## Badanie diod półprzewodnikowych

Proszę zbudować prosty obwód wykorzystujący diodę, który w zależności od jej kierunku zaświeci lub nie zaświeci żarówkę.



Proszę zmienić źródło zasilania na AC, tak aby żarówka zaczęła migać.

CU <u>S</u> in	mulate Tr <u>a</u> nsfer	<u>T</u> ools <u>R</u> eports	Options Window Help			
a ( 🕨	Run	F5		<mark>&gt; ⊡ ▼ ⊞ √</mark> □ ₪ •	📣 🕸 In Use List 💌	4
- 11	Pause	F6	111 -			
	Stop					
<u> </u>	Instruments	,				
-	Interactive Simulation Settings		2	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	5	
	Digital Simulation S	Settings	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · ·
	<u>A</u> nalyses	•	DC Operating Point		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · ·
(ES)	Postprocessor		AC Analysis		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · ·
	<u>in Postprocessor</u>		Transient Analysis		· <u>1</u> ·····	· · · · · ·
	Venice Command	Line Interface	Fourier Analysis	1111 <u>1</u> 111111	:::::::::: <b>D2</b> :::::	· · ·
-	<u>L</u> oad Simulation Settings		Noise Analysis		1N1202C	· · ·
			Noise Figure Analysis	· · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · ·
	Save Simulation S	ettings	Distortion Analysis			
	Auto Fault Option		DC Sweep	· · · · · · · · · · · · · · ·	••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	
-	VUDL Circulation		Sensitivity		· · · · <del></del> · · · · · · · · · · ·	· · ·
_	VHDL SIMulation		Parameter Sweep			· · ·
	Dynamic Probe Pr	operties	Temperature Sweep	Proszę zbudo	ować prosty obwód	jal
	Reverse Probe Dir	ection	Pole Zero	na rysunku. l	który posłuży	
	Clear Instrument Data		Transfer Function	do przoprow	adzonia	
-			Worst Case		auzenia	
	Use Tolerances		Monte Carlo	tzw. Analizy	D.C	
			Trace Width Analysis		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
			Batched Analysis		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
			User Defined Analysis		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · ·
	· · · · · · · · · ·				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · ·
	· · · · · · · · · · ·		Stop Analysis			· · ·
· ·						



początkową, końcową oraz krok zmiany.



Rezultat, czyli zależność prądu na diodzie od napięcia na źródle. Widać, że dioda zaczyna przewodzić prąd dopiero powyżej odpowiedniej wartości napięcia zasilania.



### **Dioda Zenera**

Odmiana diody półprzewodnikowej, której głównym parametrem jest napięcie przebicia złącza p-n. Po przekroczeniu napięcia przebicia ma miejsce nagły, gwałtowny wzrost prądu. Przebicie nie powoduje uszkodzenia diody.

### 1N5226B - 1N5257B Series Half Watt Zeners

Absolute Maximum Ratings* TA	= 25°C unless otherwise noted		
Parameter	Value	Units	
Storage Temperature Range	-65 to +200	°C	
Maximum Junction Operating Temperature	+ 200	°C	
Lead Temperature (1/16" from case for 10 seconds)	+ 230	°C	
Total Device Dissipation	500	mW	
Derate above 25°C	4.0	mW/∘C	
Surge Power**	10	W	



\*These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired. \*\*Non-recurrent square wave PW= 8.3 ms, TA= 55 degrees C.

#### NOTES:

1) These ratings are based on a maximum junction temperature of 200 degrees C.

