



TÉCNICO
LISBOA

Eletrónica I

LAB0 INTRODUÇÃO AO LTSPICE

2º semestre
2020/2021

Pedro Vitor

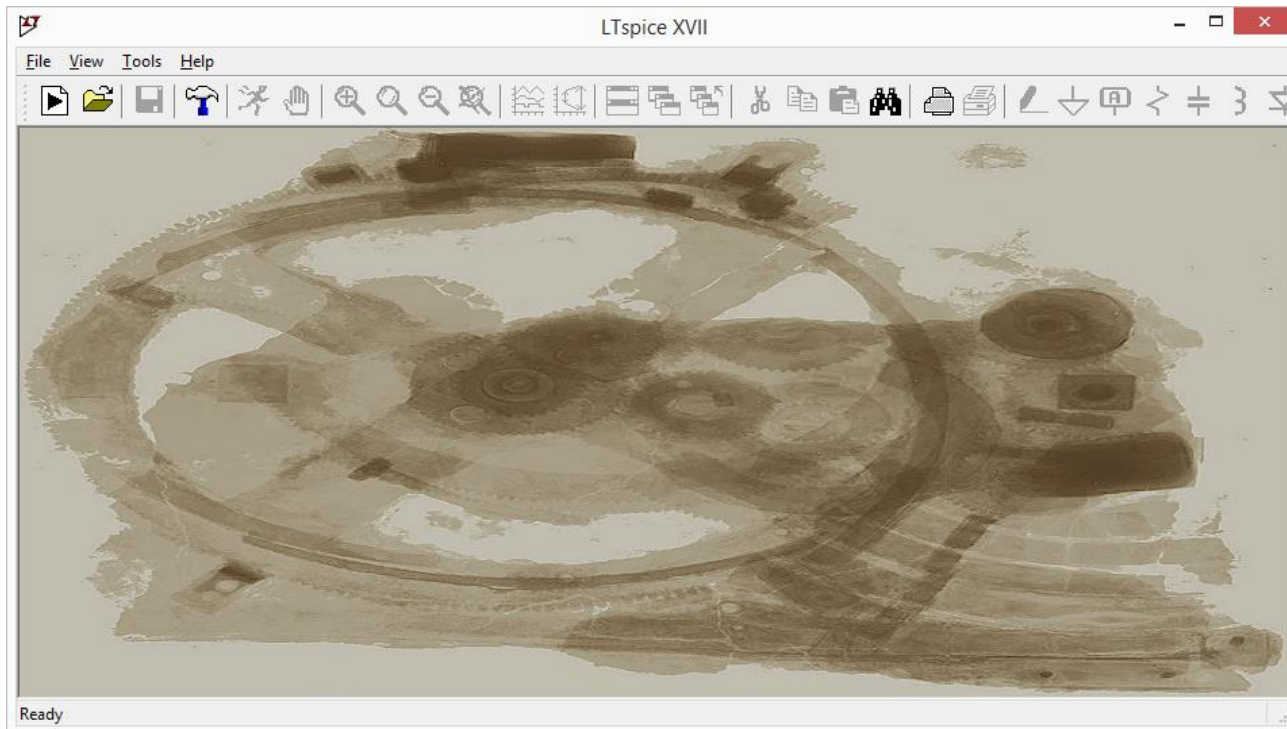
1. Introdução
2. Instalação do Ltspice
3. Resumo do programa
4. Exemplos de simulação
 - Ponto de funcionamento em repouso (.OP)
 - Varrimento de uma ou várias tensões (.DC)
 - Análise AC sinais fracos, regime linear (.AC)
 - Análise transitória no domínio do tempo (.tran)

