

Séance 4 : Diodes Corrigé

Objectifs

À la fin de cette séance d'exercices, vous serez en mesure de :

- comprendre les différentes modélisations des diodes (idéale, avec tension de seuil...)
- résoudre des circuits à diodes utilisant différentes modélisations
- calculer les différents éléments d'un régulateur à diode Zener

Exercices

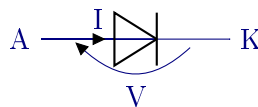
Exercice 1. Sur le schéma suivant :

- indiquer l'anode et la cathode de la diode
- flécher et nommer les grandeurs électriques.

Préciser les différents modèles électriques possibles pour la diode.

Quelles sont les précautions à prendre lors de l'utilisation d'une diode ?

Réponse :



Modèles possibles pour la diode :

- idéale : le **courant** circulant à travers la diode est **nul** si la diode est polarisée **en inverse**, la **tension** aux bornes de la diode est **nulle** si elle est polarisée **en direct** (par rapport au schéma ci-dessus, polarisation directe $\equiv V > 0$).
- idéale avec tension de seuil : le courant est nul si la diode est polarisée en inverse. Le courant est nul tant que la tension de seuil n'a pas été atteinte ($V_{TH} = 0.7V$ habituellement). Si la diode est polarisée en direct **et** que la tension à ses bornes atteint V_{TH} , **alors** la diode est passante et un courant peut circuler à travers la diode. Quel que soit le courant (> 0), la tension aux bornes de la diode restera V_{TH} .

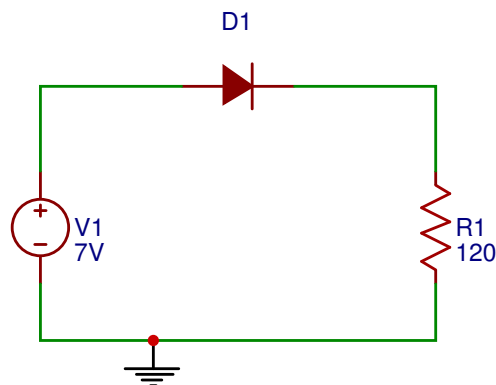
- idéale avec tension de seuil et résistance série : comme précédemment mais avec une résistance en série. Cette résistance modélise la résistance interne de la diode.
- exponentiel : ce modèle découle directement des caractéristiques électriques d'une jonction PN.

Le phénomène d'avalanche peut se modéliser de la même façon.

Précautions à prendre lors de l'utilisation d'une diode :

- quel que soit le mode de fonctionnement : ne jamais dépasser la puissance maximum que peut dissiper la diode
- en direct : ne jamais dépasser le courant limite admissible par la diode. En particulier, ne jamais connecter une diode directement sur une source de tension
- en inverse : ne jamais dépasser la tension d'avalanche, dans le cas d'une utilisation qui exclut tout fonctionnement en avalanche
- en inverse : veiller à ne jamais dépasser le courant maximum admissible en inverse dans la zone d'avalanche (ce courant dépend de la puissance maximum admissible et de la tension d'avalanche de la diode).

Exercice 2.



Déterminer le courant dans ce circuit dans les 2 cas suivants :

- La diode est remplacée par une diode idéale.
- La diode est remplacée par une diode idéale en série avec une source de tension de 0.7 V.

Que se passe-t-il si on change le sens de la diode ?