 These are steady state limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

Device	V <sub>z</sub> (V)	Z <sub>Z</sub> (Ω)	и I <sub>ZT</sub> (mA)	Ζ <sub>ΖΚ</sub> (Ω)	I <sub>ZK</sub> (mA)	V <sub>R</sub> (V)	@ Ι <sub>R</sub> (μΑ)	T <sub>c</sub> (%/⁰C)
1N5226B	3.3	28	20	1,600	0.25	1.0	25	- 0.07
1N5227B	3.6	24	20	1,700	0.25	1.0	15	- 0.065
1N5228B	3.9	23	20	1,900	0.25	1.0	10	- 0.06
1N5229B	4.3	22	20	2,000	0.25	1.0	5.0	+/- 0.055
1N5230B	4.7	19	20	1,900	0.25	2.0	5.0	+/- 0.03
1N5231B	5.1	17	20	1,600	0.25	2.0	5.0	+/- 0.3
1N5232B	5.6	11	20	1,600	0.25	3.0	5.0	0.038

#### Electrical Characteristics TA = 25°C unless otherwise noted

Zbuduj układ jak na rysunku. Zaobserwuj jak zachowa się napięcie na diodzie zenera przy wzroście napięcia wejściowego.







![](_page_10_Figure_0.jpeg)

# Kondensator

Należy wstawić przełącznik (switch) AIR\_NC. Wciskając spacje (schemat musi być aktywny) lub klikając na przełącznik można go włączyć lub wyłączyć.

🛷 Select a Component				)
Database:	Component:	Symbol (ANSI)	ОК	
Master Database 🔄	AIR_NC		Close	······································
Group:	AIR_NC			
Electro_Mechanical	AIR_NO		<u>S</u> earch	a de la companya de l
Family:	ANTI_PLUG	88 201	Detail Report	
All Select all families	FLOAT NO	3	<u>M</u> odel	·····
<ul> <li>SENSING_SWITCHES</li> <li>MOMENTARY_SWITCHES</li> <li>SUPPLEMENTARY_CON</li> <li>TIMED_CONTACTS</li> <li>COILS_RELAYS</li> <li>LINE_TRANSFORMER</li> <li>PROTECTION_DEVICES</li> <li>OUTPUT_DEVICES</li> </ul>	FLOW_NC FLOW_NO FOOT_NC FOOT_NO HELD_CLOSED_LIMIT HELD_OPEN_LIMIT LIMIT_NC LIMIT_NO SPEED_F SPEED_FR TEMP_NC TEMP_NO	Function:          PRESSURE AND VACCUM NC         Model manuf./ID:         Generic/ILLUMINATED_P8         Footprint manuf./Type:	Help	Key = Space
		Hyperlink:		
Components: 17	Searching:			

### Schemat do symulacji:

![](_page_12_Figure_1.jpeg)

Przebiegi będą wyświetlane na oscyloskopie. Aby można było je odróżnić proszę zmienić kolor jednej z linii wejściowych oscyloskopu.

![](_page_13_Picture_1.jpeg)

Wyłączając i włączając przełączniki proszę zaobserwować sposób działania układów i zastanowić się z czego to wynika.

![](_page_14_Figure_1.jpeg)

Należy dodać żarówkę do schematu.

)atabase:	Component:	Symbol (ANSI)	OK
Master Database 💌	LAMP_VIRTUAL		
Group:	LAMP_VIRTUAL		Gose
🗵 Indicators 🔄			<u>S</u> earch
amily:		19 Y _ 19 (10	Detail Report
All Select all families		1	<u>M</u> odel
VOLTMETER		Function	Help
		Lamp	
PROBE			
LAMP			
		Model manuf./ID:	
BARGRAPH		IIT/VIR_LAMP	
		Footprint manuf./Type:	
		Hyperlink:	

![](_page_16_Figure_0.jpeg)

Proszę umieścić żarówkę na schemacie:

### Czy kondensator nadal "pamięta" napięcie po wyłączeniu przełącznika? Z czego wynika takie działanie obwodu?

![](_page_17_Figure_1.jpeg)

Aby zbadać dokładniej co się dzieje w obwodzie budujemy nowy schemat: •przełącznik wraz ze stałym napięciem zasilania zastąpiony jest rezystorem 10Ω i źródłem impulsowym PULSE\_VOLTAGE (biblioteka Sources/SIGNAL\_VOLTAGE\_SOURCES) – sposób działania jest identyczny jak poprzednio, przy czym obwód sam włącza i wyłącza zasilanie w zaprogramowany sposób.

