

Nume student(ă): Iordache Madalina Gabriela

Grupă: 323CA

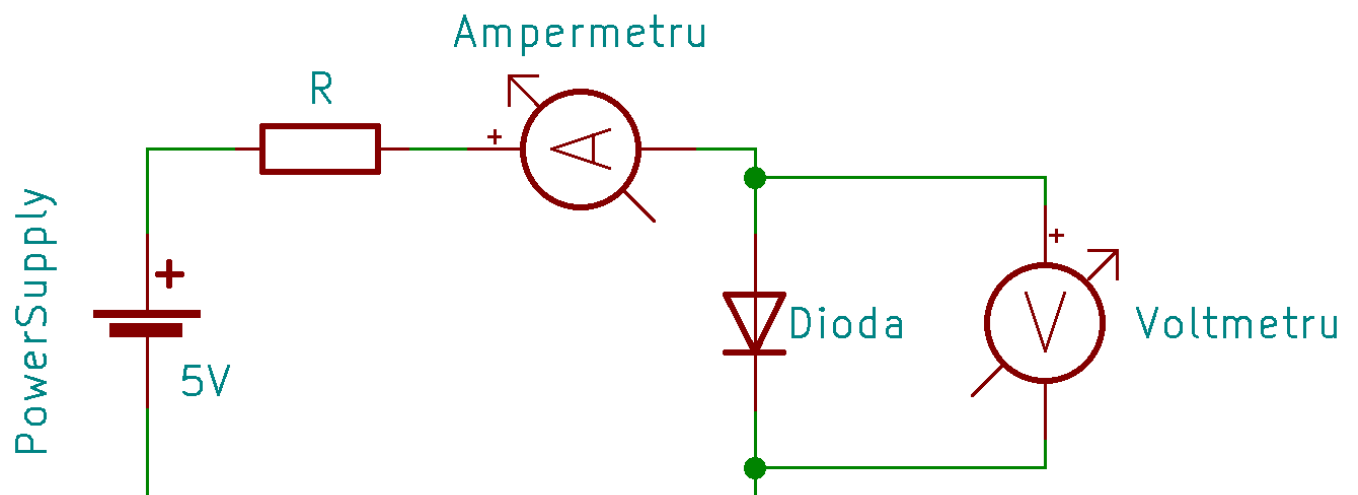
Semigrupă (I sau II): I

Electronică Analogică

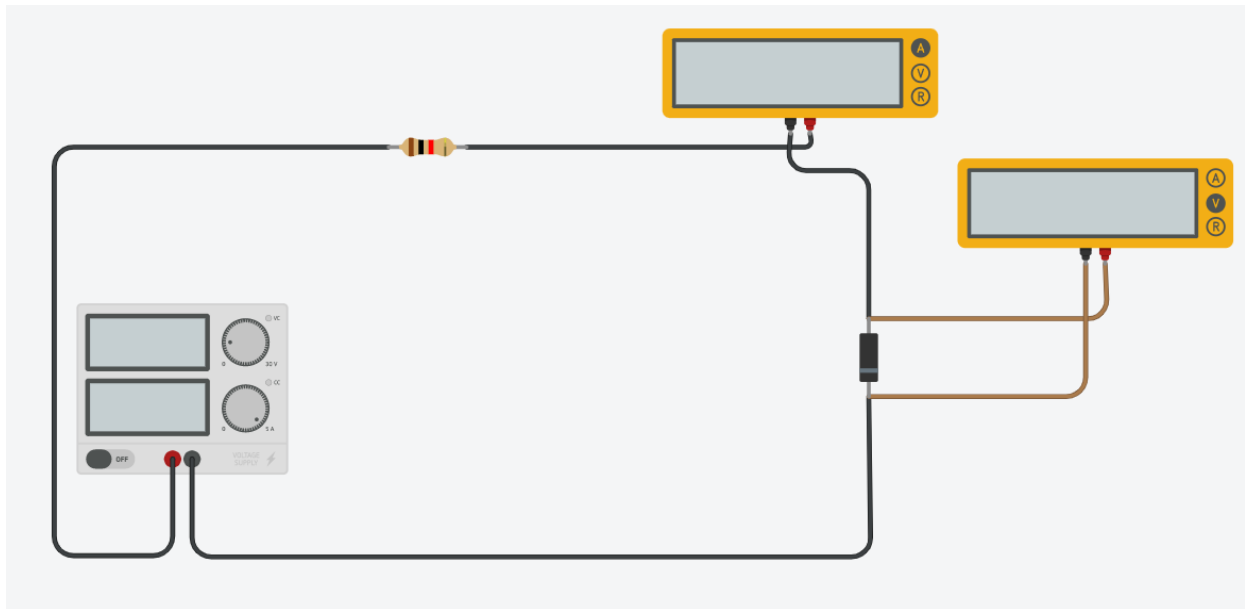
Laboratorul 2 – Dioda semiconductoare

Aplicații și simulări

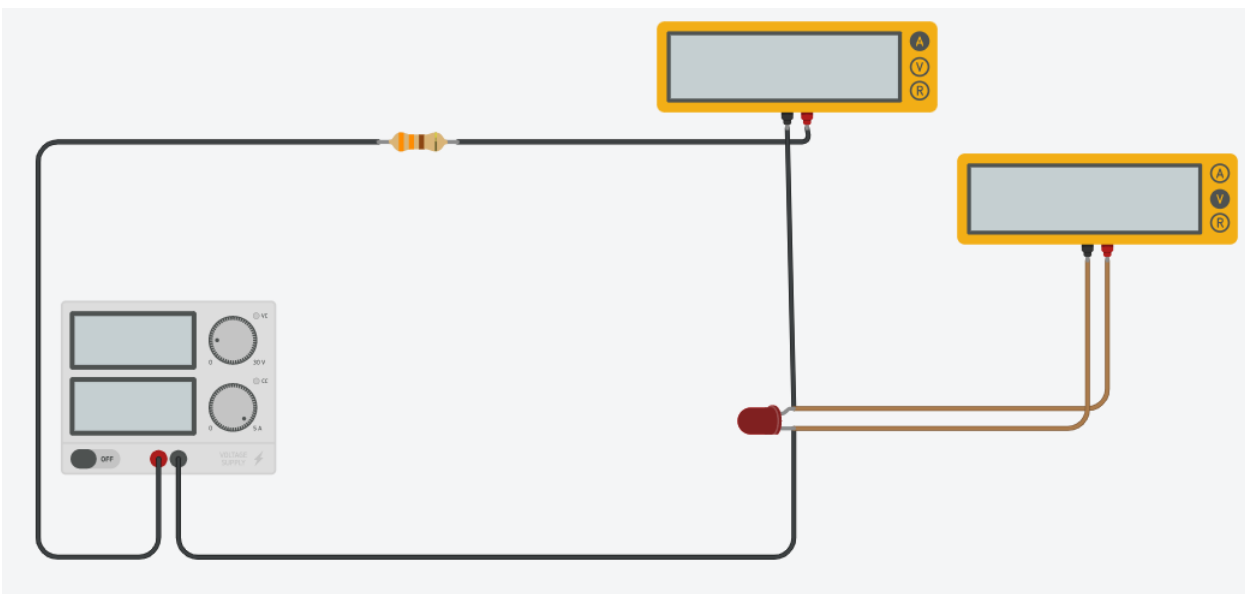
- A. Determinarea caracteristicii diodei de siliciu: În TinkerCad cel mai ușor de studiat caracteristica de polarizare directă a diodei semiconductoare este prin realizarea unui circuit simplu, ce conține o sursă de tensiune de laborator, o rezistență de limitare a curentului prin diodă, un ampermetru pentru măsurarea curentului prin diodă (sau un LED) și un voltmetru pentru măsurarea căderii de tensiune pe diodă.
- a. [1p] Implementați în TinkerCad următoarea schemă. **Atașați printscreen cu circuitul.**



Circuitul cu dioda:



Circuitul cu LED:



- b. **[1p]** Reglați sursa de laborator la tensiunea de 5V. Pentru cel puțin următoarele valori ale rezistenței R, măsurați intensitatea curentului electric prin diodă (și apoi înlocuiți-o