

# Circuiti 2 - Turno 2A - Gruppo 29

Alessio Ramirez

Michele Rota

Sofia Zocchi

4 Aprile 2025

## Indice

<b>1</b>	<b>Circuito RC</b>	<b>2</b>
1.1	Obiettivo . . . . .	2
1.2	Metodo . . . . .	2
1.3	Dati . . . . .	2
1.4	Analisi dati . . . . .	3
1.5	Conclusione . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Circuito RL</b>	<b>6</b>
2.1	Obiettivo . . . . .	6
2.2	Metodo . . . . .	7
2.3	Dati . . . . .	7
2.4	Analisi Dati . . . . .	8
2.5	Conclusioni . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Circuito RLC</b>	<b>11</b>
3.1	Obiettivo . . . . .	11
3.2	Metodo . . . . .	11
3.3	Dati . . . . .	12
3.4	Analisi dati . . . . .	13
3.5	Conclusione . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Rettificatore di tensione</b>	<b>13</b>
4.1	Obiettivo . . . . .	13
4.2	Metodo . . . . .	13
4.3	Osservazioni sperimentali . . . . .	14
<b>A</b>	<b>Dati Circuito RC</b>	<b>16</b>
<b>B</b>	<b>Dati Circuito RL</b>	<b>18</b>
<b>C</b>	<b>Dati Circuito RLC</b>	<b>20</b>

# 1 Circuito RC

## 1.1 Obiettivo

Studiare l'andamento della differenza di potenziale ai capi di un resistore e di un condensatore inseriti in un circuito RC in funzione del tempo. Valutare sia la fase di carica che di scarica del circuito, alimentato da un segnale di tensione ad onda quadra.

## 1.2 Metodo

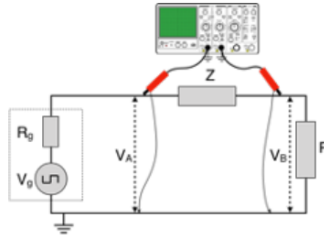


Figura 1: Circuito RC

Per poter effettuare le misurazioni abbiamo dapprima realizzato il circuito, sulla base dello schema riportato in figura 1. In questo caso  $Z$  indica la capacità  $C$ . Per poter campionare la forma d'onda di  $V_c(t)$  e  $V_R(t)$  abbiamo utilizzato un oscilloscopio a cui sono state collegate due sonde. Una sonda è stata posizionata in modo tale da misurare l'andamento di  $V_g$ , segnale ad onda quadra, e l'altra è stata invece spostata a seconda delle esigenze di misurazione: prima ai capi della capacità e poi della resistenza. A partire dai valori noti di  $C$  e  $R$  abbiamo stimato la costante di tempo caratteristica del circuito  $\tau$ , mediante la relazione  $\tau = RC$ , in modo tale da poter impostare una frequenza  $f$  dell'onda quadra che ci permettesse di osservare una carica/scarica completa del circuito. In quanto  $\tau \approx 10^{-3}s$  abbiamo imposto  $f = 100Hz$ , così che il periodo dell'onda quadra  $T = \frac{1}{f} = 10^{-2}s$  risultasse  $\approx 10\tau$ . Sulla base dell'analisi circuitale (legge delle maglie e relazioni caratteristiche per ciascun componente del circuito) abbiamo ricavato le relazioni necessarie ad interpolare l'andamento di  $V_c(t)$  e  $V_r(t)$ . Più precisamente abbiamo ottenuto:

$$V_c(t) = V_g \left(1 - \frac{2e^{-\frac{t}{\tau}}}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}}\right) \quad \text{e} \quad V_R(t) = \left(\frac{2V_g}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}}\right)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

Poichè  $T \approx 10\tau$ , possiamo considerare  $e^{-\frac{T}{2\tau}} \approx 0$ , dunque possiamo descrivere più semplicemente il circuito mediante le relazioni:

$$V_c(t) = V_g(1 - 2e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad \text{e} \quad V_R(t) = 2V_g e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

## 1.3 Dati

Tanto per la fase di carica quanto per quella di scarica abbiamo raccolto circa 30 misure delle coppie  $V_c - t$  e  $V_R - t$ . Abbiamo stimato l'incertezza sulle misure utilizzando la sensibilità degli strumenti, ossia la precisione della scala impostata per la visualizzazione dei dati sull'oscilloscopio. Nelle Tabelle A.2 e

A.1 (Appendice A) sono raccolti i valori della differenza di potenziale ai capi della capacità al variare del tempo. Nelle Tabelle A.3 e A.4 (Appendice A) abbiamo invece i valori della differenza di potenziale ai capi della resistenza misurata a tempi successivi.

## 1.4 Analisi dati

I dati sono stati interpolati utilizzando le relazioni riportate in prezenza (Eq. 2). I risultati ottenuti dai fit sono riportati nelle Tabella 1. Questi risultati, in particolare i valori di  $\tau$  ricavati sperimentalmente ( $\tau_s$ ), sono stati utilizzati per calcolare la costante di tempo caratteristica del circuito.

