【目的】

電子回路シミュレータ LTspice (無償・素子数制限なし)の使い方を習得する。ただし、すべては網羅できないので、分から ないときは参考文献を参照してください。

【インストール】

インターネットで "LTpice" で検索または、下記リニアテクノロジーホームページからダウンロード! LTspice IV を選択する。

URL→ http://www.linear-tech.co.jp/designtools/software/ (左図)

次に登録せず、ソフトウェアのダウンロードのみ行います。を選択する。(右図)



保存先を指定してダウンロードが完了したら、LTspicelV.exe を実行する。

ライセンス条項で Accept を選択し(下図)、Install Now を選択する。途中表示されるインストール先はデフォルトでよい。インストール完了後に OK を選択すると(右図)、ブランクの LTspice IV が立ち上がる。



以上でインストールは完了。

【初期設定】

Tools \rightarrow Control Panel \rightarrow Netlist Options タブ を選択する。

Convert ' μ ' to 'u' [*] にチェック を入れる。(LTspice は日本語化されていないので μ (マイクロ)の表示が化ける) 最後に OK を押して設定保存する。



Tools \rightarrow Color Preference を選択する。

WaveForm タブで黒色の背景部分をクリックして Selected Item Color Mix の RGB 値をすべて 255 にする。(背景が白になる)

WaveForm タブでグラフの軸(Axis)をクリックして Selected Item Color Mix の RGB 値をすべて 0 にする。(グラフ軸が黒になる)

最後に OK を押して設定保存する。

Color Palette Editor	Color Palette Editor
WaveForm € Schematic E Netlist V(1) V(2) V(3) V(4) V(5) V(6) V(7) V(8) V(9) V(10) V(11) V(12)	WaveForm Schematic Image: Netlist V(1) V(2) V(3) V(4) V(5) V(6) V(7) V(8) V(9) V(10) V(11) V(12)
AXIS Click on an item above to change its color. Selected Item: Backeround Red: Green: Blue: D D D D D D D D D D D D D D D D D D	Axis Click on an item above to change its color. Selected Item: Axis Click on an item above to change its color. Selected Item: Color Mix Cancel Green: Blue: Defaults Defaults

このようにした方が印刷時のインク使用量が少なくて済む。

【回路描画】

File \rightarrow New Schematic を選択する。(左図)

View → Show Grid にチェックを入れる。(右図)

🗗 LTspice IV - (Dvalt1 asc)	🔀 🛃 LTspice IV - (Draft1.esc)
C Elle Edit Hjerarchy View Simulate Tools Window Help	🛪 🕻 Eile Edit Hjerarchy View Simulate Isola Mirdow Help - C
	The second state with these states with the state states and the state state
	The second second and the later basis sides shall be also been seen as the t
	The second s
	The state state and the state state where shall be also state and and the state
	The part part we want have size and another part that have not been as
	The set of the desides desides the first set of the desides and the d
	international material and andreas testing perform material material testing material and a stated to
	The second second of the stars and stars and the stars and and second second second second second second second
	The state ward the state
	THE REAL REAL AND LESS DECK COLD ADDRESS IN A REAL REAL ADDRESS AND ADDRESS ADDRES ADDRESS ADDRESS ADD

グリッドが表示されていた方が描画しやすい

【例題1】

次のダイオード回路の時間波形を解析する。



(トランジスタの配置)

Edit→Diode を選択(または、ツールバーに表示されているダイオード記号をクリック)する。デフォルトでは縦置きなので、 Ctrl+R キーで 90°回転させてから 左クリックして配置する。ダイオードの配置モードを終了するために右クリックする。誤 って複数のダイオードを配置してしまった場合は、Edit→Delete を選択(または、はさみをクリック)して消したいトランジスタを 切り取る。切り取りモードを終了するには右クリックする。

Ø	U	ſspi	ice	IV ·	- [D	raft	1.ass																																		×
<	E	ile	Edi		ijerar	chy	Vie	•	Sim	ulate	I	pols	Ж	ndow	Ŀ	jelp																								. 6	×
	2	eê,	16	81	Ŷ	×	0	6	0	, G	1	8			E	1	-	1	X	h.	8	44	a	8	11		4 9	p 🗧	-	• 3	3 3	z t	23	3.	0.	0	21	31	3.	6e -	
Í.	6	Yed	el as		<	Draft	1.acc	Ť.	-		-		-	_	-	_	-	-		-	-		_		-	_	_	_	_	_	_	-	_	-		-	-	_	-	-	-
Ł																																									
Ł																																									
Ł																																									
Ł																																									
Ł																			1	1	1																				
i i																			1	ינ	Ľ																				
i i																		<u> </u>	1	1	Ľ.	-																			
i I																		G		1	T	-0																			
ľ.																				n																					
i I																				Ľ																					
i I																																									
í –																																									
[
[
ļ.																																									
ļ.																																									
																																									1.4
-	-	-	-	-	-	_	_	-	-	_	-	-	-	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	_	-	-	-	_	_	_	_	_	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(表示縮尺の変更)

