

Gruppo 10

Marchesini Davide - Matricola 2009840 - Email davide.marchesini@studenti.unipd.it

Travali Davide - Matricola 2008630 - Email davide.travali@studenti.unipd.it

ANALISI DI CIRCUITI CONTENENTI UN DIODO

Per l'esperienza si sono analizzati tre circuiti contenenti un diodo del tipo 1N4148

CIRCUITO 1

Lo schema del primo circuito analizzato è :

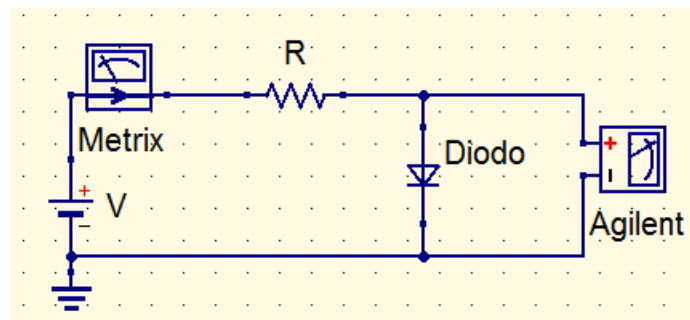


Figura 1: Schema circuito 1.

Tramite multimetro Metrix si è misurato il valore della corrente che circola nel circuito e tramite multimetro Agilent il valore della differenza di potenziale ai capi del diodo, ottenendo:

$I_d (\mu A)$	I_{fs}	$V_d(mV)$	V_{fs}
1.01	1000.00	288.7	600.0
2.02	1000.00	322.2	600.0
3.31	1000.00	346.0	600.0
4.21	1000.00	357.0	600.0
19.5	1000.00	426	600.0
32.13	1000.00	448.7	600.0
35.28	1000.00	452.3	600.0
40.93	1000.00	458.7	600.0
48.85	1000.00	466.9	600.0
63.15	1000.00	478.1	600.0

Tabella 1: Corrente nel circuito, tensione ai capi del diodo e relativo fondo scala

Dalla teoria sappiamo che deve valere la legge:

$$I_d = I_s \exp\left(\frac{V_d}{nV_t}\right) \quad (1)$$

con I_s la corrente di saturazione e n un parametro che racchiude molteplici informazioni sul diodo. Nella nostra analisi dati abbiamo considerato gli errori su I_d dati dall'espressione:

$$\sigma_{I_d} = \sqrt{(0.1\%L \cdot 0.54)^2 + (15D \cdot 0.54)^2} \quad (2)$$

e similmente gli errori su V_d dati da:

$$\sigma_{V_d} = \sqrt{(0.7\%L \cdot 0.54)^2 + (3D \cdot 0.54)^2} \quad (3)$$

ove L è il valore misurato dallo strumento e D la sua risoluzione, i fattori moltiplicativi sono tabellati in base al fondo scala utilizzato.

Tramite fit lineare $y = mx + q$ con in ascisse il valore di V_d ed in ordinate il corrispondente valore di $\ln(I_d)$ si sono ottenuti i valori:

$$m = 0.02211 \pm 0.00008[1/mV] \quad (4)$$

$$q = -6.49 \pm 0.03 \quad (5)$$

Di conseguenza devono valere:

$$I_s = e^q \quad (6)$$

$$n = \frac{1}{V_t m} \quad (7)$$

con $V_t = 26\text{mV}$

Si sono ottenuti allora i risultati:

$$I_s = 1.52 \pm 0.05 nA \quad (8)$$

$$n = 1.740 \pm 0.006 \quad (9)$$

In particolare, nel fit si ha un indice di correlazione di 0.98, che conferma la linearità cercata e quindi la formula (1). I grafici ottenuti sono:

