



# UNIVERSITAT DE BARCELONA

## Electrònica Física

### Grau en Enginyeria Electrònica de Telecomunicació

## Pràctica 1: Models i paràmetres SPICE per a díodes

### Objectiu

---

Aquesta pràctica té com objectiu entendre, utilitzar i analitzar diversos models de díodes i els seus paràmetres.

### Introducció

---

SPICE, i concretament la distribució LTspice, pot simular el comportament de díodes i altres dispositius, implementats en circuits.

Quan simulem el díode que LTspice genera per defecte, aquest té un conjunt de valors predeterminats i indicats a la Taula 1. En les equacions del circuit, SPICE no només introdueix el model ideal del dispositiu, sinó que també incorpora diverses aproximacions de no-idealitat (per exemple el factor d'idealitat  $N$  o la resistència en sèrie  $R_s$ ). Al llarg dels anys, aquests models s'han anat perfeccionant i en certs dispositius, com el MOSFET, es parla de *level 1*, *2* o *3* per indicar models més precisos.

LTspice considera diferents tipus de díodes tots regits per les mateixes equacions (amb petites diferències) com són díodes de silici, Schottky, Zener, Varactor, LED, etc. Tanmateix, podem seleccionar i editar les característiques del díode.

Per exemple, quan introduïm un díode en el circuit ens apareix al *Netlist* una línia com :

*D1 N001 0 1N914*

Això indica que el díode 1 (D1) es simula mitjançant un model 1N914, el qual té predefinitos uns paràmetres característics de tensió de trencament (*Breakdown Voltage*) de 75 V, un corrent de saturació en invers de 2.52 nA, una capacitat d'unió a tensió nul·la de 4 pF ... i sobretot té un coeficient d'idealitat diferent a 1,  $N = 1.752$ .

Els diferents fabricants proporcionen models i les característiques pels seus díodes, de manera que és possible comprar un díode i trobar-ne la correspondència entre el full d'especificacions tècniques (*datasheet*) i el model.

SPICE també permet editar els models dels dispositius amb la directiva *.MODEL* o fins i tot editar-ho directament dins de la comanda D.

## Model i Paràmetres SPICE en díodes

Símbol	Nom SPICE	Descripció del paràmetre	Unitats	Valor per defecte
$I_S$	IS	Corrent de saturació en invers	A	1E-14
$R_S$	RS	Resistència en sèrie	$\Omega$	0
$n$	N	Coeficient d'emissió o d'idealitat	-	1
$\tau_D$	TT	Temps de trànsit	s	0
$C_D(0)$	CJO	Capacitat d'unió a polarització nul·la	F	0
$\phi_0$	VJ	Potencial d'unió	V	1
$m$	M	Coeficient de gradació de la unió:	-	
-	-	▪ unions lineals	-	0.33
-	-	▪ per unions abruptes	-	0.5
$E_g$	EG	<i>Band gap</i> o banda prohibida: diferència d'energia entre la banda de valència i la de conducció:	eV	
-	-	▪ per a Si	-	1.11
-	-	▪ Ge	-	0.67
-	-	▪ Schottky	-	0.69
$p_i$	XTI	IS exponent de temperatura:	-	
-	-	▪ Unió pn	-	3.0
-	-	▪ Schottky	-	2.0
$k_f$	KF	Coeficient de soroll Flicker	-	0
$a_f$	AF	Exponent de soroll Flicker	-	1
FC	FC	Coeficient de capacitat de depleció en polarització directa	-	0.5
BV	BV	Voltatge de trencament en inversa	V	$\infty$
IBV	IBV	Corrent de trencament en inversa	A	1E-3

Taula 1: Paràmetres del model del díode en SPICE

## Simulacions

### S1. Models ideals, manipulació de models i models comercials.

Quan introduïm un dispositiu genèric en SPICE aquest és ideal, i pren els valors per defecte. Això és útil per a verificar un model ideal, però poc pràctic com element real.

**Exercici 1.** Simuleu un escombrat en DC de -10 a 10 V d'un díode (ideal). Obtingueu la intensitat en funció de la tensió i digueu quins paràmetres o resultats que obteniu són irreals. Representeu la intensitat en funció de la tensió, i alhora la potència (per això premeu la tecla ALT alhora que el botó esquerre del *ratolí* sobre el dispositiu un cop tingueu la simulació feta). Editeu el model del díode (a la Figura 1 podem veure un exemple de com fer-ho a través de la directiva *.model*). Editeu i simuleu el díode per a que sigui més realista.

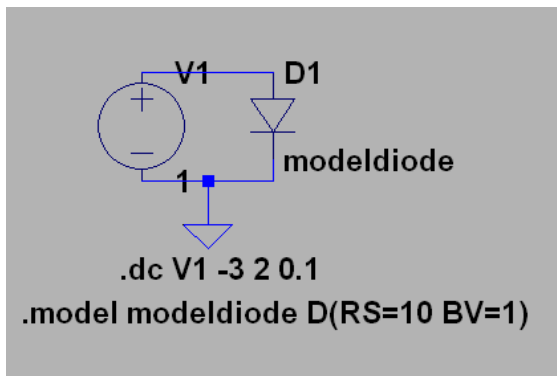


Figura 1: Paràmetres del model del díode en SPICE

Què observeu en aquesta nova simulació respecte a l'anterior?

**Exercici 2.** En aquest exercici utilitzarem les dades experimentals que hi ha als *datasheets* (fulls d'especificacions tècniques) que proporcionen els fabricants dels díodes. Simuleu el díode 1N4148. Obtingueu una gràfica similar a la Fig. 3 del seu *datasheet* del fabricant Philips (disponible al campus virtual). Feu la simulació cercant com simular temperatura. En la representació heu de posar simultàniament els resultats de la

simulació que serien equivalents als *typical values* (resultats habituals). A què es degut la diferència amb la temperatura en les dues simulacions? Són iguals les dades simulades i les experimentals? Per què?

Representeu-ho també com ho fa el fabricant Telefunken a la Fig.2 del seu *datasheet* pel díode en qüestió. Hi ha més similitud? Per què? Per què hi ha un rang molt lineal entre 0.2 mA i 30 mA? Per què hi ha rang no lineal?

## S2. Obtenció de paràmetres

**Exercici 3.** En aquesta darrera representació gràfica obtinguda, ajusteu la part lineal a l'equació del díode i obtingueu el corrent de saturació en invers ( $I_s$ ) i el factor d'idealitat ( $N$ ). Utilitzant el *Help* d'SPICE determineu a quina temperatura es realitza la simulació i introduïu els valors adequadament.

**Exercici 4.** Busqueu al *datasheet* de Philips quin es el voltatge de trencament en inversa (*continuous reverse voltage max*). Simuleu el díode polaritzat a un rang de tensions per detectar l'efecte del trencament. Podeu identificar aquest valor? Per què? (El model SPICE d'aquest díode incorpora aquest valor? Quin és el valor per defecte?). A continuació, simuleu el dispositiu afegint una directiva *.model* que doni igual resultat que el dispositiu comercial però amb tensió de trencament de -75V (representeu les dues simulacions conjuntament).

## S2. Diferents díodes

**Exercici 5.** Compareu el comportament en directa d'un díode d'unió PN de silici amb el d'un Schottky i el d'un Zener. Representeu la simulació en rangs de tensió diferents per observar les diferències oportunament. Què observeu? Busqueu informació en els *datasheets* d'aquests. Proposeu una aplicació que no sigui un rectificador.

**Exercici 6.** Compareu un díode Schottky amb un Zener en inversa. Per a què serveix el díode Zener? Proposeu una aplicació que no sigui un rectificador.