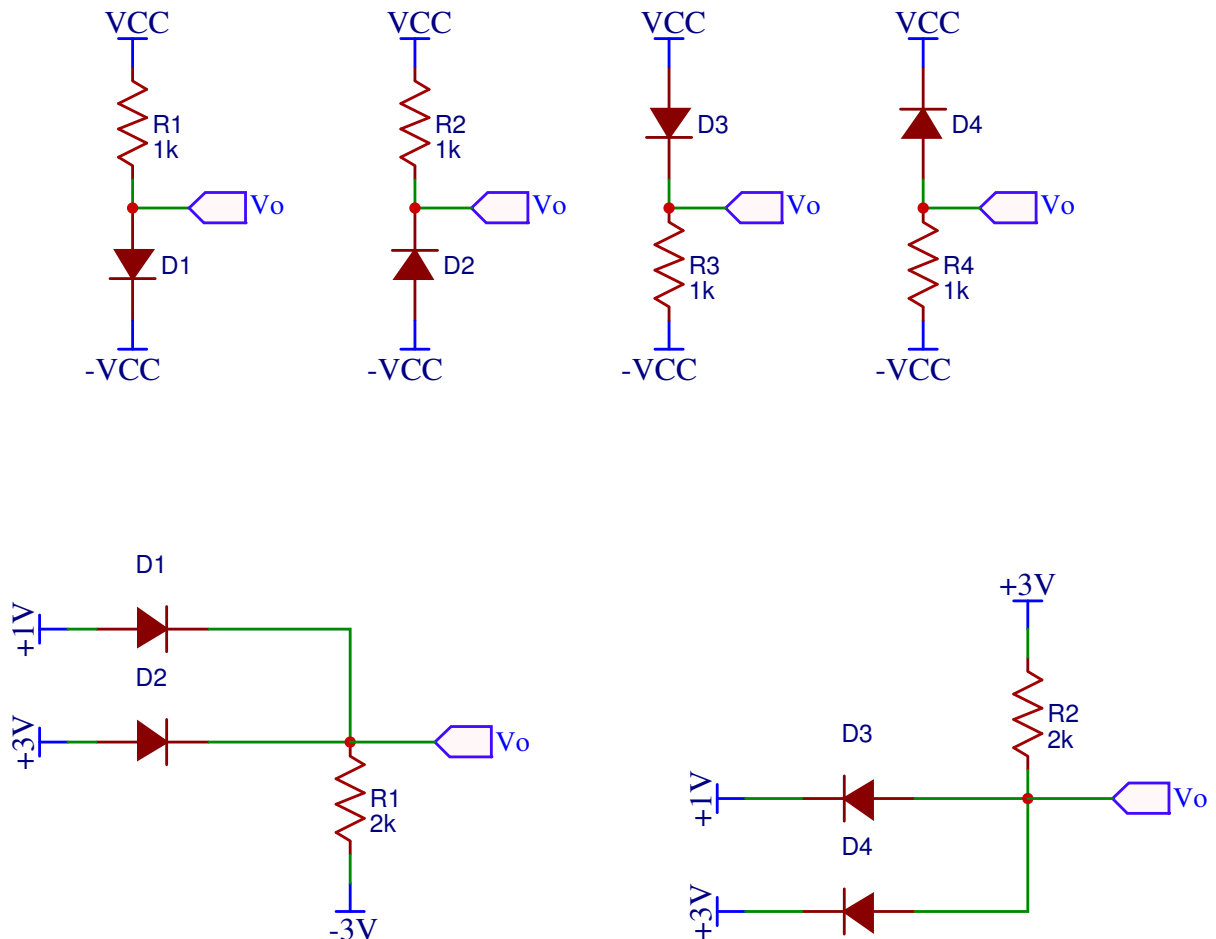
Réponse :

- 1^{er} cas : $I = \frac{V_1}{R_1} = \frac{7}{120} = 58.3\text{mA}$
- 2^e cas : $I = \frac{V_1 - V_{th}}{R_1} = 52.5\text{mA}$ avec $V_{th} = 0.7\text{V}$

Si on change le sens de la diode, celle-ci sera bloquante, par conséquent : $I = 0$

Exercice 3. En considérant la diode comme idéale, calculer le courant circulant dans la résistance et la tension V_o dans les circuits suivants.

$V_{CC} = 3V$



Réponse :

