li>● モンテカルロ解析</li> <li>● EVテカルロ解析</li> <li>● EVテカルロ解析</li> <li>● EVFカルロ解析</li> </ul>	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 少 曲線 ウィンドウ ◇ ※ 延 介 留 『	病 所 剤 酸 16/04/12 17:22:13 (W) へルプ(H) 図 ■ 登 ① ② 後 ←	□ □ □ □ □ □ □		
	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 少 曲線 ウィンドウ ◇ ※ 程 介 留 『	病 所 剤 16/04/12 17:22:11 (W) へレブ(H) 副 目 登 ゆ 徐 ←	□ □ □ □ □ □ □		
	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 公 曲線 ウィンドウ ◇ ※ 証 介 回 『	病 所 所 所 16/04/12 17:22:11 (①) へレブ(出) ○レブ(出)	□ □ □ □ □ □		
	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 公 曲線 ウィンドウ ◇ ※ 証 小 回『	病 病 所 所 所 が 日 に の イノ2 15/04/12 17:22:11 い い プ い プ (U) へ レプ(H) 一 同 が 合	□ □ □ □ □ □		
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 少 曲線 ウィンドウ ◇ ※ 延 介 留	病 病 所 所 が 16/04/12 17:22:11 パ(W) ヘルプ(H) 図 ↓ ② ◆ 余 ←	□ □ □ □ □ □ □		
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 2) 曲線 ウィンドウ ◇ ◇ 茲 / / 岡 『	病 病 病 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子 子	□ □ □ □ □ □		
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シミュレーション 20 (2) 曲線 ウィンドウ ◇ ◇ 好 / 「囧 [	病 病 病 利 利 利 目 (04/12 17:22:11 (02) へいプ(H) 図   全 全 余 ←	□ □ □ □ □ □ □		
	DCスイーフ解 ACスイーフ解 モンテカルロ解 感度解析 シテカルロ解 () 曲線 ウィンドウ () 曲線 ウィンドウ	病 病 所 社 社 16/04/12 17:22:13 ((型) へレプ(H)) 図   登 ♀ 発 ←	iñ f7		
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シテカルロ解 () () () () () () () () () () () () () (	病	Image: State of the state o		
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シテカルロ解 () 曲線 ウィンドウ () 曲線 ウィンドウ () ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	病			
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シテカルロ解 () 曲線 ウィンドウ () 曲線 ウィンドウ	病 病 病 月 日 日 (04/12 17:22:13 (22) へいプ(H) 回 日 日 (22) へいプ(H) 回 日 日 (12) へいプ(H) 回 日 日 (12) へいプ(H) 回 日 日 日 (12) へいプ(H)			
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ解 感度解析 シテカルロ解 () 曲線 ウィンドウ () 曲線 ウィンドウ	病			
	DCスイーブ解 ACスイーブ解 モンテカルロ修 感度解析 シテカルロ修 タッション 20 2) 曲線 ウィンドウ 2) ● ● ● ● ● ● ●	病  病  病  病  前  注  16/04/12 17:22:13  (W) へルプ(H)  図   ③ ゆ 余 ←	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □		

メニューシミュレーションから解析を選択 -。

**⊈析を選択します。** メータを設定します。 ステップ:1μ 寺間:2ms

をクリックします。

台』ボタンをクリックします。 レーションの結果が表示されます。



入力電圧は 0.6V を超える時に ベースに電流が流れて、またト ランジスタが開いて Collector の電流も流れ始めます。0.6V を下回るとトランジスタが閉 まっている状態になります。そ こで正、負の信号を増幅するた めに、入力信号がないときべー スに電流を流しておく必要が あります。 この電流を**バイアス電流**と呼

びます。

次に回路を正、負信号を増加で きる様に変更します。



上記回路の動作次のようになります。

- ●入力電圧がないときに、バイアス電流(*Ib*)は電源(Vcc)⇒抵抗(Rb)⇒ベース(B)というように流れます。
- ●入力電圧が正の半波のときに、バイアス電流(*Ib*)に入力電流(*iv*)が加わるので、ベース電流(*ib*)が増え ます。
- ●入力電流が負の半波のときは、バイアス電流(Ib)に入力電流(iv)が逆向きに加わるのでベース電流(ib) が減ります。

回路にある C1,C2 は結合コンデンサと言います。直流分は通さず交流分だけを通す役目をします。 入力電圧がないときにバイアス電流(*Ib*)を計算して見ましょう。

バイアス電流(*Ib*)は、電源(Vcc)から抵抗(Rb)を通ってベース(B)に流れます。 ベース~エミッタ間電圧(Vbe)の大きさは 0.6~0.7 V 程度であり、電源電圧(Vcc)に比べて小さい値のた めバイアス電流(*Ib*)は次の式で表すことができます。

 $\mathsf{Ib} = \frac{Vcc-Vbe}{Rb} \sim \frac{Vcc}{Rb} = \frac{6}{342K} = 0.017 \mathsf{mA}$ 

#### 次にバイアス解析でベース電流、コレクタ電流の大きさとベースの電圧を確認します。

ル(T) 設定(R) シミュレーション(S)	<i>Z</i> !
部品	
ワイヤ/バス(W)	
測定ポイント設定	
ページノート	
	U(T) 設定(R) シミュレーション(S) 部品 ワイヤ/パス(W) 測定ポイント設定 ページノート

シミュレーション(S) マップ(M) 表示(V) ヘルス

トランジェント解析(オシログラフ)(R)

プリプロセス(P) 解析(A)

トランジェット解析開始



測定する箇所へ波形マーカーを配置し ます。 メニューツールから測定ポイント設定 を選択します。

ファンクションツールからテストポイ ント、オプションツールから

電圧テストポイント <sup>l l S </sup>をベースネッ ト上に置きます。

電流テストポイント <sup>緊</sup>をベースノー ド、コレクタノード上に置きます。

メニューシミュレーションから解析を 選択します。

解析を選択、バイアス点計算にチェック を入れ、開始をクリックします。



予想通りにベース電流 15µA ベース-エミッタの電圧 0.7V コレクタの電流 1500µA、ベースの電流 の 100 倍です。

トランジスタの電流増幅率 h は h=Ic/Ib=1500/15=100 となります。

© ePRONICS Co.LTD

固定バイアス回路

뽛	å+ ₽B
?₽-	勘
8	$R_{i_{1}i_{2}}^{R_{i}}$
4	₫
$\mathbf{X}$	01 0 <b>4</b> 0-
23	UHDL 440-
Ð	₩
₽ <b>+</b> ₽₽	
	x

トランジスタのパラメータを確認します。 ファンクションツール、部品プロパティ、 オプションツールからシミュレーション パラメータ変更を選択します。

トランジスタをクリックします。 Bf(Ideal Maximum forward Beta coefficient): 100 になっていることが確認できます。

承認をクリックします。

この値は次の増幅回路動作シミュレーシ

ョンで使用します。

パラメータ	設定 Spice	e パラメータ読み込み   ミックスモード パラメータ読み込み   ライブラリに保存
部品	NF	>N/1 ジミュレーション −6 機能
≣¥\$⊞	NF	PN Transistor
パラメー	値	詳細
ls	100E-18	P-n saturation current [A]
Bf	100	Ideal maximum forward Beta coefficient
Nf	1	Forward current emission coefficient
lse	0 A	Base-emitter leakage saturation current [A]
Ne	1.5	Base-emitter leakage emission coefficient
Br	1	Ideal maximum reverse Beta coefficient
Nr	1	Reverse current emission coefficient