1. Introdução

- SPICE - Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis
- Desenvolvido pelo laboratório de investigação de Eletrónica da Universidade da Califórnia, Berkeley, por Laurence Nagel em 1973, designado SPICE1
- SPICE veio a ser a principal ferramenta de simulação de circuitos eletrónicos, com modelos para os díodos, transístores bipolares (equações de Gummel-Poon), JFET e MOSFET
- O programa evoluiu com diversas versões:
 - Open source XSPICE, CIDER, SPICE OPUS, Ngspice
 - Comerciais ISPICE, PSPICE (Cadence), LTspice (Analog Devices), TINA-TI (Texas Instruments)

2. Instalação do LTspice

- Versões Windows (vers. 7, 8 e 10) e Mac (10.9+):
 - <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html#>
- Para Windows: fazer o download e executar o ficheiro LTspiceXVII.exe (≈45MB)
- Quando se corre o programa aparece o seguinte ecrã:



3. Resumo do programa

- O programa permite:
 - Introduzir o esquema de um circuito com componentes dos quais se destacam

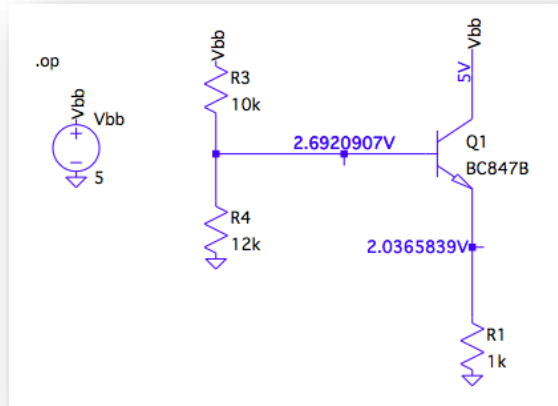
Componentes simples	Resistências, condensadores, bobines, transformadores
Semicondutores	Díodos, transístores bipolares, transístores MOSFET e JFET
Fontes de alimentação	DC, AC, Sinusoidal, quadrada, exponencial, SFFT
Componentes complexos	Circuitos Integrados, módulos amplificadores, conversores, etc.

- Indicar o tipo de simulação que se pretende:

DC	Ponto de funcionamento em repouso (tensões e correntes DC)
AC	Análise linear na frequência (circuito linear tensões e correntes sinusoidais)
DC transfer curve	Análise da variação de uma fonte DC
Transfer function	Função de transferência
Transient	Análise no domínio do tempo
Noise	Análise de ruído
Outro tipo	Sensibilidades, polo-zero, distorção, temperaturas

3. Resumo do programa

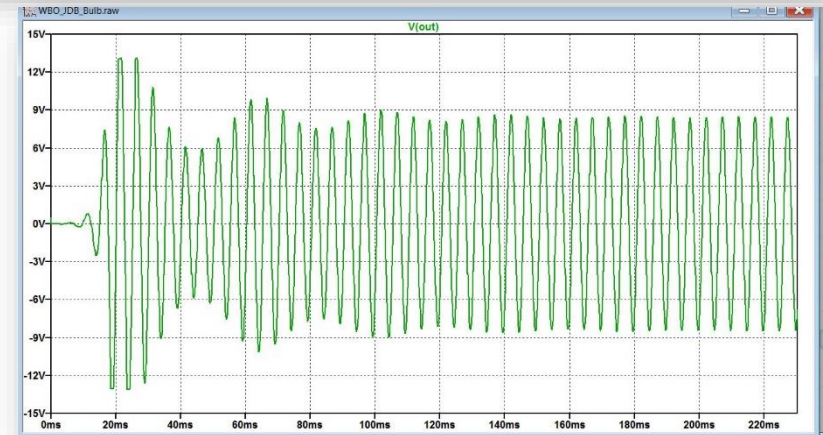
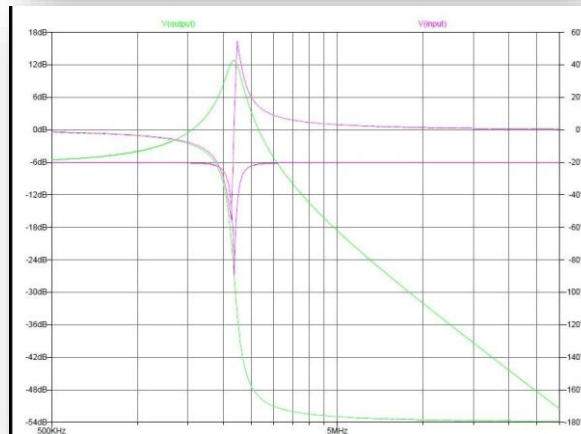
- O programa permite:
 - Realizar a análise e obter os resultados no esquema, em forma de tabela ou em gráficos