cu un LED și refaceți măsurătorile) și căderea de tensiune la bornele diodei. Notați valorile obținute în tabelul următor și trasați caracteristica Curent-Tensiune ($I_d(U_d)$) pentru diodă și pentru LED (două grafice) într-un soft specializat (Excel, GNUPlot, Octave, Matlab, etc.). $R=[1M, 300K, 100K, 30K, 10K, 3K3, 2K2, 1K, 820\text{ ohm}, 470\text{ ohm}, 330\text{ ohm}]$. Pentru diodă folosiți componenta din TinkerCad numită **Diode** (nu Zener Diode).

Nr. Măsurătoare	I diodă (mA)	U diodă (mV)	I Led (mA)	U Led (mV)
1	0.00	396	0.00	$1.55 \cdot 10^3$
2	$15.2 \cdot 10^{-3}$	427	$11.3 \cdot 10^{-3}$	$1.61 \cdot 10^3$
3	$45.5 \cdot 10^{-3}$	455	$33.4 \cdot 10^{-3}$	$1.66 \cdot 10^3$
4	$150 \cdot 10^{-3}$	486	$109 \cdot 10^{-3}$	$1.72 \cdot 10^3$
5	$449 \cdot 10^{-3}$	514	$323 \cdot 10^{-3}$	$1.77 \cdot 10^3$
6	1.35	542	$963 \cdot 10^{-3}$	$1.82 \cdot 10^3$
7	2.02	553	1.43	$1.84 \cdot 10^3$
8	4.43	573	3.11	$1.89 \cdot 10^3$
9	5.39	578	3.78	$1.90 \cdot 10^3$
10	9.39	592	6.50	$1.94 \cdot 10^3$
11	13.3	601	9.16	$1.98 \cdot 10^3$