•żarówka zastąpiona jest rezystorem 1k $\Omega$ 

![](_page_18_Figure_2.jpeg)

### Należy zmienić ustawienia źródła impulsowego:

	PULSE_VOLTAGE		×
	Label Display Value Fault Pins	Variant   U	ser Fields
	Initial Value:	0	V ÷
	Pulsed Value:	10	V ÷
	Delay Time:	10	msec 📩
	Rise Time:	1	nsec 📩
	Fall Time:	1	nsec 🕂
	Pulse Width:	100	usec 📩
	Period:	10	msec 🔅
	AC Analysis Magnitude:	1	- v 🗄
	AC Analysis Phase:	0	
	Distortion Frequency 1 Magnitude:	0	V 🕂
4 R3	Distortion Frequency 1 Phase:	0	•
	Distortion Frequency 2 Magnitude:	0	- v 🐳
(+)0 V 10 V	Distortion Frequency 2 Phase:	0	-
	Tolerance:	0	~ %
	Replace OK	Cancel	Info Help

Aby poprawnie zaobserwować sygnał na oscyloskopie należy odpowiednio ustawić opcje oscyloskopu (poprzednie zajęcia).

Proszę ustawić:

•Podstawa czasu (Timebase)

•Wzmocnienie w kanale A (Channel A)

•Synchronizacja (*Trigger*) – tryb normalny, oscyloskop jest wyzwalany kanałem A, poziom wyzwalania to 0.1V, sposób wyzwalania to zbocze narastające

Poprawnie ustawiona synchronizacja powinna zapobiec znikaniu i "płynięciu" sygnału na ekranie oscyloskopu.

	Channel_A Chan	nel_B	R	everse	•
T2-T1	annel A	Channel B	Trigger —	Save E	C
Scale     20 us/Div     Scale       X position     1     Y p       Y/T     Add     B/A     A/B     A	osition 0 9 C 0 DC ©	AC 0 DC - C	Edge <u></u> Level Type Sing	1• <u>+</u> A 0.1 ]. Nor. Au	V Jto None .;

23 Oscilloscope-XSC2 . 4 Channel\_A Channel\_B Time T1 Reverse 120.826 us 9.022 V T2 158.349 us 186.876 mV Ext. Trigger Save 37.523 us -8.835 V T2-T1 C Timebase Channel A Channel B Trigger Scale 20 us/Div Scale 5 V/Div \* Scale 5 V/Div Edge F Ł A B Ext Y position 0 Y position 0 1 X position Level 0.1 ٧ Type Sing, Nor. Auto None Y/T Add B/A A/B AC 0 DC -AC 0 DC 6

Przykładowe okno oscyloskopu poprawnej symulacji:

Aby sprawdzić jak kondensator wpływa na kształt sygnału proszę użyć kondensatora o regulowanej pojemności. Następnie zmienić na schemacie jego wartość na 10µF.

🛷 Select a Component			and the second second		
Database:	Component:	_	Symbol (ANSI)	OK	
Master Database 💌	350p	F			
Group:	30p			Gose	
Two Basic 💌	100p		50%	Search	
Family:	350p			Detail Report	
NON_LINEAR_TRANSF *			Save unique component on placement	<u>M</u> odel	
			Component type:	Help	
			<no type=""></no>		
SOCKETS					
SCH CAP SYMS					
-W- RESISTOR					
			Model manut./ID:		
INDUCTOR E					
-IE CAP_ELECTROLIT			Footprint manuf./Type:		
# VARIABLE_CAPACITO			<no footprint=""></no>		XSC2
VARIABLE_INDUCTOR			Generic / TRIM_CAP		
			Hyperlink:	-	
. m →					the second se
Components: 3	Searching:				<u></u>
			4 R3 V2 10Ω + 0 V 10 V πππτ 100usec 10msec 0	C2 10uF Key=	3 A 41% ≥1kΩ Ţ

Podczas symulacji proszę zaobserwować kształt przebiegu.