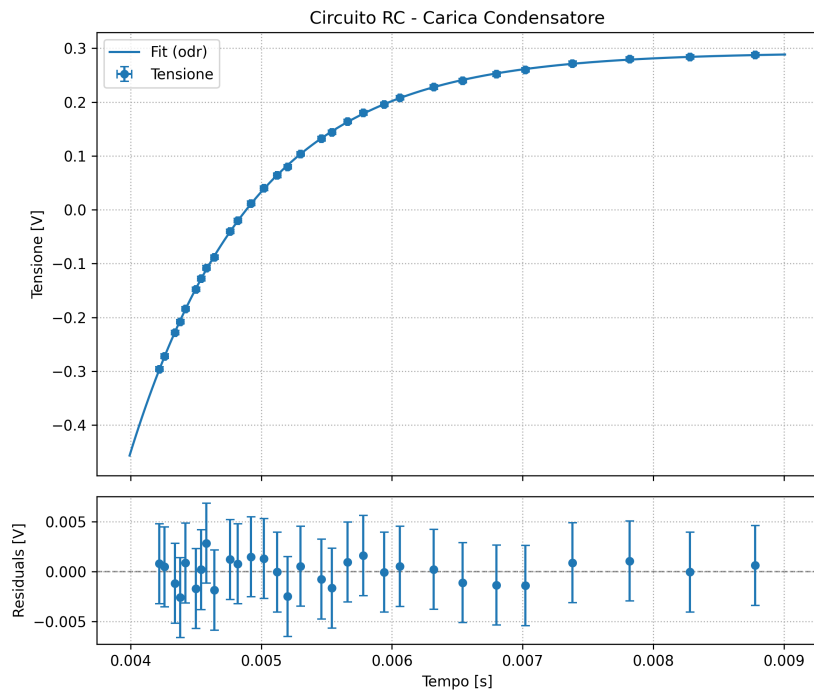


Figura 2: Carica condensatore - Dati e Fit

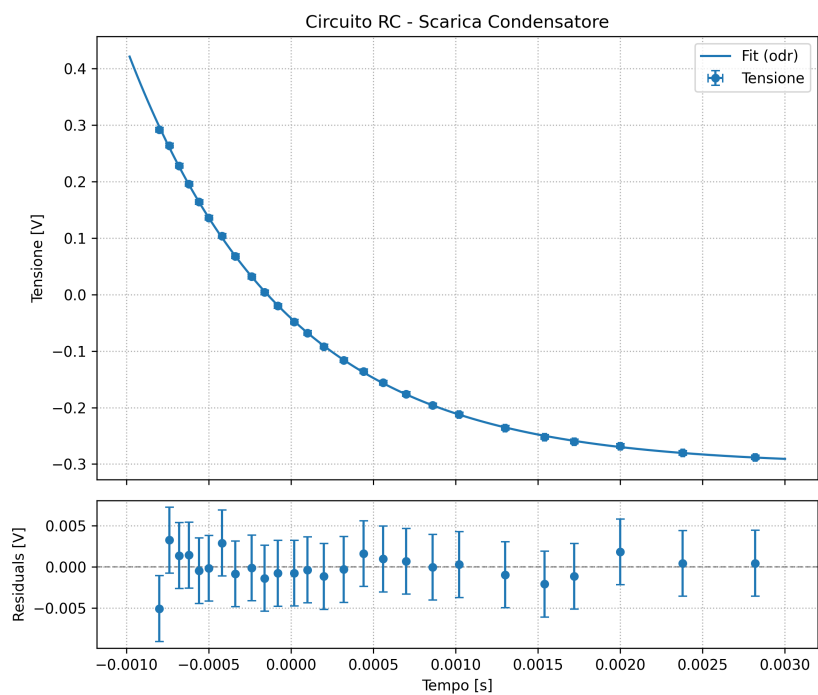


Figura 3: Scarica condensatore - Dati e Fit

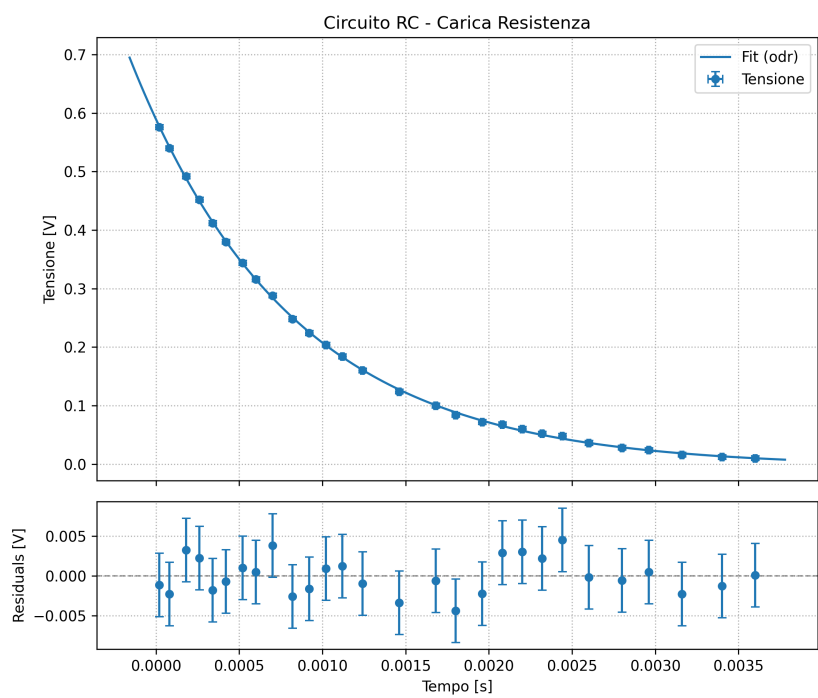


Figura 4: Carica resistenza - Dati e Fit

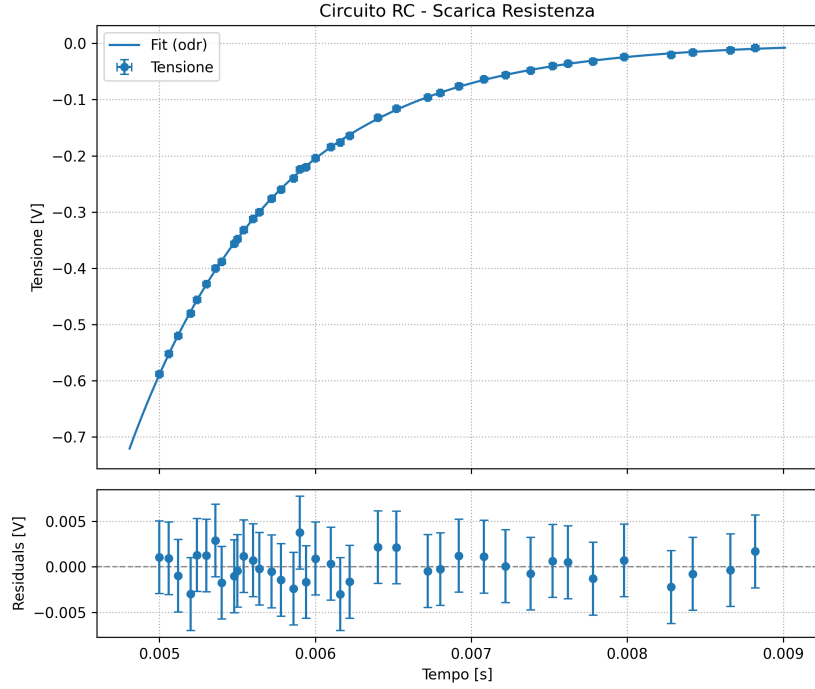


Figura 5: Scarica resistenza - Dati e Fit

Caso	$\tau$	$\chi^2$	DoF	$\chi^2/\nu$
Scarica Condensatore	$959.6 \pm 5.3 \text{ } \mu\text{s}$	4.22	23	0.183
Carica Condensatore	$949.0 \pm 3.5 \text{ } \mu\text{s}$	2.04	27	0.0754
Carica Resistenza	$971.0 \pm 7.4 \text{ } \mu\text{s}$	8.53	25	0.341
Scarica Resistenza	$949.5 \pm 4.2 \text{ } \mu\text{s}$	4.05	35	0.116

Tabella 1: Risultati dell'interpolazione per i diversi casi del circuito RC.

I valori di  $\tau_s$  ricavati sperimentalmente sono stati quindi confrontati con quanto atteso sulla base delle caratteristiche delle componenti del circuito. Abbiamo calcolato  $\tau_{att}$  utilizzando la relazione  $\tau_{att} = R_{eq}C$ , dove  $R_{eq}$  indica la resistenza equivalente, definita così da tener conto della resistenza interna dell'oscilloscopio  $R_{osc}$ . Essa è stata calcolata utilizzando la relazione  $R_{eq} = \frac{RR_{osc}}{R+R_{osc}}$  ed è affetta da errore  $\delta_{R_{eq}} = \delta_R(\frac{R_{osc}}{R+R_{osc}})^2$ . Ne consegue che l'errore su  $\tau_{att}$  può essere determinato utilizzando la formula  $\delta_{\tau_{att}} = \sqrt{(\delta_c R_{eq})^2 + (\delta_{R_{eq}} C)^2}$ . Quanto utilizzato per determinare  $\tau_{att}$  ed il suo valore sono riportati nella Tabella 2.