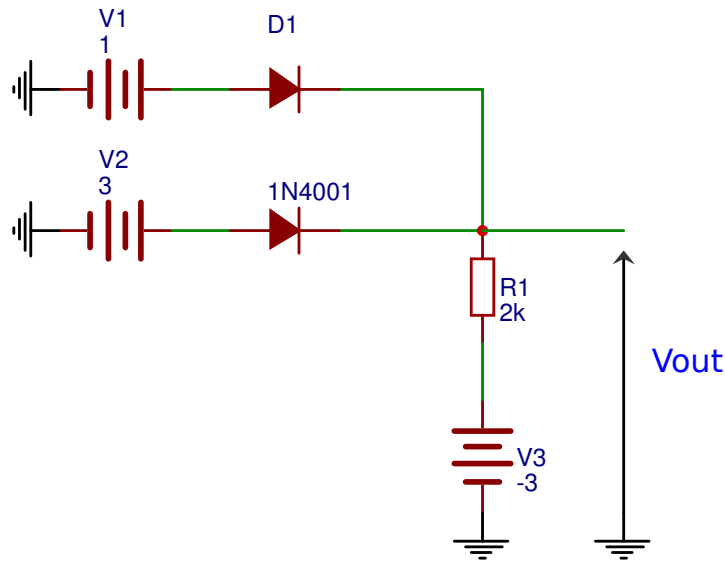
Première partie de gauche à droite :

- $V_o = -3V$ (diode passante) et $I = \frac{3-(-3)}{1k} = 6mA$
- $V_o = 3V$ (diode bloquée) et $I = 0A$
- $V_o = 3V$ (diode passante) et $I = \frac{3-(-3)}{1k} = 6mA$
- $V_o = -3V$ (diode bloquée) et $I = 0A$

Deuxième partie de gauche à droite :

- $V_o = 3V$ (D1 bloquée et D2 passante) et $I = \frac{3-(-3)}{2k} = 3mA$
- $V_o = 1V$ (D3 passante et D4 bloquée) et $I = \frac{3-(-1)}{2k} = 1mA$

Reprenons le premier circuit de la seconde partie. Le circuit peut être redessiné de la façon suivante :



Pour résoudre un circuit à diodes, il faut poser l'hypothèse que chacune est soit bloquante, soit passante. Les hypothèses menant à des incohérences sont ensuite éliminées.

1. D1 et D2 sont passantes.

Dans la maille comprenant les deux diodes, on a $1V - V_{D1} - V_{D2} - 3V = 0$. Les diodes étant passantes et idéales, leur tension est nulle, ce qui implique que $1V = 3V$, ce qui est incohérent.

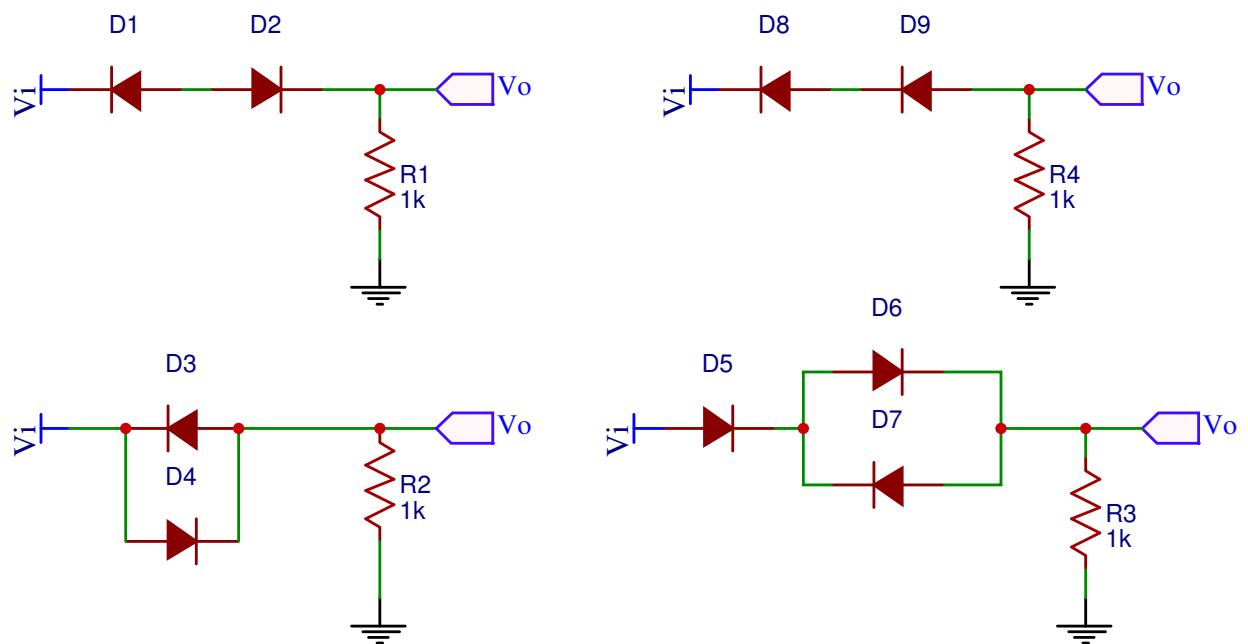
2. D1 et D2 sont bloquantes.