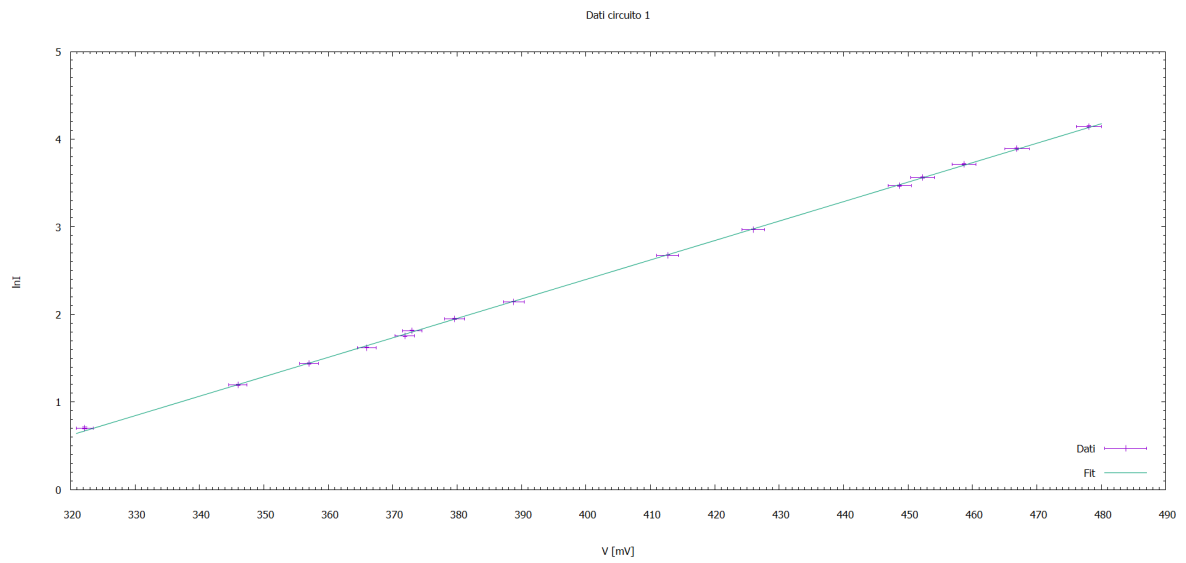


Figura 2: Fit lineare $y = mx + q$

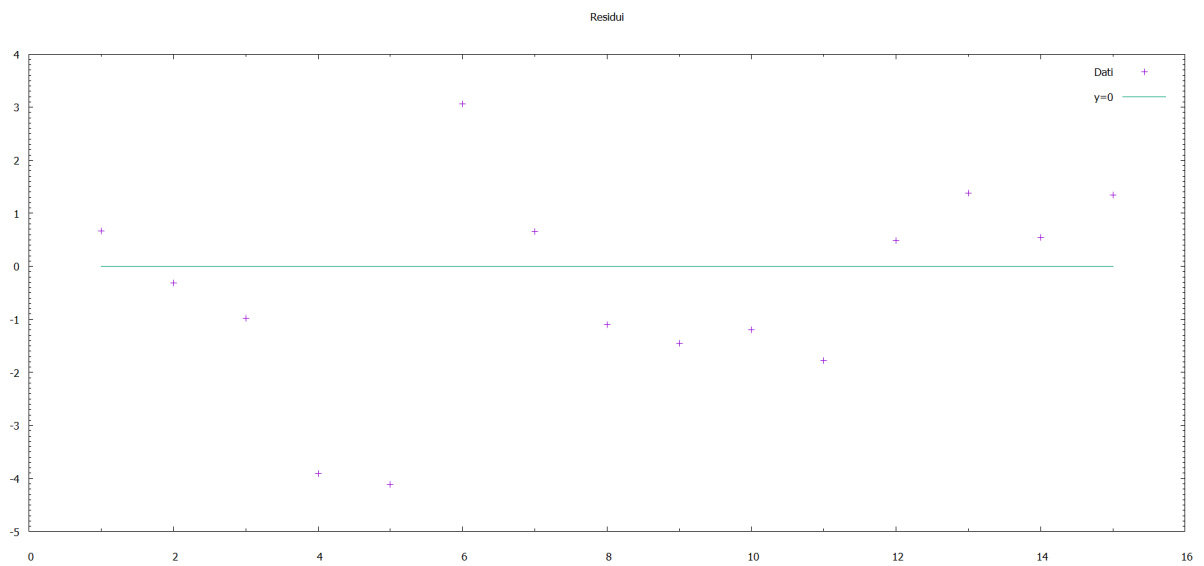


Figura 3: residui fit

Ove la figura (3) rappresenta il grafico dei residui del fit lineare effettuato. In particolare, risulta che due misure siano distanti 3 unità dalla retta interpolante. Nonostante questo discostamento, la correlazione viene ottima, anche grazie ai restanti dati. Di conseguenza, i due valori rientrano nella precisione della nostra stima.