I risultati del test di compatibilità tra  $\tau_s$  (ottenuto dai fit) e  $\tau_{att}$  sono riportati nella Tabella 3. Essi derivano dal t-test con  $t = \frac{\tau_s - \tau_{att}}{\sqrt{\delta_{\tau_s}^2 + \delta_{\tau_{att}}^2}}$ .

Dopodichè considerando noto il valore della parte resistiva del circuito, pari ad  $R_{eq}$ , abbiamo calcolato il valore di  $C$ , dalla relazione  $C = \frac{\tau_s}{R_{eq}}$  con errore  $\delta_c = \sqrt{(\frac{\delta_{\tau_s}}{R_{eq}})^2 + (\delta_{R_{eq}} \frac{\tau_s}{R_{eq}})^2}$ . Ciò è visualizzabile in Tabella 4.

$C$ [nF]	$10.0 \pm 0.1$
$R$ [k $\Omega$ ]	$100 \pm 1$
$R_{osc}$ [M $\Omega$ ]	1
$R_{eq}$ [k $\Omega$ ]	$90.91 \pm 0.9$
$\tau_{att}$ [ms]	$0.91 \pm 0.09$

Tabella 2: Calcolo del valore atteso  $\tau_{att}$  per il circuito RC.

Caso	Probabilità entro t sigma
Scarica condensatore	0.42
Carica condensatore	0.34
Scarica resistenza	0.50
Carica resistenza	0.34

Tabella 3: Risultati del test di compatibilità tra  $\tau_s$  e  $\tau_{att}$  per il circuito RC.

Misura di $\tau_s$ da:	$C_{sperim}$ [nF]
Scarica condensatore	$10.55 \pm 0.11$
Carica condensatore	$10.44 \pm 0.10$
Scarica resistenza	$10.68 \pm 0.13$
Carica resistenza	$10.44 \pm 0.11$

Tabella 4: Valori di capacità  $C$  ricavati dai diversi fit per il circuito RC.