マウスのトラックボールをまわして(またはツールバーの虫眼鏡で)縮尺表示を適当な大きさに変換する。

(表示位置の変更)

Edit → Move を選択(または、ツールバーに表示されている 大きい手のひら をクリック)する。移動させたい部品をドラッ グして適当な位置で 右クリック する。Move モードの終了は右クリックする。

(抵抗の配置)

Edit → Resistor を選択(または、ツールバーに表示されている抵抗をクリック)する。配置モードの終了は右クリックする。

(電源の配置)

Edit → Component → Voltage を選択(または、ツールバーに表示されている ディジタル回路の AND 記号をクリックして Voltage を選択)する。 配置モードの終了は右クリックする。

(グランドの配置)

Edit → Place GND を選択(または、ツールバーに表示されている**▽記号**をクリック)する。 **左クリック**して電源の下に1つ 配置する。配置モードの終了は**右クリック**する。

(部品配置の再調整)

Edit → Drag を選択(または、ツールバーに表示されている 小さい手のひらをクリック)する。移動させたい部品を左クリ ックしておおよそ下図のようなレイアウトになるように再配置する。配置モードの終了は右クリックする。



(ワイヤ配線)

Edit → Draw Wire を選択(または、ツールバーに表示されている鉛筆をクリック)する。下図のように接続したい部品どうし を左クリックしてワイヤ接続する。配置モードの終了は右クリックする。2 本以上のワイヤが交差かつ導通しているときは、 青 い■マークが表示される。



(ラベルの貼り付け)

入出力を明確にするため、次に示すラベル機能を使用する。

Edit → Label Netを選択(または、ツールバーに表示されている A をクリック)する。左下図のようにABC欄に "Vin"と入力 して OK をクリックする。そして右下図のように表示された Vin の \Box を小さい手のひらツール(Edit → drag)で入力電源の上 部配線(角の部分)に接続する。同様にして出力抵抗の上にラベル Vout を貼り付ける。



以上で回路描画は完了。

【回路パラメータの入力】

(素子値の入力)

抵抗 R1 の下にある Rを右クリックすると下図のような入力ウィンドウが表示されるので、20Ωを示す 20を入力して OK を クリックする。(下一覧に示すように SI 接頭語のうち、"メガ"だけは "ミリ"と区別するために 3 文字で書く。K は小文字の k でも可)

T(テラ): 10^{12} G(ギガ): 10^{9} Meg(メガ): 10^{6} K(キロ): 10^{3} M(ミリ): 10^{-3} u(マイクロ): 10^{-6} n(ナノ): 10^{-9} p(ピコ): 10^{-12}

Enter new Value for R1	
Justification Left Vertical Text	OK Cancel
20	

(電源パラメータの入力)

正弦波入力電源 V1 にカーソルを合わせて、手印が出たら右クリックして Window 表示させる(左下図)。 Advanced をクリックすると右下図が表示されるので Function で SINE を選択し、Amplitude[V] 18 (振幅 $V_{P-P}=36$ V の正弦波に等しい)、 Freq[Hz] 60 と入力する。 その他は使わないので空白でよい。

Functions Order Order	
C Vincine/ DO value DO value DO value DO value SINE(Voff V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Noycles) Make this information visible on schematic	
VULSE VV1 V2 (delay Inse (fall ion Period Neycles) Make this information visible on schemat SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)	
SINE(Volfset Vamp Freq Td Theta Phi Ncycles)	tic: 🗹
O EXP(V1 V2 Td1 Tau1 Td2 Tau2) Small signal AC analysis AC)	
OSFFM(Voff Vamp Fcar MDI Fsig) AC Amplitude	
O PWL(t1 v1 t2 v2.) AC Phase	
O PWL FILE: Browse Make this information visible on schemat	ac: 🗹
Parasitic Properties	
DC offset[V]:	_
Amplitude[V]: 18 Paralel Capacitance(r): F	
Freq[Hz]: 60 make this information visible on schema	;iC: 💌
Tdelay[s]	
Voltage Source - V2	
Phildred:	
OK Noycles:	
DC value[V]:	
Series Resistance[o]:	
Advanced Make this information visible on schematic: 🔽 Cancel OK	