Dans la maille comprenant D1 et R1, on a $1V - V_{D1} - i \cdot R1 - (-3V) = 0$. Les diodes étant bloquantes, il n'y a pas de courant qui circule dans le circuit, donc $V_{D1} = 4V$. Or, si D1 est bloquante et idéale, sa tension ne peut être positive. Les hypothèses sont à nouveau fausses.

3. D1 est bloquante et D2 passante.

Via la maille comprenant D2 et V_o , on trouve $V_o = 3V$. Pour déterminer le courant, on peut prendre la maille comprenant D2 et R1, ce qui donne $3V - i \cdot R1 - (-3V) = 0$, c'est-à-dire $i = \frac{6V}{2k\Omega} = 3mA$. Si l'on détermine tous les courants et toutes les tensions dans le circuit, on ne trouve aucune incohérence. Les hypothèses sont donc correctes, il n'est pas nécessaire de vérifier les autres combinaisons.

Exercice 4. En considérant la diode comme idéale et V_i comme une source de tension sinusoïdale de 1kHz et d'amplitude 5V centrée en 0V, dessiner l'allure de la tension en sortie du montage V_o pour les circuits suivants.



Réponse :

De haut en bas et de gauche à droite :

- $V_o = 0V$ (rien en sortie)
- Uniquement les alternances négatives (jusqu'à $-5V$)
- Pas de changement sur le sinus (entre $+5$ et $-5V$)
- Uniquement les alternances positives (jusqu'à $+5V$)

Exercice 5. Refaire les exercices 3 et 4 en considérant la diode comme une mise en série d'une diode idéale et d'une source de tension de $0.7V$.

Réponse :

Pour le 3 : Première partie de gauche à droite :

- $V_o = -2.3V$ (diode passante) et $I = \frac{3 - (-2.3)}{10k} = 5.3mA$
- $V_o = 3V$ (diode bloquée) et $I = 0A$
- $V_o = 2.3V$ (diode passante) et $I = \frac{2.3 - (-3)}{10k} = 5.3mA$
- $V_o = -3V$ (diode bloquée) et $I = 0A$

Deuxième partie de gauche à droite :

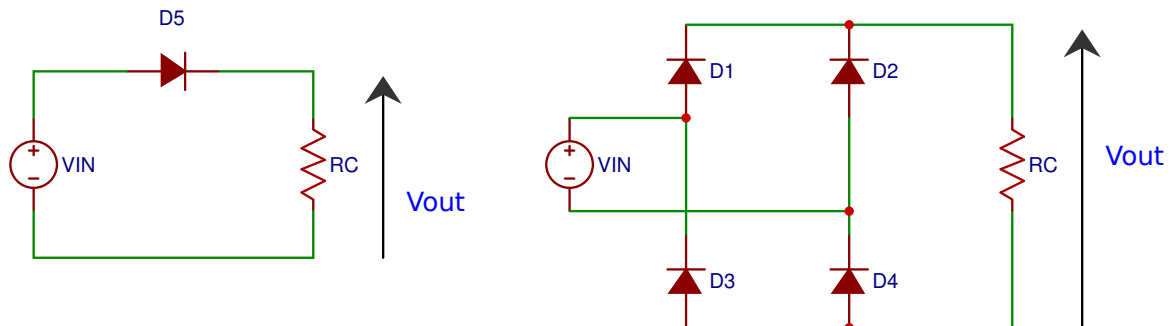
- $V_o = 2.3V$ (D1 bloquée et D2 passante) et $I = \frac{2.3 - (-3)}{2k} = 2.7mA$
- $V_o = 1.7V$ (D3 passante et D4 bloquée) et $I = \frac{3 - (-1.7)}{2k} = 2.4mA$

Pour le 4 : De haut en bas et de gauche à droite :