Abbiamo infine utilizzato quanto ricavato dal fit (parametri e  $\chi^2$  riportati nella Tabella 1) e i dati sperimentali per effettuare il test del chi quadro. I suoi risultati sono riportati nelle tabelle dei fit stessi.

## 1.5 Conclusione

L'esito del test di compatibilità tra  $\tau_s$  e  $\tau_{att}$  (Tabella 3) dimostra l'accordo di quanto ricavato sperimentalmente con quanto stimato a partire dalle caratteristiche del circuito, una volta che viene attuata la correzione necessaria sulle misure di resistenza (considerando  $R_{osc}$ ). Tale accordo è ritrovato sia valutando l'andamento di  $V_c(t)$  che di  $V_r(t)$ . Anche il test del chi quadro (valori  $\chi^2/\nu$  in Tabella 1) dà esito positivo, dimostrando che le relazioni utilizzate offrono una buona descrizione dell'andamento della tensione ai capi della capacità e della resistenza nel tempo, sia in fase di carica che di scarica.

## 2 Circuito RL

### 2.1 Obiettivo

L'obiettivo di questa esperienza è osservare il comportamento di un circuito composto da una resistenza ed un'induttanza in serie quando esse vengono attraversate da una tensione a onda quadra, verificare se i comportamenti seguiti dal circuito sono concordi alla teoria e misurare il tempo proprio di carica e scarica  $\tau$  e dunque il valore dell'induttanza  $L$ .

## 2.2 Metodo

Abbiamo realizzato il circuito  $RL$  utilizzando la breadboard, mettendo in serie la resistenza e l'induttanza, sulla base dello schema riportato in figura 1 (con  $Z = L$  induttanza). Come generatore abbiamo utilizzato un generatore di tensione fornito dal laboratorio, tramite il quale abbiamo generato un'onda quadra come funzione di tensione, l'offset della funzione era tale da avere un'inversione di polarità, da cui abbiamo ricavato gli adamenti attesi. La frequenza di tale onda è stata scelta in modo da poter osservare efficacemente la carica e la scarica del sistema in un tempo ragionevole. Per osservare l'andamento della tensione all'interno del circuito abbiamo utilizzato un oscilloscopio le cui sonde sono state collegate prima ai capi di  $L$  e del generatore, poi ai capi di  $R$  e del generatore, come era già stato fatto per il circuito  $RC$ . Come resistenza abbiamo utilizzato una cassetta delle resistenze, in modo da poter scegliere il valore della resistenza in modo efficace e libero; l'incertezza sul valore delle resistenze date da tale strumento è pari all'1% della resistenza scelta. abbiamo scelto un valore di  $R$  di  $500\Omega$  con incertezza pari dunque a  $5\Omega$ .

Per entrambe le configurazioni abbiamo raccolto almeno 20 misure della coppia di valori  $V - t$  sia per quanto riguarda la carica che la scarica. Per raccogliere tali misure abbiamo utilizzato il cursore sull'interfaccia dell'oscilloscopio campionando  $V$  ad intervalli di tempo arbitrari. A partire dall'analisi circuitale delle varie configurazioni ci aspettiamo un andamento della tensione di tipo esponenziale. In particolare, ci aspettiamo un andamento di  $V(t)$  del tipo <sup>1</sup>:

$$V_L(t) = \frac{2V_g}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{e} \quad V_R(t) = V_g \left( 1 - \frac{2e^{-\frac{t}{\tau}}}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} \right) \quad (3)$$

Nelle formule  $V_L(t)$  è la tensione misurata ai capi dell'induttanza,  $V_R(t)$  è la tensione misurata ai capi della resistenza,  $V_g$  è la tensione erogata dal generatore,  $T$  è il periodo dell'onda quadra e  $\tau = \frac{L}{R}$  con  $L$  valore dell'induttanza e  $R$  valore della resistenza. Il valore del periodo  $T$  dell'onda quadra è arbitrario e può essere regolato direttamente dal generatore di tensione. Per poter osservare una scarica ed una carica completa abbiamo scelto un valore del periodo tale che  $T \approx 10\tau$ , dunque possiamo affermare che  $e^{-\frac{T}{2\tau}} \approx 0$ , dunque tali formule possono essere riscritte in maniera più compatta come:

$$V_L(t) = 2V_g e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{e} \quad V_R(t) = V_g(1 - 2e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (4)$$

con un fattore di bias di  $1 - \frac{1}{1+e^{-5}} = 0,007$  che è trascurabile perchè inferiore agli errori relativi.

## 2.3 Dati

Di seguito portiamo i riferimenti alle tabelle contenenti i dati raccolti durante l'esperimento mediante l'oscilloscopio, che si trovano in Appendice B. Nelle Tabelle B.1 e B.2 sono indicati i dati dell'intervallo di tempo e voltaggio durante la scarica e la carica ai capi dell'induttore. Nelle Tabelle B.3 e B.4 sono indicati

---

<sup>1</sup>le formule per la scarica sono esattamente queste, mentre per la carica sono invertite di segno

i valori dei dati dell'intervallo di tempo e voltaggio durante la carica e scarica ai capi della resistenza. Come errori abbiamo considerato la sensibilità dell'oscilloscopio, dunque un errore uniforme di  $0,01ms$  (o  $10\mu s$ ) per i tempi ed un errore di  $0,02mV$  (o  $2mV$ ) sulle tensioni. Da notare è il fatto che gli intervalli di tempo e voltaggio sono presi in maniera relativa ad un valore iniziale, infatti nè il tempo nè il voltaggio partono necessariamente da  $0$  come indicato nelle formule attese. Ciò è da imputare al fatto che la funzione di carica e scarica fosse traslata rispetto all'origine degli assi sull'oscilloscopio. Tuttavia ciò che è importante ai fini del nostro esperimento sono i valori relativi, infatti per avere la curva di carica e scarica attesa basterà traslare i dati ottenuti in tabella (e dunque traslare la funzione interpolata) di un fattore pari al primo tempo e al primo voltaggio.