CIRCUITO 2

Per il secondo circuito schematizzato come:

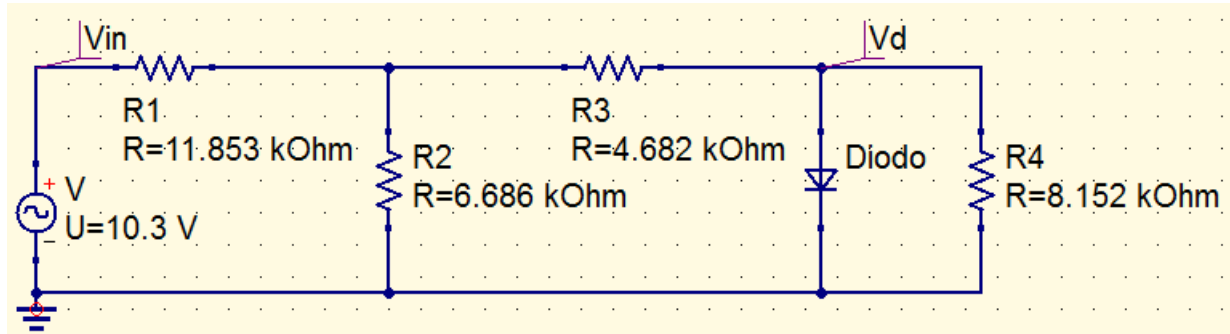


Figura 4: Schema circuito 2.

Abbiamo misurato i valori in ingresso della nostra curva sinusoidale: $V_{inpp} = 20.6 \pm 0.4V$ e $f = 100Hz$. Le resistenze misurate con il Metrix hanno valori riportati in tabella 2.

	$R(k\Omega)$	$\sigma_R(k\Omega)$
R_1	11.853	0.006
R_2	6.686	0.005
R_3	4.682	0.005
R_4	8.152	0.005

Tabella 2: Misure componenti resistive, fondo scala $R_1 : 100k\Omega$, per $R_2; R_3, R_4 : 10k\Omega$.

Con incertezze stimate come:

$$\sigma_R = \sqrt{(0.07\%L \cdot 0.54)^2 + (8D \cdot 0.54)^2} \quad (10)$$

A questo punto sono stati presi 5 punti delle due forme d'onda: in ingresso e ai capi del diodo; grazie al cursore dell'oscilloscopio:

$V_i(V)$	V/div	$V_d(mV)$	V/div
10.4	5	560	1
2.6	5	400	1
-10.0	5	-1760	1
2.6	5	360	1
-3.6	5	-680	1

Tabella 3: V_i e V_d con cursori oscilloscopio

La stima di V_{on} dai dati raccolti tramite oscilloscopio risulta essere: $V_{onos}=(0.560\pm0.05)V$ con incertezza stimata come:

$$\sigma_{V_{on}} = \sqrt{(0.015 * V/div * V_d(V))^2 + (0.04 * V_d(V))^2} \quad (11)$$

stimata puntualmente tramite cursore dalla figura 5.

Tramite il software LTSpice V_{on} risulta $V_{onSp} = 0.52V$ considerato come valore massimo ai capi del diodo.

La differenza tra i due V_{on} può essere causata dalla basetta millefori utilizzata in laboratorio, che può influire sulla resistenza totale: ogni pin, infatti, comporta una resistenza intrinseca normalmente trascurabile. L'aver utilizzato molti pin per la realizzazione del circuito, può aver influenzato a tal punto da alterare la differenza di potenziale ai capi del diodo. Questo contributo andrebbe poi tolto/aggiunto dalla stima di V_{on} tramite dati raccolti.

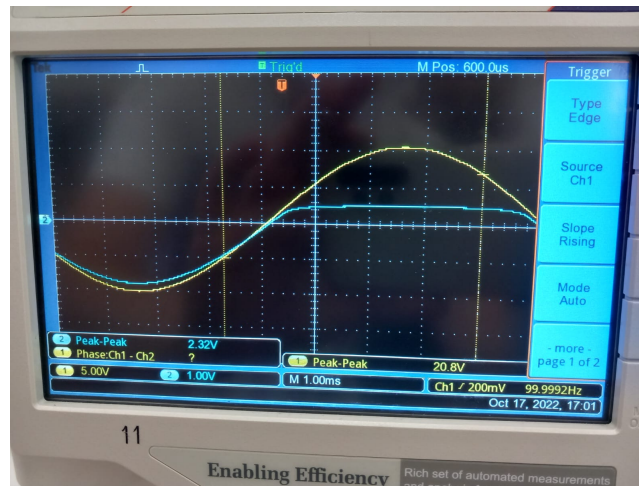


Figura 5: foto oscilloscopio V_i (giallo), V_d (blu).