ここまで完了すると下図のような回路ができる。以上ですべての準備は完了。

Ø	Ts	pic	e IV	- [Draft	1.a	se]																														
5	Eile	Ę	dit	Hjer	archy	Y	ew	Sin	ulate	Ιo	ols	≝ind	200	Help																						-	8
) G	8		9	13	8		Q (2, 6	1	18		E	9	5.96	1	X I	6 1	8	A	۵	8	1	4	Ģ	1 2	÷	3	字	Ð	es.	0	0	¢ i	G i	З×	la ap
R	Die	de1	ase	K	Draft	1.ap	•																														
1																																					
1																																					
																	Ē	14	ć.																		
										v	in						-						۰1	17		t.											
											-						_	2	⊢				_	~	ľ												
ŀ.,																	Ŀ		Ι.																		
ł.												٠V	1					D																			
÷ .									1	1	Ŧ	1													\geq	Ē	1										
									1		1	- }												<	2	1											
									1			· }												۰.	>	5	0										
1										~	÷	/ ·												<	i.	- 4	U										
											Τ.	S	SIN	JE	(()	18	3 (6(D)																	
[T				`					1																	
										_																											
										1	/																										
, .																																					
÷ .																																					
1																																					

【シミュレーション実行】

(正弦波時間応答)

Simulate → Edit Simulation Cmd を選択する。Transient タブ の Stop Time で何秒後までの過渡状態を計算するかを決める。 周波数 60Hz = 周期 0.0166ms なので約3 周期分を表示させるとして $0.0166 \times 3 \Rightarrow 0.05$ 秒にする。そこで Stop Time = 0.05 と入力して OK する。OK を押すと口が現れるので、回路図上の適当な位置で左クリックすると .tran 0.05 という計算パラ メータが新たに表示される。間違えた場合は、はさみツール(Edit → delete)で消してからやり直す。計算する周波数や見たい周期に応じてこの値は変える必要がある。



Simulate → Run を選択する。下図のようにブランクの時間領域グラフが表示されるので、回路図上で波形を見たい点に カーソルを移動させ、カーソルが電圧プローブ(先が尖った赤ペンのこと。黒〇に赤↓は電流である。)に変わったときに左 クリックする。Vin と Vout をクリックすると右下図のような波形が表示される。



グラフ内で右クリックして、Grid にチェックすればグリッド線が表示される。

(電位差測定)

ダイオード単体にかかる電圧(電位差)を見たいときは、グラフ内で右クリックし、Add Trace を選択する。そして Available data から Vin と Vout を選択し、Expression to add で 演算式 V(vin)-V(vout) を入力して引き算を実行する。負荷抵抗 R にか かる電圧を見たい場合も同様である。

グラフのトレースを消したい場合は、グラフ内で右クリックし、Delete Trace を選んだら黄色いはさみマークが現れるので、 グラフ上部にあるトレース名(例えば、V(vin), V(vout)など)をクリックすると消える。



(電流測定)

グラフ画面をアクティブにした状態で、Plot Setting → Add Plot Pane を選択する。図のように電圧グラフの上に新しいブ ランク画面が作られる。次にカーソルを回路図上に移動して回路画面をアクティブにする。今度は Att キーを押しながらダイ オードの左側の配線にカーソルを移動させると、プローブの形が電圧プローブから電流プローブに変更される。この状態で 左クリックすると、先に作成したブランク画面に電流波形が表示される。(右下図)



(ワードへの貼り付け)

作成した回路や表示させたグラフをワード等に貼り付けて印刷する場合は次のようにする。 方法1. Alt キー + PrtScn キーでアクティブウィンドウ画面コピーができるので、それをワード等に貼り付ける。 方法2. 回路図をアクティブにした状態でツールバーに表示されたコピーマークをクリックする。そしてワード等に貼り付ける(下図)。



【例題2】

次のオペアンプ回路の周波数特性を解析する。

周波数範囲 0.1 Hz - 100 MHz 抵抗 R1=10 kΩ、R2=100 kΩ



(オペアンプの配置)

Edit → Component → Opamps → UniversalOpamp2 を選択する。配置モードの終了は 右クリック する。オペアンプ にカーソルを合わせて手印が出たら右クリックする。SpiceModel = level.1 に変更して Visible に右クリックでチェック印×を入 れる(下図)。