## 2.4 Analisi Dati

Considerando le misure effettuate in laboratorio (riportate in Appendice B) abbiamo fittato i dati secondo la legge attesa per ciascuna configurazione (Eq. 4, tenendo conto delle traslazioni  $V_0, t_0$ ). Per quanto riguarda la carica e scarica ai capi dell'induttore avremo una legge del tipo  $V_L(t) = k \cdot e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} + c$  (o simile, a seconda dell'implementazione del fit), dove  $\tau$  è il parametro di interesse. Per la resistenza avremo una forma analoga ma basata sulla formula per  $V_R(t)$ .

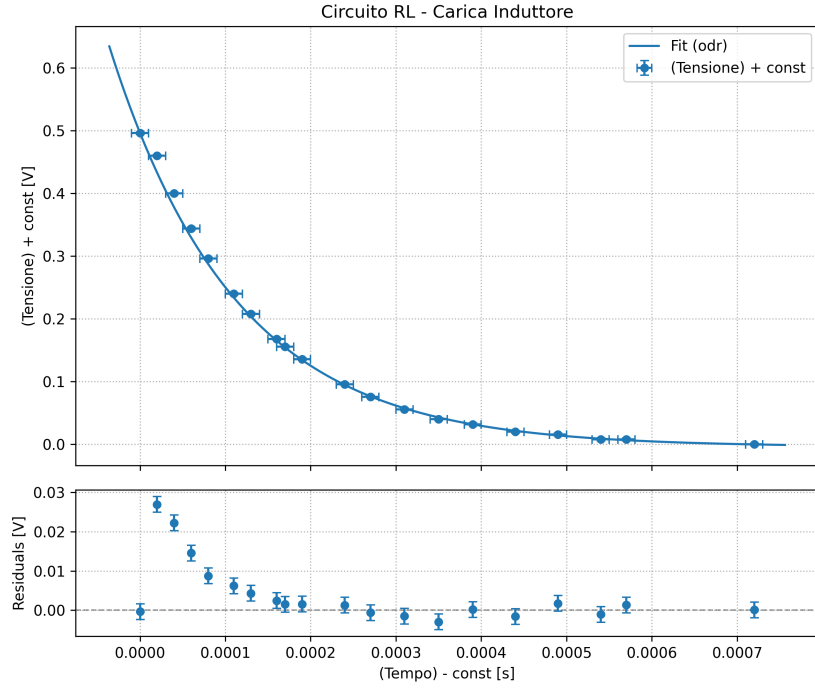


Figura 6: Carica induttore - Dati e Fit



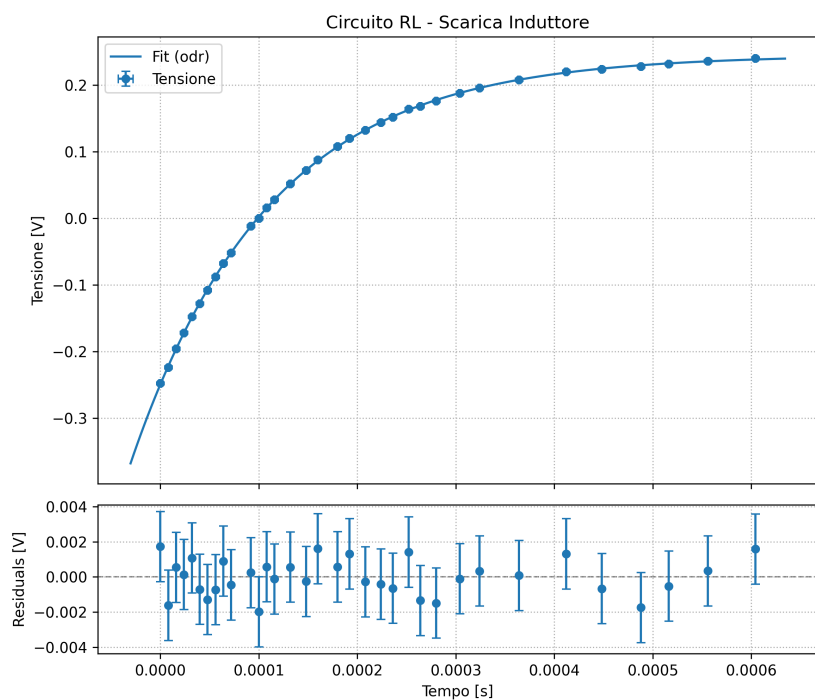


Figura 7: Scarica induttore - Dati e Fit

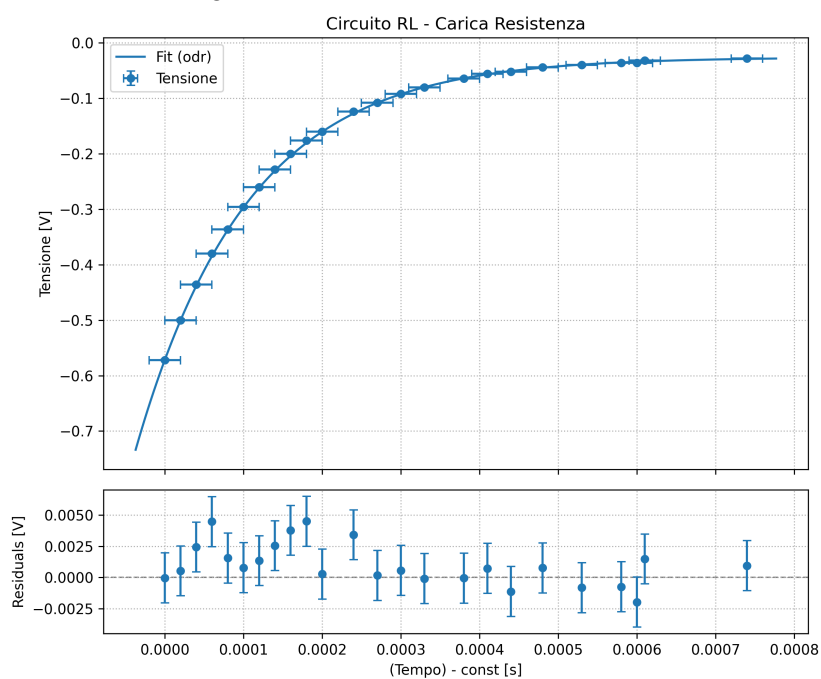


Figura 8: Carica resistenza - Dati e Fit

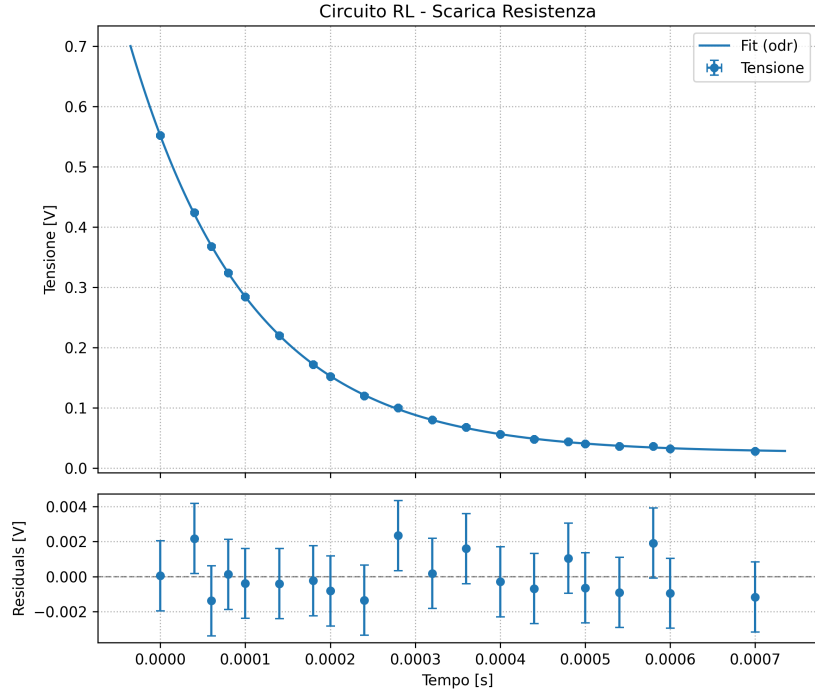


Figura 9: Scarica resistenza - Dati e Fit

Consideriamo ora il valore della resistenza. Come anticipato nella sezione precedente la resistenza della cassetta  $R$  è stata scelta in maniera arbitraria ed il suo valore è di  $(500 \pm 5)\Omega$ . Tuttavia il valore della resistenza totale viene influenzato anche dalle