Fourier components of V(out)
 DC component: -4.43352e-010

Harmonic Number	Frequency [Hz]	Fourier Component	Normalized Component
1	1.000e+03	1.000e+00	1.000e+00
2	2.000e+03	7.472e-09	7.473e-09
3	3.000e+03	9.626e-09	9.627e-09
4	4.000e+03	1.339e-08	1.339e-08
5	5.000e+03	1.540e-08	1.540e-08
6	6.000e+03	1.868e-08	1.868e-08
7	7.000e+03	2.139e-08	2.139e-08
8	8.000e+03	2.408e-08	2.408e-08
9	9.000e+03	3.010e-08	3.010e-08
10	1.000e+04	3.111e-08	3.111e-08

Total Harmonic Distortion: 0.000006%



3. Resumo do programa

- Atribuição de valores a componentes (unidades):
 - Na atribuição de valores, ter em atenção que a primeira letra após os números pode representar um fator multiplicativo e as restantes são ignoradas
 - Por exemplo é permitido e tem o mesmo significado:
 - 225P, 225p, 225pF, 225pFarad, 225E-12, 0.25n, 0.25N
 - Fatores multiplicativos (indiferente maiúsculas ou minúsculas):

Letra	Fator multiplicativo	Significado
f	10^{-15}	femto
p	10^{-12}	pico
n	10^{-9}	nano
u	10^{-6}	micro
m	10^{-3}	mili
k	10^3	kilo
meg	10^6	mega
g	10^9	giga
t	10^{12}	tera

4. Exemplos de simulação

- DC op pnt - Ponto de funcionamento em repouso (.OP)

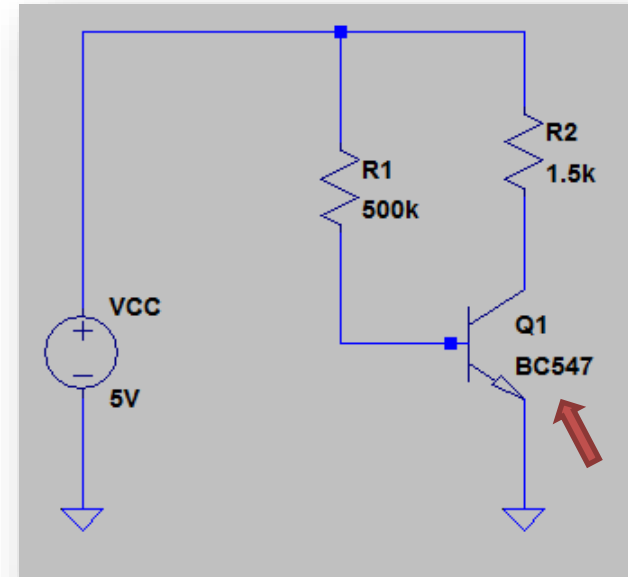
- Obter as correntes e tensões do circuito utilizando um transístor bipolar referência BC547 com o seguinte modelo:



```

.model BC547 NPN( Vtf=1.7 Cjc=7.306p Nc=2 Tr=46.91n Ne=1.307
+ Cje=22.01p Isc=0 Xtb=1.5 Rb=10 Rc=1
+ Tf=411.1p Xti=3 lkr=0 Bf=400 Fc=.5
+ Ise=14.34f Br=6.092 lkf=.2847 Mje=.377 Mjc=.3416
+ Vaf=74.03 Vjc=.75 Vje=.75 Xtf=3 Itf=.6
+ Is=14.34f Eg=1.11 )
  