Abbiamo scaricato i nostri dati tramite la porta USB dell'oscilloscopio e li abbiamo sovrapposti a quelli teorici di LTSpice ricavandoci la figura 6

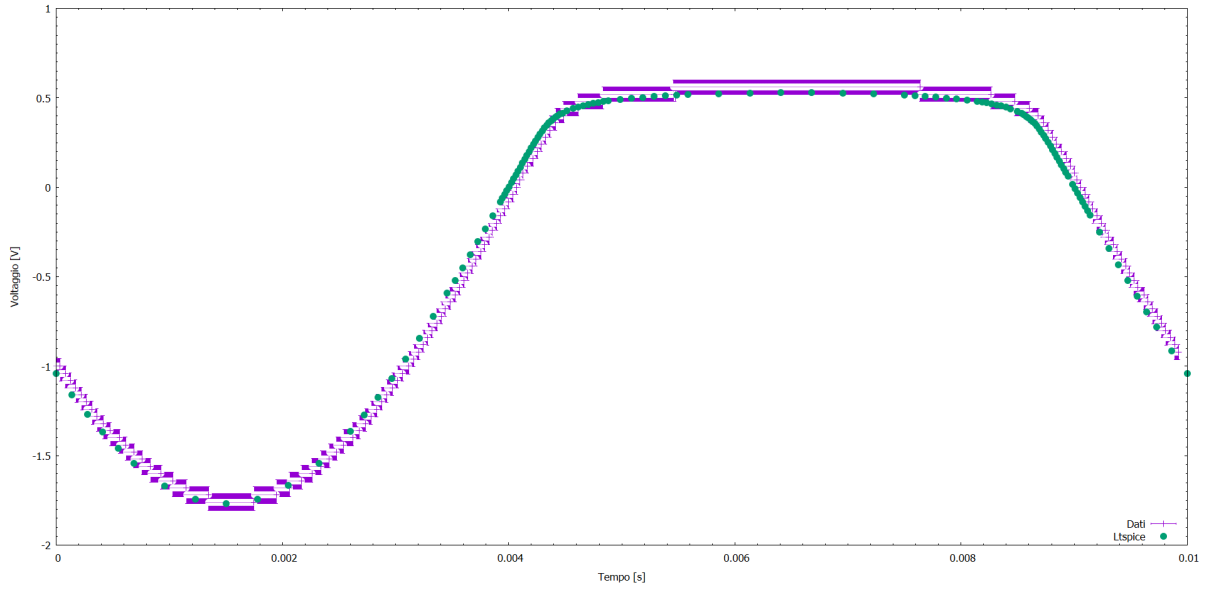


Figura 6: In viola i nostri dati con le loro incertezze e in verde i dati ricavati da LTspice

Si può osservare come i dati raccolti seguano l'andamento della simulazione

Successivamente, tramite modalità RAMP si è analizzato il valore di V_i e di V_d con l'oscilloscopio.

Per la curva VTC si sono presi i seguenti dati:

V_i (V)	t_i (ms)	V/div μ s/div	V_d (mV)	V/div
0	-1.0	5 1000	-40	1
2.6	320	5 1000	400	1
6.6	2.240	5 1000	520	1
9.4	3.68	5 1000	560	1
-9.6	4.32	5 1000	-1720	1
-8.2	5	5 1000	-1440	1
-3.8	7.24	5 1000	-680	1
-2	8.08	5 1000	-400	1
-0.2	8.92	5 1000	-800	1
3.6	10.76	5 1000	440	1

Tabella 4: Valori d'interesse onda RAMP

Tramite i dati scaricati da oscilloscopio, abbiamo proceduto a sovrapporre questi ultimi con i dati previsti ottenuti con il software LTSpice, ottenendo:

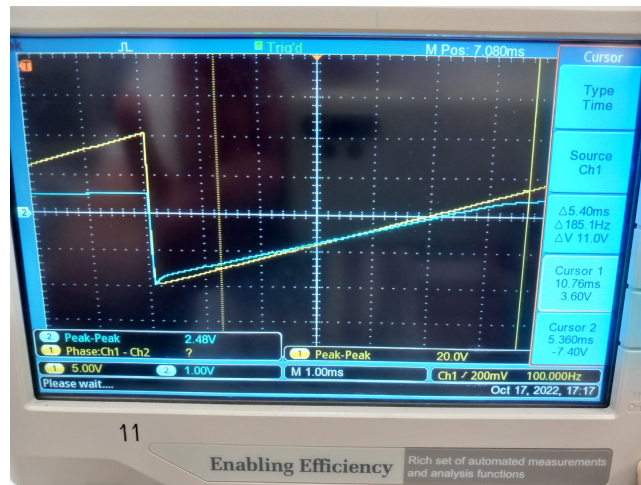


Figura 7: foto oscilloscopio Vi (giallo), Vd (blu) segnale RAMP.