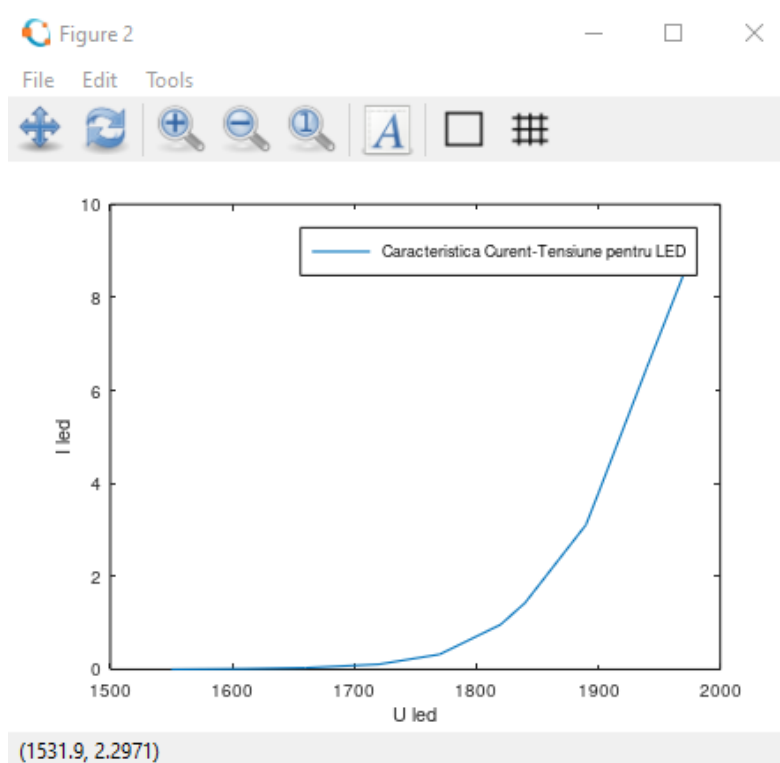
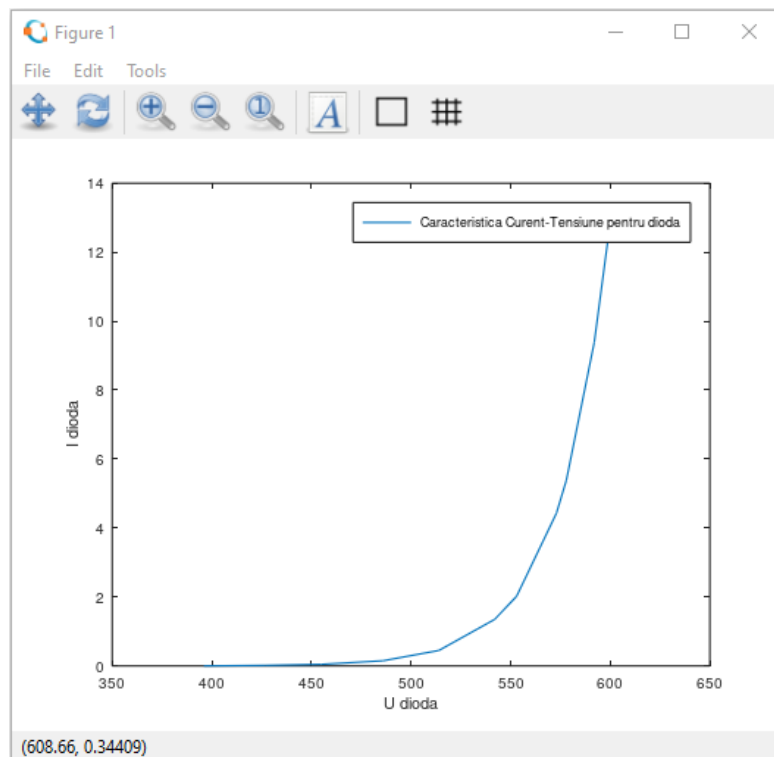
Am trasat caracteristica Curent-Tensiune ($I_d(U_d)$) pentru diodă și pentru LED (două grafice) în Octave astfel:

```

1 function retval = testttt ()
2     % pentru dioda
3
4     Id = [0, 15.2 * 10^(-3), 45.5 * 10^(-3), 150 * 10^(-3), ...
5     449 * 10^(-3), 1.35, 2.02, 4.43, 5.39, 9.39, 13.3];
6     Ud = [396, 427, 455, 486, 514, 542, 553, 573, 578, 592, 601];
7
8     figure (1);
9     plot(Ud, Id);
10    xlabel ("U dioda");
11    ylabel ("I dioda");
12    legend("Caracteristica Curent-Tensiune pentru dioda");
13
14    % pentru led
15
16    Il = [0, 11.3 * 10^(-3), 33.4 * 10^(-3), 109 * 10^(-3), ...
17    323 * 10^(-3), 963 * 10^(-3), 1.43, 3.11, 3.78, 6.50, 9.16];
18    U1 = [1.55 * 10^3, 1.61 * 10^3, 1.66 * 10^3, 1.72 * 10^3, ...
19    1.77 * 10^3, 1.82 * 10^3, 1.84 * 10^3, 1.89 * 10^3, 1.90 * 10^3, ...
20    1.94 * 10^3, 1.98 * 10^3];
21    figure (2);
22    plot(U1, Il);
23    xlabel ("U led");
24    ylabel ("I led");
25    legend("Caracteristica Curent-Tensiune pentru LED");
26 endfunction