resistenze interne del generatore e dell'oscilloscopio. La resistenza interna del generatore di tensione  $R_g$  è molto bassa, dell'ordine di  $1\Omega$ , e tale resistenza è in serie con  $R$ ; il bias dovuto a ciò sarà dunque trascurabile poichè l'incertezza sul valore di  $R$  è maggiore del valore di  $R_g$ . La resistenza interna dell'oscilloscopio  $R_{osc}$  è invece di circa  $1M\Omega$ ; la resistenza equivalente  $R_{eq}$  sarà dunque  $R_{eq} = \frac{RR_{osc}}{R+R_{osc}} = 499,8\Omega$ . Tale valore crea un bias di  $0,2\Omega$  che è molto inferiore all'incertezza sulla resistenza. I bias dovuti alle resistenze degli strumenti sono dunque trascurabili. Useremo quindi  $R_{eq} \approx R = (500 \pm 5)\Omega$  per i calcoli successivi.

Dall'interpolazione dei dati (i cui risultati sono mostrati in Tabella 5) si ottengono i valori di  $\tau_s$ .

Caso	$\tau$ [ $\mu$ s]	$\chi^2$	DoF	$\chi^2/\nu$
Scarica Induttore	$140.75 \pm 0.50$	6.06	31	0.196
Carica Induttore	$147.8 \pm 1.6$	4.75	17	0.279
Scarica Resistenza	$140.89 \pm 0.78$	5.31	17	0.312
Carica Resistenza	$142.6 \pm 1.2$	1.85	21	0.0882

Tabella 5: Risultati dell'interpolazione per i diversi casi del circuito RL.