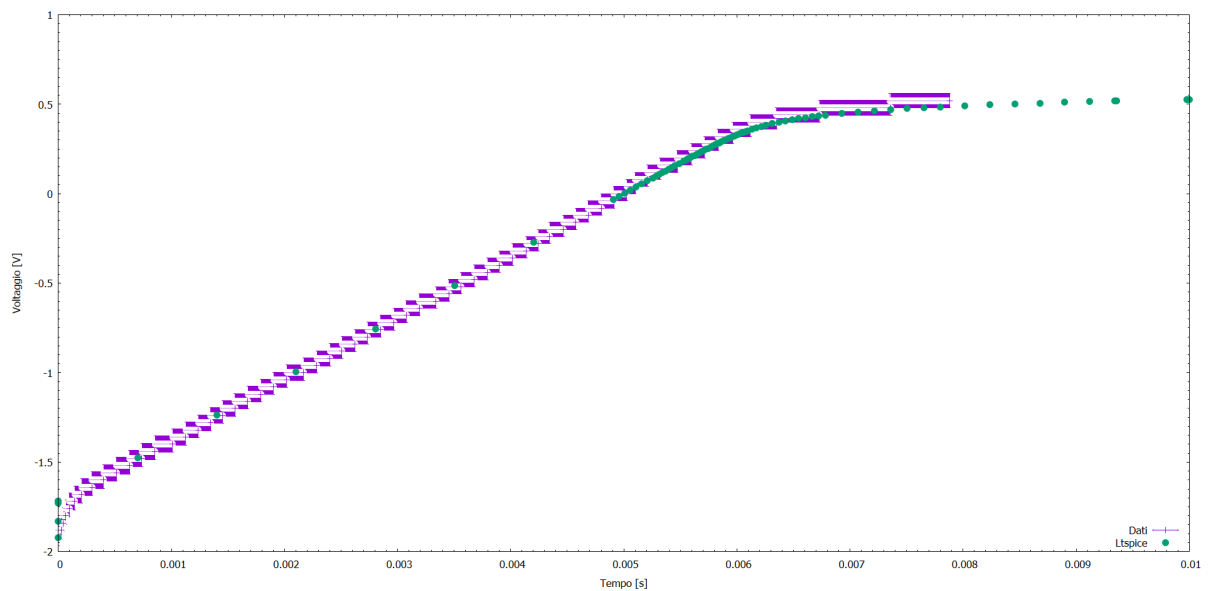


Figura 8: Grafico del potenziale ai capi del diodo in funzione del tempo, LTSpice(verde) e dati raccolti(viola).

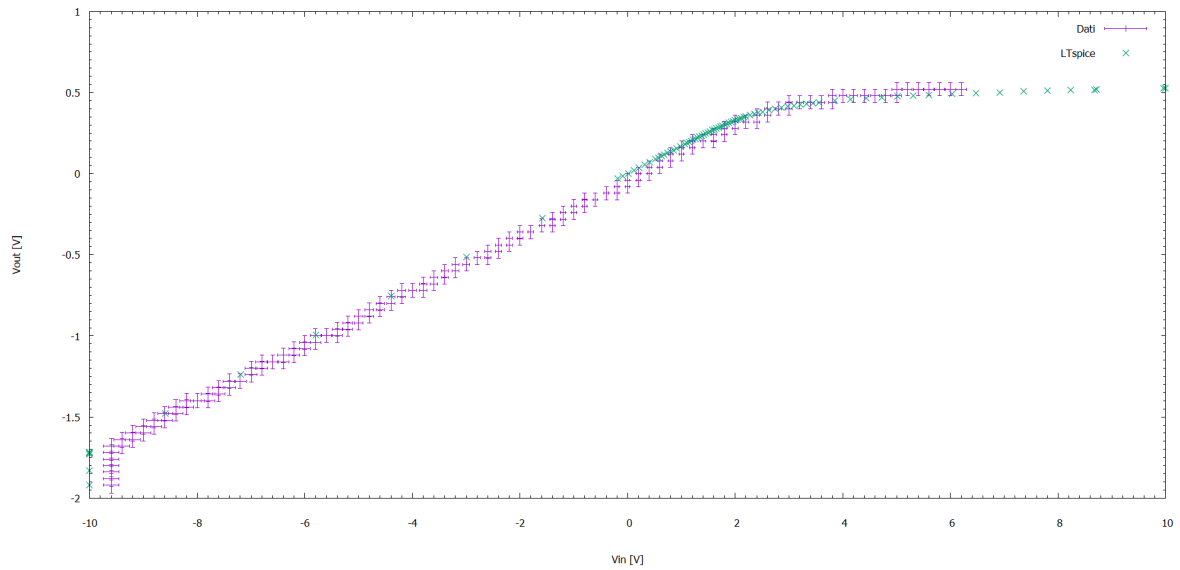


Figura 9: Grafico del potenziale ai capi del diodo in funzione del potenziale in ingresso, LTSpice(verde) e dati raccolti(viola)

Tramite una stima visiva si può dichiarare che i dati raccolti concordano con i dati simulati, perciò è stata fatta una stima accurata.