Component A	ttribute Editor	X
Open Symbo	C#Program Files#LTC#LTspiceIV#lib#sym#Opamp	s¥UniversalOpamı
т	his is the first attribute to appear on the netlist line.	
Color Model) (a-3-1-, 🔽
Spiceiviodei		visible: 💌
Attribute	Value	V
Prefix	X	
InstName	U2	X
SpiceModel	level.1	X
Value		
Value2	Avol=1Meg GBW=10Meg Slew=10Meg	
SpiceLine	ilimit=25m rail=0 Vos=0 phimargin=45	
SpiceLine2	en=0 enk=0 in=0 ink=0 Rin=500Meg	
0	ancel OK	

±15 V のバイアス電源を 2 つ配置し、オペアンプのマイナスバイアス端子に"-V ラベル"を付ける(下図参照)。同じよう に-15V のバイアス電源の上端に"-Vラベル"を付ける。これでオペアンプのマイナスバイアス端子と-15V 電源端子が接続さ れたことになる。同様にしてオペアンプのプラスバイアス端子と+15V のバイアス電源を"+V ラベル"で接続する。



Ø Net	Name	
4	◯ GND (global n	ode 0)
$\overset{\sim}{\downarrow}$	ОСОМ	
ABC	-V	
	Port Type: No	one 💌
	Cancel	ОК

信号電源にカーソルを合わせて、手印が出たら右クリックする。Advanced を選択した後、左下図で Small signal AC analysis(AC) で AC Amplitude に 1 を入力して OK する。次に Simulate \rightarrow Edit Simulation Cmd を選択する(右下図)。AC Analysis タブ で Type of Sweep: Octave, Number of points per octave: 10, Start Frequency: 0.1, Stop Frequency: 100Meg と 入力して OK する。

Independent Voltage Source - V3		
Functions © (none) PULSE(V1 V2 Tdelay Trise Tfall Ton Period Noycles) SINE(Voffset Vamp Freq Td Theta Phi Noycles) EXP(V1 V2 Td1 Taul Td2 Tau2) SFFMWorld Vamp Frear MDI Fsig) PWL(t1 v1 z v2) PWL FILE:	DC Value DC value: Make this information visible on schematic: ♥ Small signal AC analysis(AC) AC Amplitude: 11 AC Phase: Make this information visible on schematic: ♥ Parasitic Properties Series Resistance[Ω] Parallel Capacitance[F] Make this information visible on schematic: ♥	Edit Simulation Command
Additional PWL Points Make this information visible on schematic: 🗹	Cancel OK	Syntax: .ac <oct, dec,="" lin=""> <npoints> <startfreq> <endfreq> .ac oct 10 0.1 100Meg Cancel OK</endfreq></startfreq></npoints></oct,>

ここまで完了すると、下図のようになる。



Simulate → Run を選択する。回路図上で Vout にカーソルを移動させ、カーソルがプローブに変わったときに左クリック する(下図)。

Enspice IV -	Opamp2.asc	mulate Toolo	Woodow Halo						
e guit Hjeran	Ωr) ≫ ⊕ (ଭ୍ି୍ର୍&୍ ଭ୍		e.es' x №	BA 28	▲ ÷ @ ≥	キ3文ひ	8000	6 6 A
Opamp2.asc	Champ2 raw	1							
	and the factor								
Opampz.raw					(heart)				
dB									1 1 1 1 1 1 1
IdB-					*****				
dB-									
ldB							S.,	N	
ldB									
IdB-							111110, 11		1111111
dB									COME
dB									
idB									1 1 1 1 1 1 1 1 1
14P									
up au							<		
1dB	1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100MH
dB 100mHz	1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100M
0pamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100MF
000 IdB 100mHz 0pamp2 ase	1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100MF
dB 100mHz Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100M
dB 100mHz Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	11KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100M
000 dB 100mHz Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	1KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100MF
ldB 100mHz Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	1kHz	10KHz	100KHz	1MH2	10MHz	100MH
ldB 100mHz Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	11KHz	10KHz	100KHz	1MHz	10MHz	100M
0pamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz			100kHz	11/Hz	10MHz	100M
Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz			100KHz	1MHz	10MHz	100MH
000mHz 100mHz Opamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz			100kHz	1MHz	10MHz	2222 2222 - 100MF
0pamp2.asc	1Hz	10Hz	100Hz	IKHz		100kHz	1MH2	10MHz	100M
Opamp2 asc	1Hz	10Hz	100Hz			100kHz	1MH2	10MHz	7274444 100M

【参考文献】

[1] 神崎「電子回路シミュレータLTspice 入門編」pp.1-74, CQ 出版社