```

S-au generat urmatoarele doua grafice:



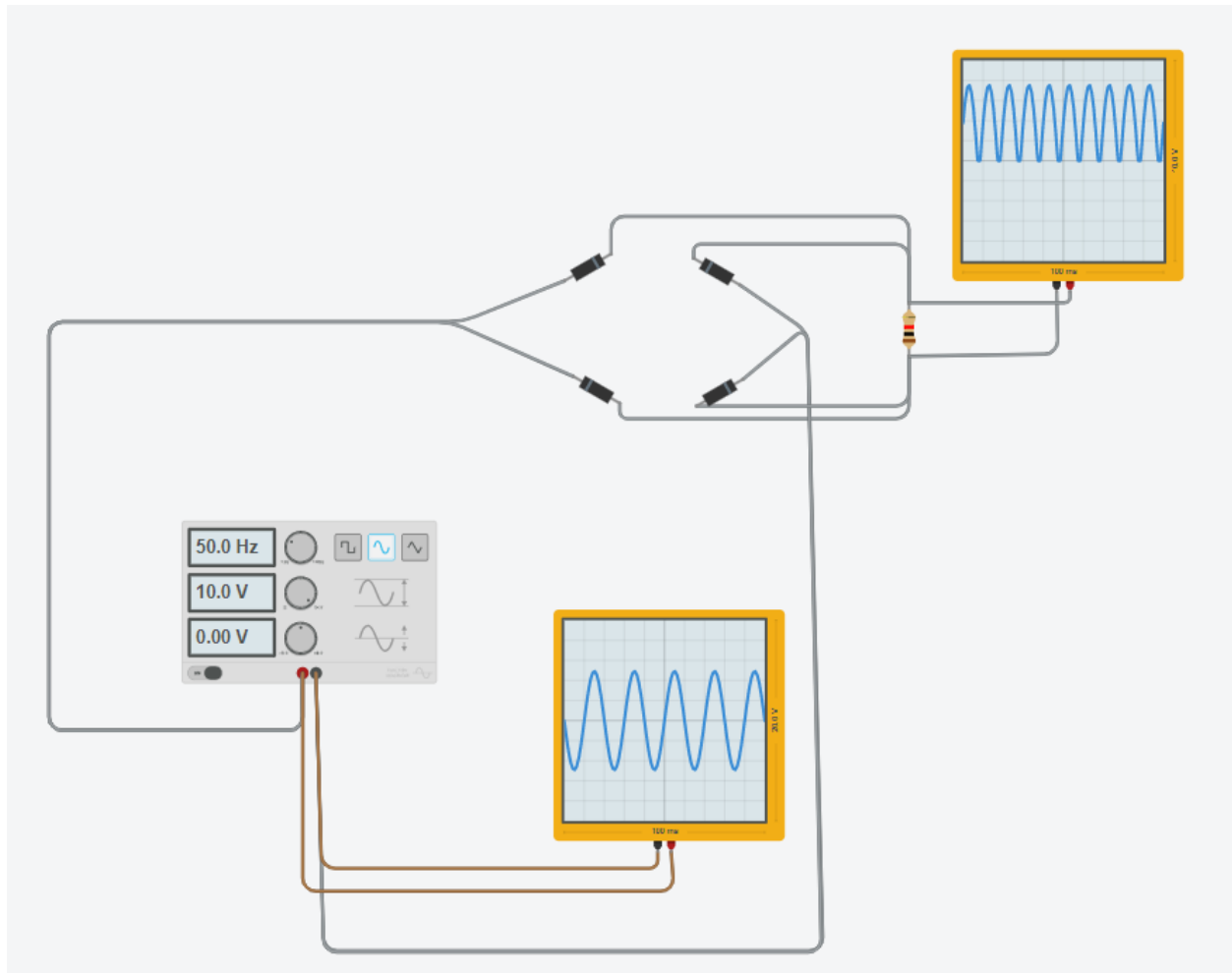
- c. **[1p]** Comparați graficul obținut pentru dioda simplă cu cele 3 modele simplificate ale diodei din îndrumar. Cu care dintre modele se aseamănă cel mai mult caracteristica diodei simulate? Pentru circuite cu tensiuni mari (nu ne referim la circuitul nostru de mai sus), unde dioda are rol de blocare sau de conducție, care dintre cele 3 modele simplificate poate aproxima cel mai bine comportamentul diodei? Motivați răspunsul în 2-3 rânduri.