CIRCUITO 3

Il terzo circuito è schematizzato come:

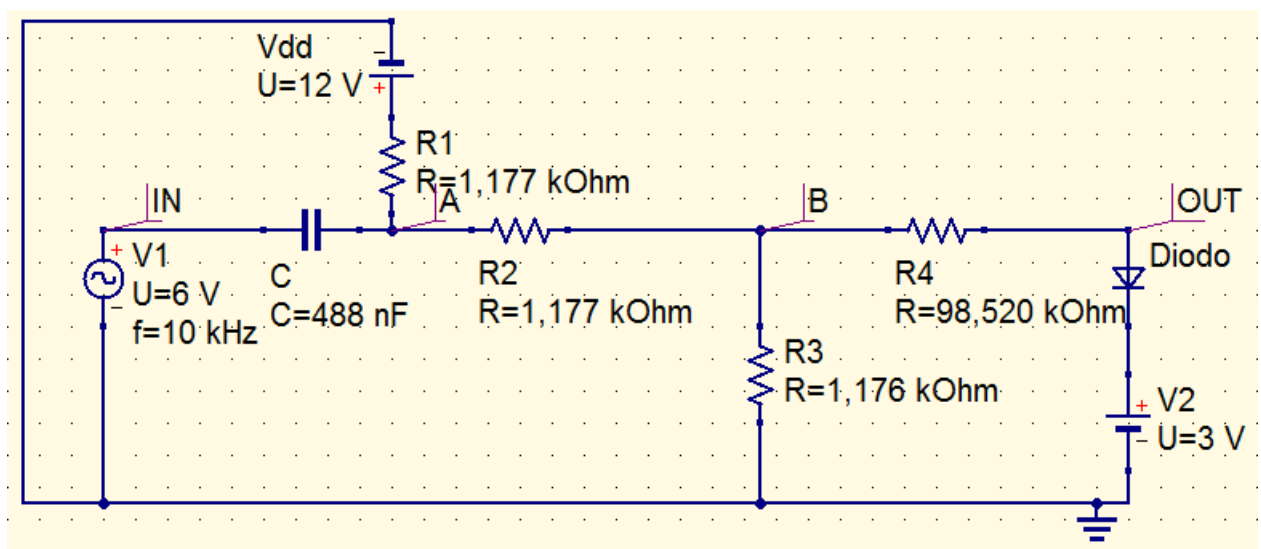


Figura 10: Schema circuito 3.

I valori misurati inizialmente risultano essere (Metrix):

	Valore	Fondo scala o V/div
f	10kHz	
Vinpp	11.9 \pm 0.6 V	2.0V/div
Vdd	11.990 \pm 0.05 V	fs:100.0V
V2	3.045 \pm 0.05 V	fs:10.0V

Tabella 5: Valori segnali in ingresso circuito 3, incertezze tramite formula(11)

	$R(k\Omega)$	$\sigma_R(k\Omega)$
R_1	1.177	0.004
R_2	1.177	0.004
R_3	1.176	0.004
R_4	98.520	0.04

Tabella 6: Misure componenti resistive, fondo scala R4:100k Ω , per R2;R3,R4:10k Ω .

Con incertezze stimate con formule (3) (10)

C1=(488 \pm 6) nF (formula (3) con costanti tabellate) (fs:1000nF)

La presa dati è stata effettuata solo tramite chiavetta USB causa problemi di tempistica. La stima di Von dai dati raccolti risulta essere (stima puntuale):

$V_{on}=(0.52\pm0.05)V$

con incertezza stimata tramite formula(10)