--+

Dopodichè considerando noto il valore della parte resistiva del circuito,  $R = (500 \pm 5)\Omega$ , abbiamo calcolato il valore di  $L$  da ciascun fit, usando la relazione  $L = \tau_s R$  con errore  $\delta_L = \sqrt{(\delta_{\tau_s} R)^2 + (\delta_R \tau_s)^2}$ . Ciò è visualizzabile in Tabella 6.

Misura da:	$L_{sperim}$ [mH]
Scarica induttore	$70.4 \pm 0.7$
Carica induttore	$73.9 \pm 0.9$
Scarica resistenza	$70.4 \pm 0.8$
Carica resistenza	$71.3 \pm 0.9$

Tabella 6: Valori di induttanza  $L$  ricavati dai diversi fit per il circuito RL.

I parametri ricavati dal fit e i dati sperimentali sono infine stati utilizzati per effettuare il test del chi quadro, i cui risultati ( $\chi^2/\nu$ ) sono riportati nella Tabella 5.

## 2.5 Conclusioni

Alla luce dei dati ottenuti e degli esiti positivi dei test del chi quadro (valori di  $\chi^2/\nu$  nella Tabella 5, tutti  $\ll 1$ ), possiamo affermare che la legge attesa (Eq. 4) è verificata per l'andamento della tensione sia ai capi dell'induttore che della resistenza. Inoltre, abbiamo ricavato il valore di  $L$ , non noto, dai diversi fit, come mostrato in tabella 6, e abbiamo stimato  $L \approx (71.5 \pm 0.5)$  mH tramite la media pesata.

## 3 Circuito RLC

### 3.1 Obiettivo

Studiare l'andamento della differenza di potenziale nel tempo ai capi della resistenza inserita in un circuito RLC, alimentato da un generatore di tensione impostato su segnale ad onda quadra.

### 3.2 Metodo

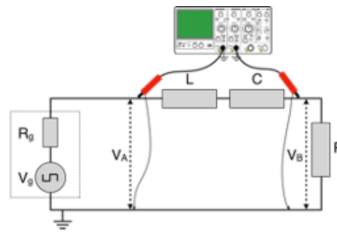


Figura 10: Circuito RLC

Innanzitutto abbiamo ricostruito il circuito rappresentato schematicamente in figura 10; per farlo abbiamo collegato in serie condensatore, induttore e resistore, scegliendo la cassetta di resistenze per poter variare più agevolmente il valore di  $R$ . Abbiamo quindi utilizzato l'oscilloscopio per visualizzare l'andamento della tensione. Mediante l'insimento di due sonde, l'una in parallelo con

il generatore, e l'altra in parallelo con la resistenza, abbiamo infatti potuto osservare il segnale di  $V_g$ , tensione fornita dal generatore, confermando che essa avesse un andamento quadro, e di  $V_R$ . Abbiamo quindi campionato la forma di  $V_R$  utilizzando i cursori dell'oscilloscopio, tramite cui abbiamo ricavato il valore della coppia  $V_R - t$  al variare del tempo  $t$ . Tale processo è stato ripetuto in regime sottosmorzato, sovrasmorzato e di smorzamento critico. A partire dall'analisi circuitale e dalle relazioni caratteristiche per ciascun componente, è stato possibile dedurre le condizioni per cui si instaura un determinato regime. Definiti:

$$\gamma = \frac{R}{2L} \quad \text{e} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (5)$$

con  $R$  resistenza interna al circuito,  $L$  induttanza e  $C$  capacità del condensatore, è possibile stimarne la relazione e il conseguente regime. In particolare si può ricavare:

- $\gamma < \omega_0$ : regime sottosmorzato
- $\gamma > \omega_0$ : regime sovrasmorzato
- $\gamma = \omega_0$ : regime di smorzamento critico ( $\gamma \simeq \omega_0$  in pratica)

Per studiare quindi il funzionamento del circuito in tutte e tre i regimi abbiamo dovuto modificarne le caratteristiche, più nello specifico abbiamo scelto di agire sul valore di  $R$ , al fine di variare la relazione tra  $\gamma$  e  $\omega_0$ . I valori di resistenza tali per cui è stato possibile effettuare questo processo sono riportati in Tabella 7. Essi sono stati scelti valutando la forma d'onda resistuita dall'oscilloscopio al variare di  $R$ .

Regime	R [ $\Omega$ ]
Sottosmorzato	$500 \pm 5$
Sovrasmorzato	$15000 \pm 150$
Smorzamento critico	$5300 \pm 53$

Tabella 7: Valori della resistenza  $R$  utilizzati per i diversi regimi del circuito RLC.

### 3.3 Dati

Nelle Tabelle C.1, C.2 e C.3 (riportate in Appendice C) sono raccolti i valori di tensione ai capi della resistenza e tempo per ciascun regime. Per il regime sovrasmorzato e di smorzamento critico abbiamo raccolto circa 35 valori della coppia  $V_R - t$ , mentre per il regime di sottosmorzamento abbiamo raccolto 52 valori di  $V_R - t$ , al fine di poter meglio campionare la forma d'onda. Per la stima dell'errore abbiamo considerato la sensibilità degli strumenti di misura, cioè la precisione associata alle misure di tensione e tempo ricavate spostando il cursore lungo la curva  $V_R(t)$  mostrata dall'oscilloscopio.

### 3.4 Analisi dati

Abbiamo poi interpolato i dati raccolti utilizzando per ciascun regime la legge caratteristica, come visibile all'interno dei grafici.