Din punct de vedere al caracteristicii curent-tensiune, pe lângă modelul matematic real al diodei, mai sunt utilizate 3 modele simplificate (ideale) ale diodei, care se apropie mai mult sau mai puțin de modelul real: dioda ideală fără cadere de tensiune, dioda ideală cu o cadere de tensiune de valoare fixă, dioda ideală cu limita a tensiunii de deschidere și caracteristica rezistivă.

Graficul obținut pentru dioda simplă se aseamănă cel mai mult cu modelul pentru dioda ideală fără cadere de tensiune, deoarece tensiunea diodei este neglijabilă comparativ cu tensiunea furnizată de sursă.

B. Studiarea comportamentului redresorului bi-alternanță:

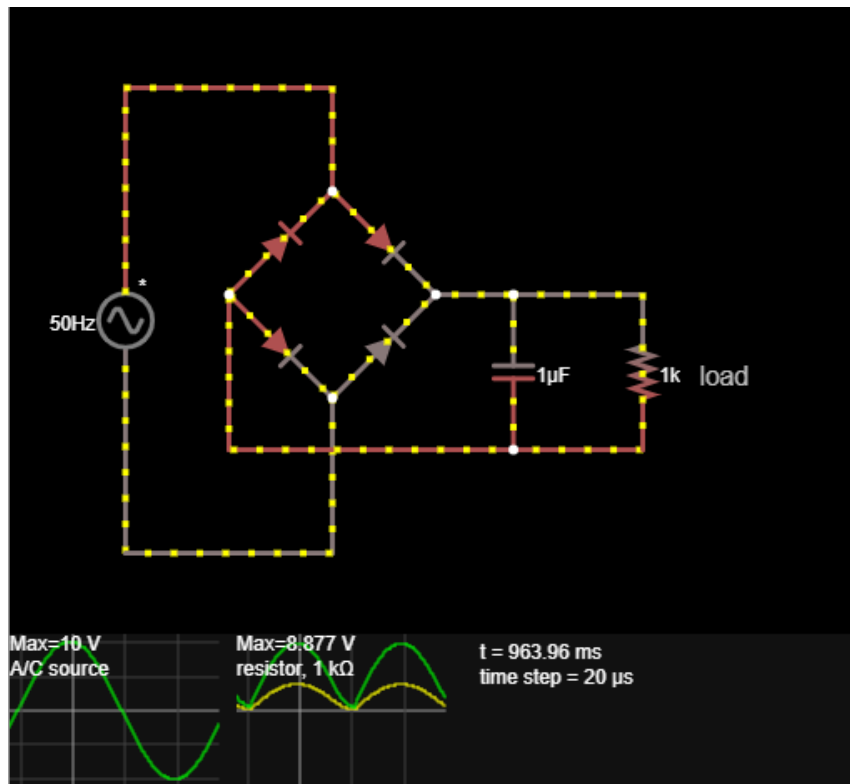
- a. **[2p]** Folosind instrumentul **Function Generator** din TinkerCad implementați redresorul bi-alternanță (Figura 15 din îndrumar). Pentru o amplitudine V_{pp} de 10V (și Offset = 0V) a generatorului de semnal și o frecvență a semnalului de 50Hz, observați forma semnalului de la ieșire pentru o sarcină $R=1k$. Plasați în circuit un osciloscop pentru a analiza forma semnalului la bornele generatorului de semnal și unul pentru a analiza forma semnalului la ieșire (pe rezistența de sarcină). Osciloscopul se conectează în paralel cu elementul pe care vrem să măsurăm tensiunea și să observăm forma semnalului (similar cu voltmetrul). Ajustați parametrul **Time Per Division** al osciloscopului astfel încât să cuprindeți pe ecran mai multe alternanțe ale semnalului (vă puteți inspira și din tutorialele prezente pe Moodle referitoare la TinkerCad și aparatura de laborator). **Atașați printscreen cu circuitul în care să se observe forma semnalului pe osciloscop.**