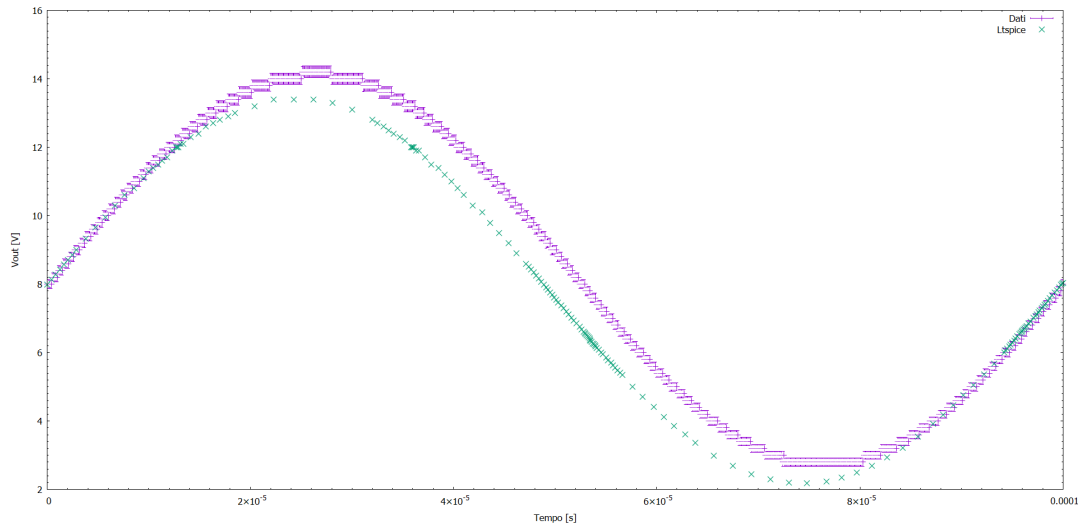


Figura 11: Confronto dati raccolti ed LTSpice, VA.

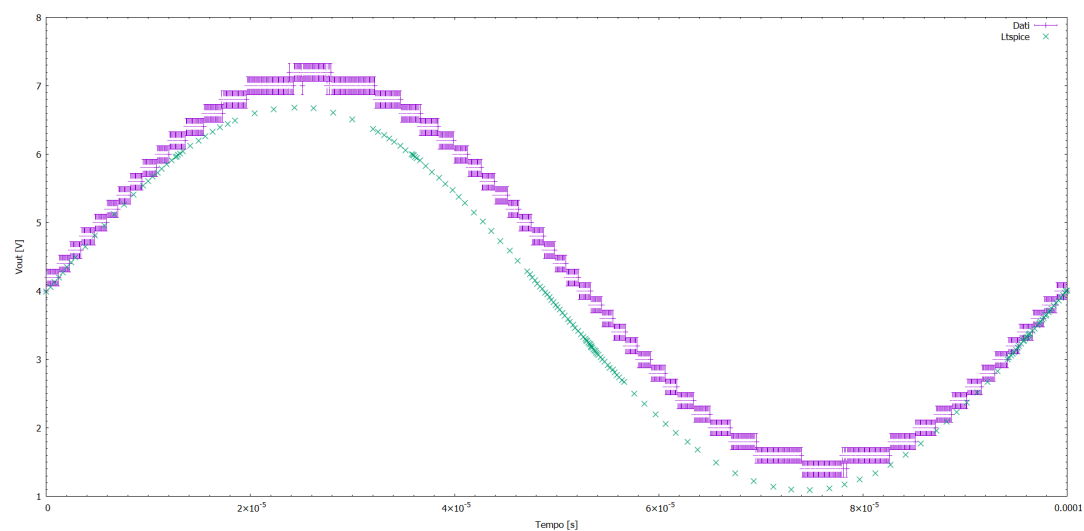


Figura 12: Confronto dati raccolti ed LTSpice, VB.

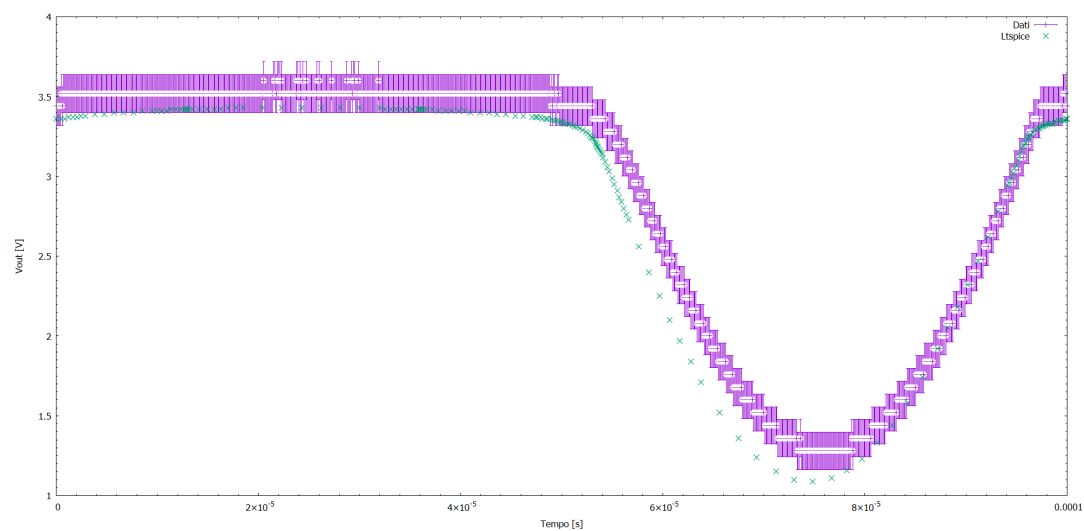


Figura 13: Confronto dati raccolti ed LTSpice, Vout .