```

NOTA: Cada linha iniciada com o caracter + significa linha de continuação



- Dar um nome aos nós de base (VB) e coletor (VC): tecla direita + Label Net
- Representar no esquema as tensões em todos os nós do circuito, as correntes de base, emissor e coletor do transístor, assim como I(VCC), I(R1) e I(R2): tecla direita + Place .op Data LabelNet

4. Exemplos de simulação

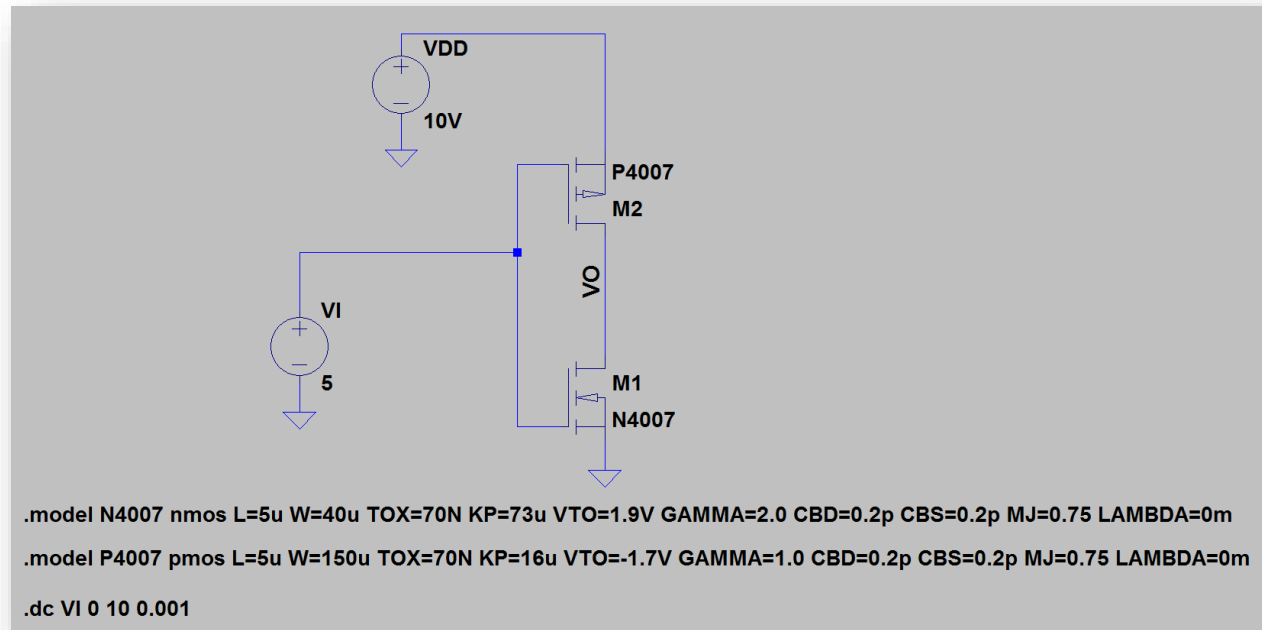
- DC sweep - Varrimento de uma ou várias tensões (.DC)
 - Variar VCC desde 0 a 12V com passo de 0.1V
 - Representar graficamente VB, VC e IC em função de VCC
 - Utilizar os cursores 1 (VC) e 2 (IC) para medir os valores das variáveis para VCC=5V
 - Praticar as teclas e as letras de atalho de edição do esquema:

F1	Help
F2	Component
F3	Draw wire
F4	Label Net
F5	Delete
F6	Duplicate
F7	Move
F8	Drag
F9	Undo
Sh. F9	Redo

T	Text
R	Resistor
C	Capacitor
L	Inductor
D	Diode
G	Ground
S	Spice directive
Ctrl R	Rotate
Ctrl E	Mirror