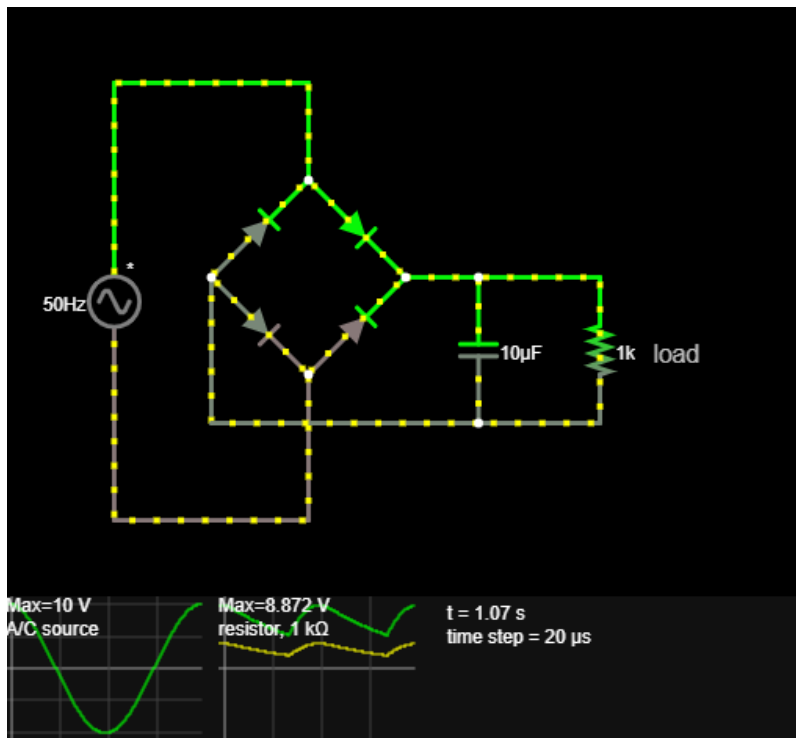
- b. **[1p]** Completați schema cu un condensator de filtrare. Utilizați valori de 1uF, 10uF, 100uF și 1000uF pentru acesta. Ce observați referitor la valoarea riplului de pe sarcină (zgomot/forma semnalului de pe sarcină) pentru diferitele valori ale condensatorului? (răspuns scurt). **După fiecare modificare a valorilor componentelor (în special a condensatorului) opriți și reporniți simularea pentru a se aplica modificarea. Atașați printscreen-uri cu circuitul în care să se observe forma semnalului pe osciloscop. Atenție! Dacă întâmpinați probleme cu Tinkercad la această simulare sau preferați utilizarea simulatorului Falstad, puteți folosi circuitul de aici: <https://www.falstad.com/circuit/e-fullrectf.html> . Păstrați parametrii deja configurați în Falstad pentru sursa de semnal și rezistența de sarcină, modificați doar valoarea condensatorului.**

Am simulat în Falstad circuitul caruia i-am adăugat un condensator de filtrare.

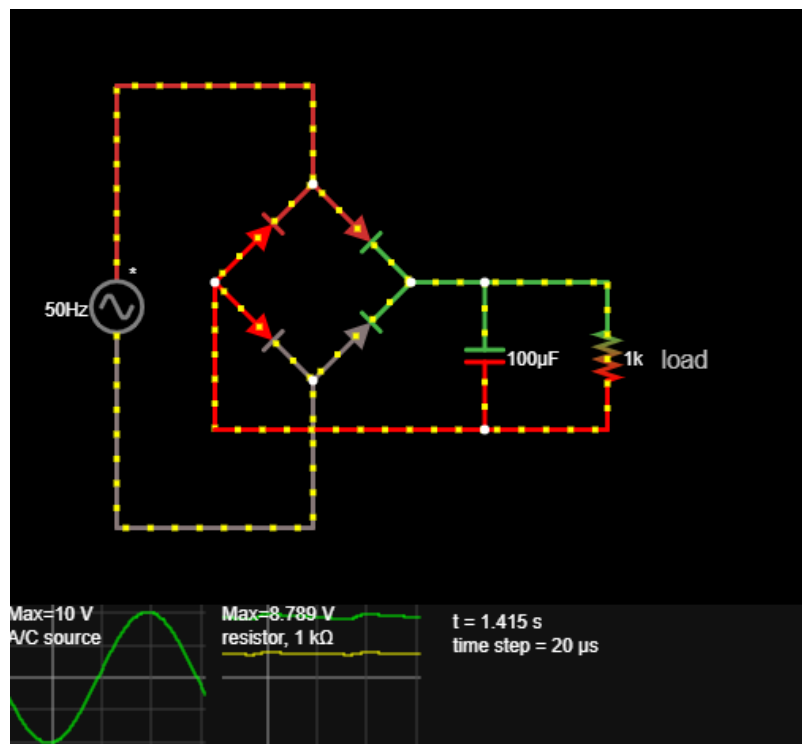
Pentru condensatorul cu capacitatea de 1uF:



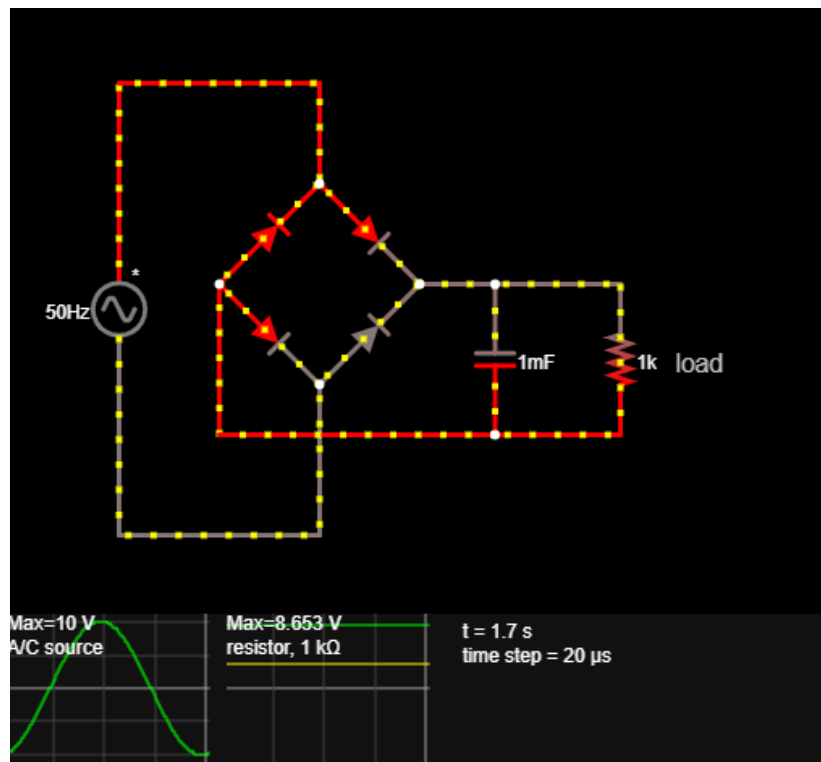
Pentru condensatorul cu capacitatea de 10 μ F:



Pentru condensatorul cu capacitatea de 100 μ F:



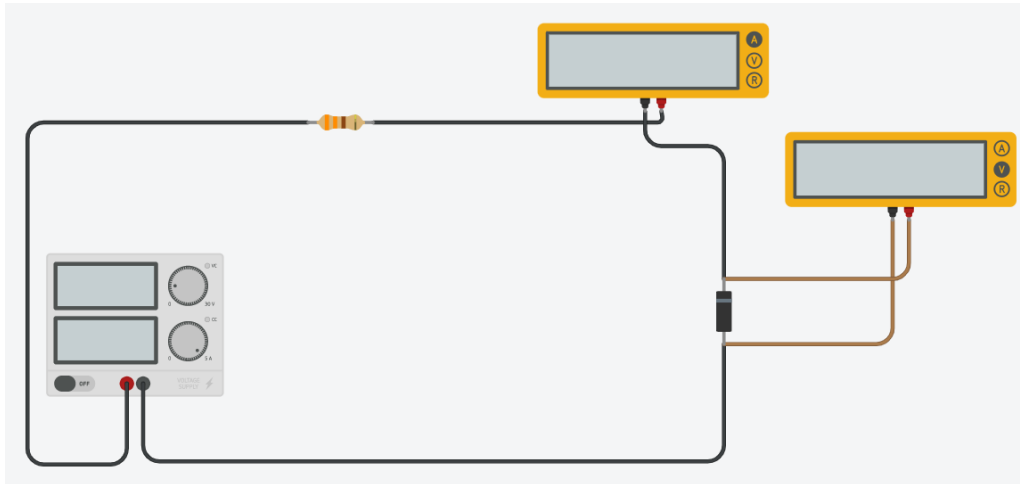
Pentru condensatorul cu capacitatea de 1000uF:



Referitor la valoarea riplului de pe sarcină (zgomot/forma semnalului de pe sarcină) pentru diferitele valori ale condensatorului, observăm ca pe măsura de capacitatea condensatorului crește, forma semnalului pe osciloscop tinde să se liniarizeze.

C. Studiul comportamentului diodei Zener:

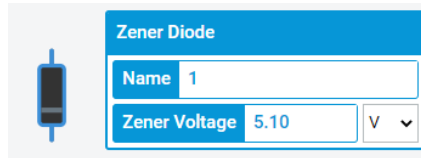
- a. **[1p]** Realizați un circuit pentru a analiza comportamentul diodei Zener (**Zener Diode în TinkerCad**) folosind o sursă de tensiune reglabilă (**Power Supply**), o rezistență de limitare a curentului de 10K, un voltmetru pentru a măsura căderea de tensiune de pe diodă și un ampermetru pentru a măsura intensitatea curentului electric prin diodă (**circuit identic cu cel de la exercițiul 1, doar că folosim o diodă Zener pe care o polarizăm invers!**). Atașați printscreen cu circuitul.



- b. **[1p]** Reglați sursa de tensiune la diferite valori din intervalul [1..15V] în pași de 1V (din potențiometru sau click pe ea și setat valoarea în popup). Măsurați curentul prin diodă și căderea de tensiune pe diodă (dioda fiind polarizată invers, atât curentul cât și tensiunea, din punct de vedere al polarizării normale a diodei se consideră negative (chiar dacă pe voltmetru sunt afișate cu semnul +). Completați următorul tabel cu datele măsurate.