La stima tramite LTSpice risulta $V_{onSp}=0.47V$

Grazie al confronto tra i dati sperimentali e i dati simulati si può osservare come, a differenza del circuito 2, vi sia uno discostamento tra i due. Questo discostamento non influisce sulla stima di V_{ons} , che risulta compatibile con la V_{ons} del circuito 2. La causa della differenza tra i valori sperimentali e quelli simulati potrebbe essere la non stabilità del segnale rilevato dall'oscilloscopio.

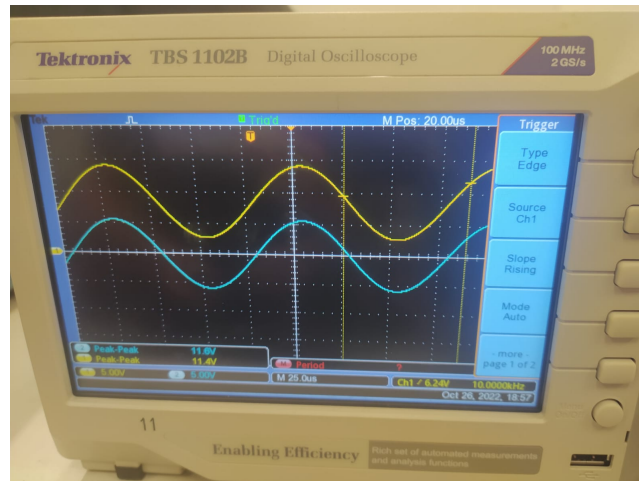


Figura 14: Oscilloscopio, V_{in} (blu) e V_a (giallo)

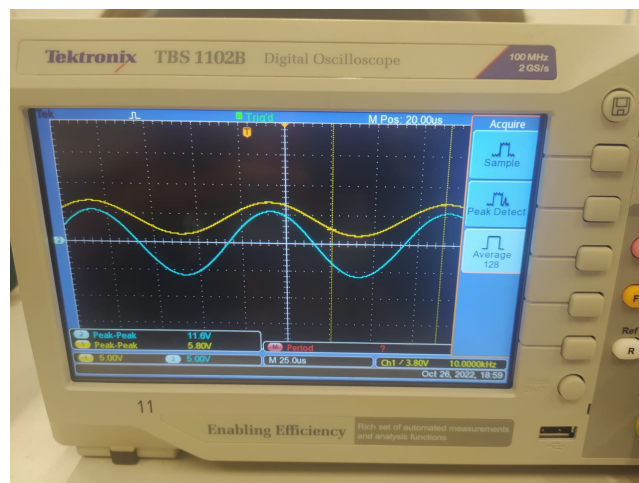


Figura 15: Oscilloscopio, V_{in} (blu) e V_b (giallo)

Figura 16: Oscilloscopio, V_{in} (blu) e V_{out} (giallo)

CONCLUSIONI

Tramite l'analisi di tre circuiti contenenti un diodo 1N4148 si sono ottenuti i seguenti risultati:

La stima di V_{on} del diodo 1N4148 risulta dai due circuiti C2 e C3:

	Valore(V)
V_{onosC2}	0.56 ± 0.05
V_{onosC3}	0.52 ± 0.05

Tabella 7: V_{on} diodo tramite analisi circuiti 2 e 3

La cui compatibilità risulta essere di: 0.5; ossia ottima.

L'andamento lineare ipotizzato nel primo circuito si è rivelato corretto, con indice di correlazione di 0.97, ottenendo:

	Valore
$I_s(\text{nA})$	1.52 ± 0.05
n	1.740 ± 0.006

Tabella 8: Grandezze caratteristiche diodo tramite analisi circuito 1

Infine, dalla comparazione tra i dati raccolti e la simulazione tramite LTSpice, si sono ottenuti risultati in linea con le aspettative, con stime di V_{on} compatibili con quelle ottenute sperimentalmente. Per il circuito 3, invece, vi è una differenza tra dati simulati e dati raccolti, sebbene l'andamento delle curve sia il medesimo. Avendo, causa tempistiche ridotte, effettuato solo una raccolta dati tramite chiavetta e non avendo preso tramite cursori dell'oscilloscopio i valori del potenziale punto per punto, è possibile che il segnale non fosse stato stabilizzato nella maniera corretta al momento dell'inserimento della chiavetta USB. Analizzando tramite cursori, invece, ci si poteva accorgere della mancata stabilità del segnale e, di conseguenza, sistemarlo.