- $V_o = 0V$ (rien en sortie)
- Uniquement les alternances négatives (jusqu'à $-3.6V$)
- Un sinus atténué (entre $+4.3V$ et $-4.3V$)
- Uniquement les alternances positives mais atténuées (jusqu'à $+3.6V$)

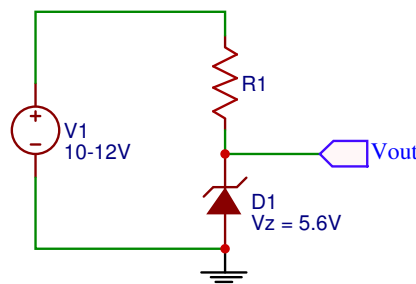
Exercice 6. Rappeler les schémas des redresseurs simple et double alternance.

Réponse :



Exercice 7. Dessiner le schéma d'un montage permettant à l'aide d'une diode zener de produire une tension de 5.6V en sortie avec une entrée pouvant varier de 10V à 12V continu. Dimensionner le circuit pour qu'il puisse délivrer au moins un courant de 100mA à la charge. Déterminer alors la puissance maximale dissipée par la diode.

Réponse :



Un régulateur zener se compose de deux éléments : une diode zener en parallèle de la charge permettant de limiter la tension, ainsi qu'une résistance permettant de limiter le courant.

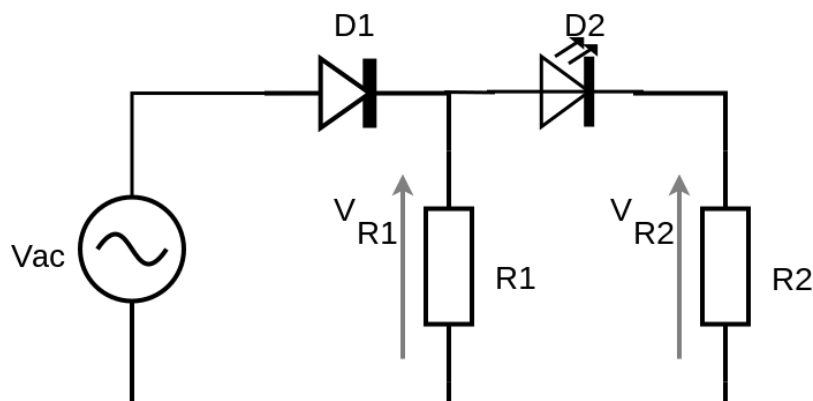
Commençons par dimensionner la résistance.

$$\begin{aligned} V_1 - R_1 \cdot i - 5.6V &= 0 \\ \Leftrightarrow i &= \frac{V_1 - 5.6V}{R_1} \geq 100\text{mA} \\ \Leftrightarrow R_1 &\leq \frac{V_1 - 5.6V}{100\text{mA}} \end{aligned}$$

Ainsi, pour \$V_1 = 10V\$, on obtient \$R_1 \leq 44\Omega\$.

La puissance dissipée par le régulateur est maximale quand la charge est infinie (tout le courant passe par la diode et le courant de sortie est nul) et la tension en entrée est de 12V, on a alors : \$I_{charge} = 0\$, \$I_{R1,D1} = \frac{V_1 - V_z}{R_1} = 145\text{mA}\$ et donc \$P_{Diode} = V_z \cdot I_D = 815\text{mW}\$.