Nr. Măsurătoare	I (mA)	U (mV)
1	0	1000
2	0	2000
3	0	3000
4	0	4000
5	0	4990
6	0.09	5100
7	0.19	5120
8	0.28	5140
9	0.385	5150
10	0.484	5160
11	0.583	5170
12	0.682	5180
13	0.781	5190
14	0.880	5200
15	0.979	5210

- c. [1p] Care este tensiunea la care dioda începe să se străpungă? (să permită curentului să treacă prin circuit, chiar dacă este polarizată invers – comparați valoarea descoperită din măsurători cu cea din câmpul **Zener Voltage** al ferestrei popup de parametrizare din TinkerCad)

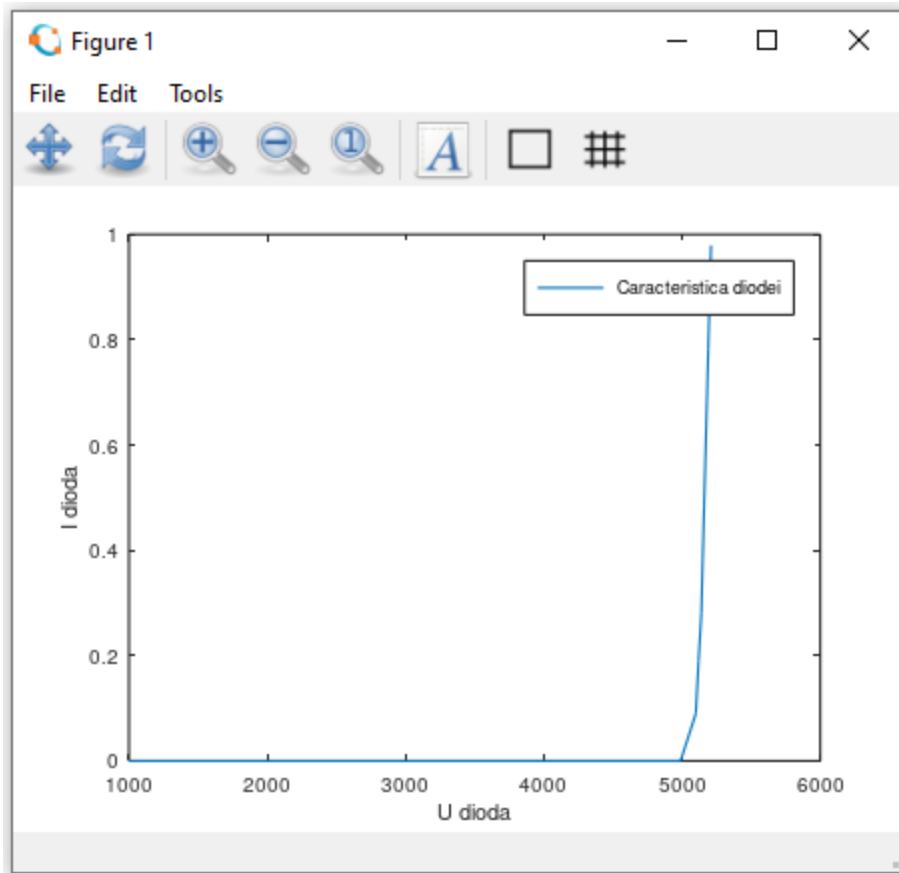


Dioda începe să se străpungă (să permită curentului să treacă prin circuit, chiar dacă este polarizată invers) la o tensiune de 5-5.1V, aproximativ egală cu cea din câmpul **Zener Voltage** al ferestrei popup de parametrizare din TinkerCad.

- d. [1p] Folosind valorile măsurate, trasați graficul caracteristicii inverse $I(U)$ și observați ce se întâmplă în zona de străpungere. Ce putem spune despre tensiunea pe diodă pentru diferitele valori ale curentului? Care este variația tensiunii pe diodă comparativ cu variația tensiunii dată de sursa de alimentare? Cât este valoarea măsurată a curentului pentru tensiuni generate de sursă mai mici decât tensiunea de străpungere a diodei Zener? (U_z)

Am trasat caracteristica inversa $I(U)$ pentru diodă în Octave astfel:

```
test.m x testtt.m x
1 function retval = testtt ()
2     % caracteristica diodei
3     I = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.09, 0.19, 0.28, 0.385, 0.484, ...
4         0.583, 0.682, 0.781, 0.880, 0.979];
5     U = [1000, 2000, 3000, 4000, 4990, 5100, 5120, 5140, ...
6         5150, 5160, 5170, 5180, 5190, 5200, 5210];
7
8     figure (1);
9     plot(U, I);
10    xlabel ("U dioda");
11    ylabel ("I dioda");
12    legend("Caracteristica diodei");
13
14 endfunction
```



Ce putem spune despre tensiunea pe diodă pentru diferitele valori ale curentului?

Pentru diferitele valori ale curentului, tensiunea pe dioda variaza in jurul valorii de 5-5.1V.

Care este variația tensiunii pe diodă comparativ cu variația tensiunii dată de sursa de alimentare?

Variația tensiunii pe diodă este mult mai mica fata de variația tensiunii dată de sursa de alimentare.

Cât este valoarea măsurată a curentului pentru tensiuni generate de sursă mai mici decât tensiunea de străpungere a diodei Zener? (U_z)

Valoarea măsurată a curentului pentru tensiuni generate de sursă mai mici decât tensiunea de străpungere a diodei Zener (5.1V) este de 0mA.