Gdy włączona jest symulacja można myszką przesuwać suwak zmiany pojemności kondensatora, lub żyć klawisza ,A' do zwiększania tej pojemności (*Key=A*). Im większa pojemność kondensatora tym zbocze narastające i opadające trwa ...

![](_page_23_Figure_2.jpeg)

Wyznaczanie czasu narastania **t**<sub>LH</sub> i opadania **t**<sub>HL</sub> zbocza sygnału oraz stałej czasowej RC – **T** Obwód będzie na zmianę ładował i rozładowywał kondensator. Układ pracuje w dwóch fazach:

1)Przełącznik *J1* jest włączony. Źródło ładuje kondensator poprzez rezystor *R2*. W tym czasie przełącznik *J2* jest wyłączony

2)Przełącznik J2 jest włączony. Kondensator jest rozładowywany poprzez rezystor R1. W tym czasie przełącznik J1 jest wyłączony.

Przełączniki pracują na zmianę – należy prze symulacją odpowiednio je ustawić, następnie w czasie symulacji zmieniać ich położenie za pomocą spacji.

![](_page_24_Figure_4.jpeg)

Należy zwrócić uwagę na odpowiednie ustawienie oscyloskopu (Timebase, Channel A, Trigger ) Wciskając spację oscyloskop automatycznie powinien wykryć zbocze narastające.

![](_page_25_Figure_1.jpeg)

**t**<sub>LH</sub>,**t**<sub>HL</sub> - czas opadania (narastania) jest to czas potrzebny na to aby wartość sygnału spadła (wzrosła) od 90% do 10% .

W naszym przypadku sygnał zmienia się od 12V do 0V. Kursory ustawiamy w pozycjach 10,8V i 1,2V (rysunek). Z oscyloskopu można bezpośrednio odczytać różnicę w czasie. Stąd:  $t_{HL} = 21.886ms$ 

![](_page_26_Figure_2.jpeg)

Stałą czasowa obwodu rozładowującego kondensator jest równa:  $\tau = R_1 C_1 = 10 \text{k} \ 1 \mu = 10 \text{ms}$ Aby odczytać ją z przebiegu należałoby poprowadzić styczną do przebiegu w dowolnym punkcie i zmierzyć czas między tym punktem a przecięcie się stycznej w tym wypadku z OV. Przyjmuje się zależność:  $t_{HL} \approx 2.2 \ \tau$ 

Wyznacz czas zbocza narastającego i stałą czasową obwodu ładującego kondensator

![](_page_27_Figure_2.jpeg)

### Pomiar prądu

Pomiar prądu za pomocą oscyloskopu można dokonać używając specjalnej sondy pomiarowej. Sonda prądowa obejmuje kabel, w którym mierzymy prąd. Każdy przepływ prądu generuje fale elektromagnetyczną, która jest wykrywana przez sondę pomiarową:

![](_page_28_Figure_2.jpeg)

Na oscyloskopie mierzymy wartość napięcia generowanego przez sondę. Aby przeliczyć napięcie na prąd należy odczytać stosunek napięcia do prądu z sondy. Domyślnie jest on ustawiony na 1V/mA

![](_page_29_Figure_1.jpeg)

Proszę przyjrzeć się wynikom symulacji – przypominam o odpowiednim ustawieniu oscyloskopu.

Jaka jest zależność między napięciem na kondensatorze a prądem płynącym przez kondensator? Jaką operację matematyczną przypomina ta zależność?

![](_page_30_Figure_2.jpeg)

Proszę wyznaczyć maksymalną chwilową wartość prądu jaki płynie przez kondensator (należy odczytać stosunek napięcia do prądu dla sondy prądowej oraz skalę podziałki w odpowiednim kanale).

![](_page_31_Figure_1.jpeg)

Pomiar prądu – zadanie.

Dobierz tak wartość rezystora i kondensatora, aby prąd w obwodzie zawsze płynął – nigdy nie spadał do zera.

Jak powinno wyglądać napięcie na kondensatorze w takim przypadku?