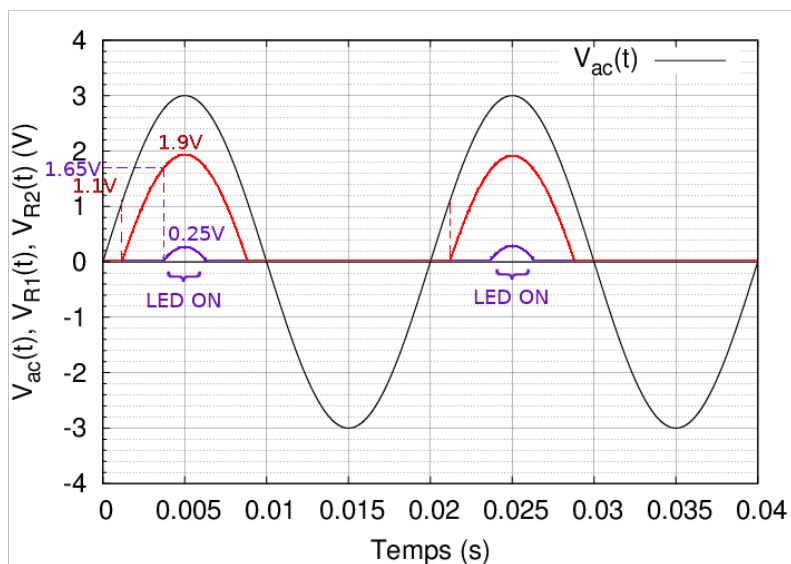
Exercice 8. Soit le circuit ci-dessous constitué d'une diode 1N4001, d'une LED NTE3019, de deux résistances de 10Ω et d'une source de tension sinusoïdale de $6V_{Crête \text{ à } Crête}$ à 50Hz.



Sur base du schéma ci-dessus et en vous aidant des datasheets :

- Tracer sur le graphique la tension aux bornes de R1 et celle aux bornes de R2, pour V_{ac} représentée.
- Indiquer les valeurs de tension remarquables et indiquez quand la LED s'allume.
- Quel est le courant maximum dans R1, dans la LED, dans D1 ?
- Quelle est la puissance dissipée par D1 ?

Réponse :



Les courants max sont :

- $I_{R1} = \frac{1.9}{10} = 190\text{mA}$
- $I_{D2} = \frac{0.25}{10} = 25\text{mA}$
- $I_{D1} = I_{R1} + I_{D2} = 215\text{mA}$

La puissance dissipée par D1 est : $P_{D1} = U_{D1} * I_{D1} = 215\text{mA} * 1.1\text{V} = 0.24\text{W}$



ELECTRONICS, INC.
44 FARRAND STREET
BLOOMFIELD, NJ 07003
(973) 748-5089
<http://www.ntelinc.com>

NTE3019 Light Emitting Diode (LED) Red Diffused, 5mm

Features:

- Tapered Barrel T-1 3/4 Package
- High Intensity Red light source with various lens colors and effects
- Versatile Mounting on PC Board or Panel
- T-1 3/4 with Stand-off

Absolute Maximum Ratings: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Reverse Voltage, V_R	5V
Peak Forward Current (Note 1, I_F)	1A
Power Dissipation ($T_A = +25^\circ\text{C}$), P_D	180mW
Derate linearly from 25°C	2mW/ $^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range, T_{opr}	-55° to $+100^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_{stg}	-55° to $+100^\circ\text{C}$
Lead Temperature (During Soldering, 1/16" (1.6mm) from case, 5sec max), T_L	$+260^\circ\text{C}$

Note 1. Pulse Width = $1\mu\text{s}$, 0.3% duty cycle.

Electrical Characteristics: ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

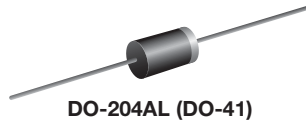
Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Luminous Intensity	I_V	$I_F = 20\text{ mA}$	0.9	3.0	–	mcd
Peak Wavelength	λ_p	$I_F = 20\text{ mA}$	–	–	660	nm
Spectral Line Half Width	$\Delta\lambda$	$I_F = 20\text{ mA}$	–	20	–	nm
Forward Voltage	V_F	$I_F = 20\text{ mA}$	–	1.65	2.0	V
Reverse Current	I_R	$V_R = 5.0\text{V}$	–	–	100	μA
Reverse Voltage	λ_A	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$	–	5.0	–	V
Capacitance	C	$V = 0$	–	35	–	pF
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$	Between 50% Points	–	60	–	degree
Rise Time	t_r	10% – 90% 50 Ω	–	50	–	ns
Fall Time	t_f	90% – 10% 50 Ω	–	50	–	ns



1N4001 thru 1N4007

Vishay General Semiconductor

General Purpose Plastic Rectifier



DO-204AL (DO-41)

FEATURES

- Low forward voltage drop
- Low leakage current
- High forward surge capability
- Solder dip 275 °C max. 10 s, per JESD 22-B106
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS
COMPLIANT

TYPICAL APPLICATIONS

For use in general purpose rectification of power supplies, inverters, converters and freewheeling diodes application.