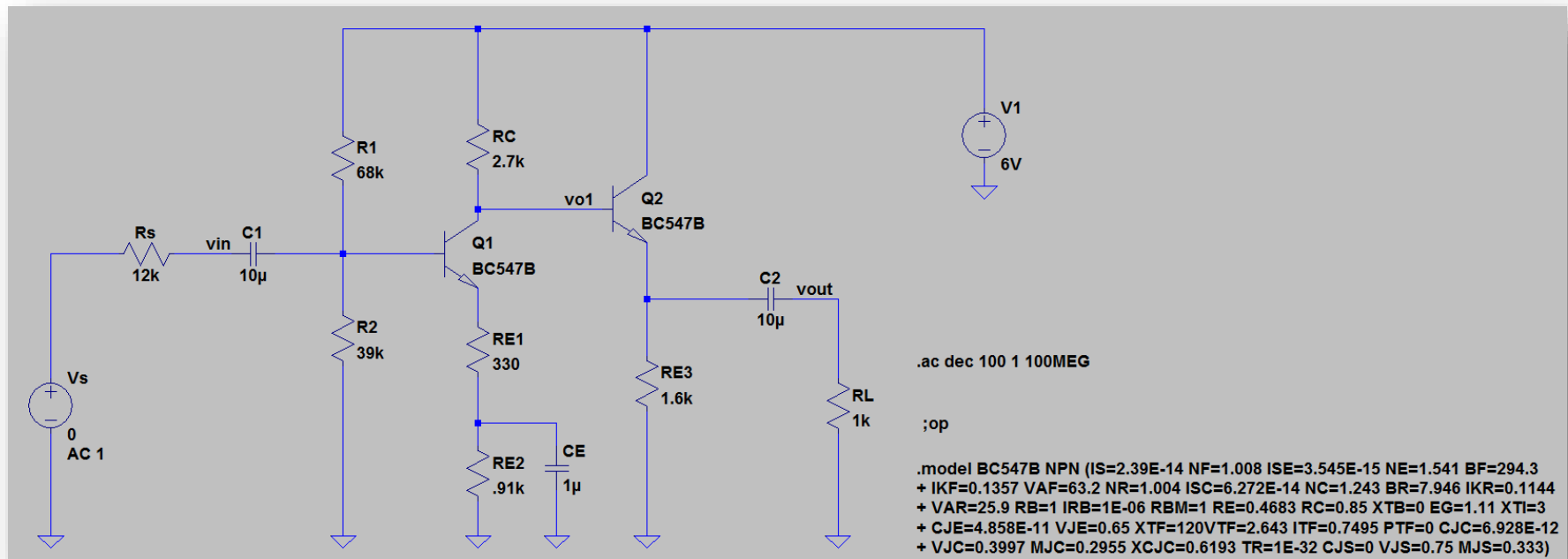
4. Exemplos de simulação

- Característica de transferência de um inversor CMOS → [LAB1 Inversor CMOS](#)
 - DC op pnt - Obter v_o para $v_{in}=0V, 5V$ e $10V$
 - DC sweep - Variar V_{IN} desde 0 a 10V com passo de 0.001V e representar graficamente $v_o(v_{in})$ e verificar a alteração se o passo for 0.1V em vez de 0.001V



4. Exemplos de simulação

- AC Analysis – Análise AC sinais fracos, regime linear (.AC) → **LAB2** Amplificador com Transístores Bipolares
 - Representar a característica de transferência (módulo e fase) em função da frequência $v_o/v_{in}(f)$, desde 1Hz a 1MHz, numa escala logarítmica
 - Determinar as frequências limite da banda de passagem a -3dB
 - Observar as diferença entre escala LOG e LIN



4. Exemplos de simulação

- Transient – Análise transitória no domínio do tempo (.tran) → **LAB3** Amplificador Diferencial
 - Representar v_d , vo_1 e vo_2 para v_d sinusoidal com 0.1V de amplitude e frequência de 500Hz
 - Aumentar a amplitude de v_d para 1V e observar a diferença