Note

- These devices are not AEC-Q101 qualified.

MECHANICAL DATA

Case: DO-204AL, molded epoxy body
Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating
Base P/N-E3 - RoHS compliant, commercial grade

Terminals: Matte tin plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD 22-B102
E3 suffix meets JESD 201 class 1A whisker test

Polarity: Color band denotes cathode end

PRIMARY CHARACTERISTICS	
$I_{F(AV)}$	1.0 A
V_{RRM}	50 V to 1000 V
I_{FSM} (8.3 ms sine-wave)	30 A
I_{FSM} (square wave $t_p = 1$ ms)	45 A
V_F	1.1 V
I_R	5.0 μ A
T_J max.	150 °C

MAXIMUM RATINGS (T _A = 25 °C unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	V _{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	V _{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at T _A = 75 °C	I _{F(AV)}	1.0							A
Peak forward surge current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load	I _{FSM}	30							A
Non-repetitive peak forward surge current square waveform T _A = 25 °C (fig. 3)	t _p = 1 ms	I _{FSM}	45						A
	t _p = 2 ms		35						
	t _p = 5 ms		30						
Maximum full load reverse current, full cycle average 0.375" (9.5 mm) lead length T _L = 75 °C	I _{R(AV)}	30							μA
Rating for fusing (t < 8.3 ms)	I ² t (1)	3.7							A ² s
Operating junction and storage temperature range	T _J , T _{STG}	- 50 to + 150							°C

Note

(1) For device using on bridge rectifier application

1N4001 thru 1N4007

Vishay General Semiconductor



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T _A = 25 °C unless otherwise noted)											
PARAMETER	TEST CONDITIONS		SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum instantaneous forward voltage	1.0 A		V _F	1.1							V
Maximum DC reverse current at rated DC blocking voltage		T _A = 25 °C	I _R	5.0							μA
		T _A = 125 °C		50							
Typical junction capacitance	4.0 V, 1 MHz		C _J	15							pF

THERMAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted)										
PARAMETER	SYMBOL		1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Typical thermal resistance	$R_{\theta JA}^{(1)}$		50							$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
	$R_{\theta JL}^{(1)}$		25							

Note

(1) Thermal resistance from junction to ambient at 0.375" (9.5 mm) lead length, PCB mounted

ORDERING INFORMATION (Example)				
PREFERRED P/N	UNIT WEIGHT (g)	PREFERRED PACKAGE CODE	BASE QUANTITY	DELIVERY MODE
1N4004-E3/54	0.33	54	5500	13" diameter paper tape and reel
1N4004-E3/73	0.33	73	3000	Ammo pack packaging

RATINGS AND CHARACTERISTICS CURVES

($T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted)

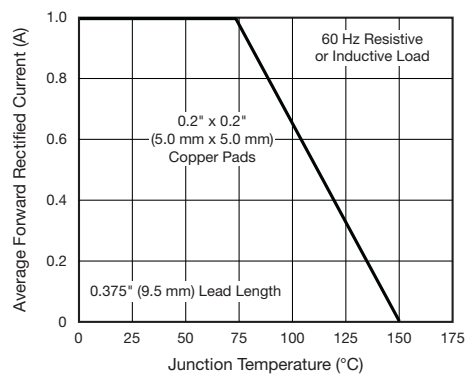


Fig. 1 - Forward Current Derating Curve

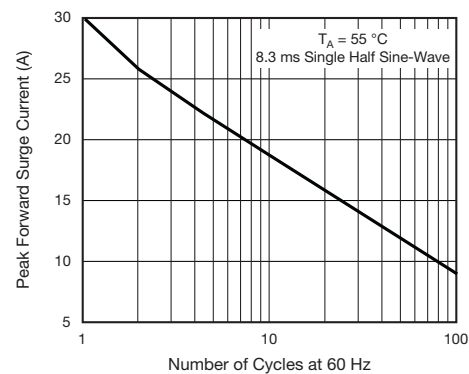


Fig. 2 - Maximum Non-repetitive Peak Forward Surge Current