- regime sottosmorzato :  $V_R(t) = V_0 e^{-\gamma t} \sin(\beta t)$
- regime sovrasmorzato :  $V_R(t) = V_0 e^{-\gamma t} (e^{\beta t} - e^{-\beta t})$
- regime di smorzamento critico :  $V_R(t) = V_0 t e^{-\gamma t}$

Riportiamo nella Tabella 8 i valori delle costanti caratteristiche del circuito stimate in ciascuna configurazione e i rispettivi errori, come ottenuto dal fit.

Regime	$V_0$	$\gamma$	$\beta$	$\chi^2$	DoF	$\chi^2/\nu$
Sottosmorzato	$94.6 \pm 1.1$ m	$3.836 \pm 0.055$ k	$34.992 \pm 0.047$ k	254	49	5.18
Sovrasmorzato	$-4.345 \pm 0.017$	$92.9 \pm 2.6$ k	$85.9 \pm 2.7$ k	9.07	32	0.283
Smorzamento Critico	$274.3 \pm 2.6$ k	$35.86 \pm 0.23$ k	-	29.2	35	0.834

Tabella 8: Parametri dei fit per i diversi regimi del circuito RLC.

Per valutare infine la bontà dei fit abbiamo utilizzato il test del chi quadro. I risultati ( $\chi^2/\nu$ ) sono riportati nella Tabella 8.

### 3.5 Conclusione

Il test del chi quadro mostra accordo tra le misure realizzate e il fit stimato in caso di regime di sovrasmorzamento ( $\chi^2/\nu = 0.283$ ) e smorzamento critico ( $\chi^2/\nu = 0.834$ ). Per quanto riguarda invece il funzionamento del circuito RLC in regime sottosmorzato, i dati sperimentali non risultano in accordo con quanto ricavato dall'interpolazione, dato il valore elevato  $\chi^2/\nu = 5.18$ . Attribuiamo tale discrepanza alla difficoltà nel campionamento delle oscillazioni smorzate, specialmente in corrispondenza dei massimi e dei minimi. Il fatto che non riuscissimo a individuare esattamente la posizione dei punti stazionari si è in realtà verificato studiando tutti e 3 i regimi, ma ha influito soltanto sulla bontà del fit del regime sottosmorzato, in quanto la curva interpolata conteneva un numero significativo di massimi e minimi.

## 4 Rettificatore di tensione

### 4.1 Obiettivo

L'obiettivo dell'esperienza è creare un rettificatore di tensione ed osservare l'andamento della tensione nel tempo mediante l'oscilloscopio.

### 4.2 Metodo

Abbiamo realizzato un rettificatore a ponte di Graetz. Il circuito è composto da 4 diodi e un condensatore disposti come in figura. A differenza degli altri esperimenti in questo caso abbiamo sollecitato il circuito mediante un segnale sinusoidale.

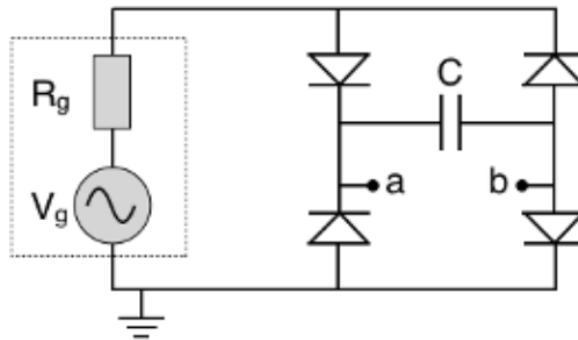


Figura 11: Schema circuito rettificatore

A differenza di quanto rappresentato in figura, per eseguire l'esperimento abbiamo posizionato la sonda *b* ai capi del generatore, in modo da osservare l'andamento della tensione generata e compararla a quella misurata all'interno rettificatore.

### 4.3 Osservazioni sperimentali

Valutando l'andamento della tensione come illustrato precedentemente abbiamo osservato tale fenomeno:

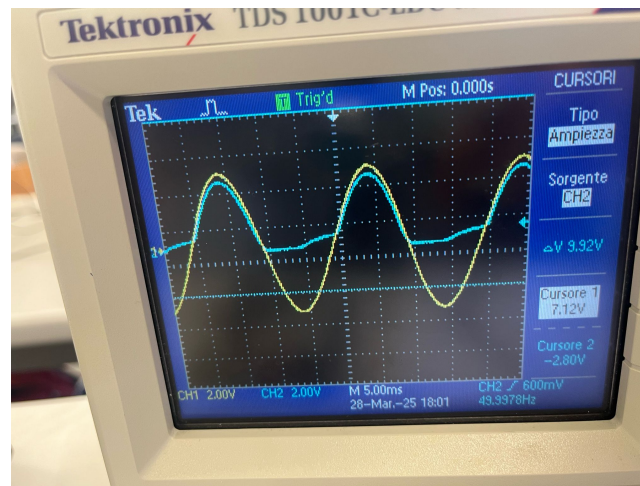


Figura 12: Osservazione oscilloscopio

L'immagine rappresenta l'andamento della funzione tensione nel tempo, come restituito dall'oscilloscopio. La curva gialla rappresenta quanto misurato dalla sonda *b*, posizionata ai capi del generatore, mentre la curva blu rappresenta quanto misurato dalla sonda *a*, posizionata come nello schema in figura 11. L'andamento osservato corrisponde all'andamento atteso: i diodi bloccano la parte negativa dell'onda e permettono il passaggio solamente di quella positiva. Se avessimo posizionato la sonda *b* come in figura avremmo osservato un

andamento simmetricamente opposto: la parte positiva sarebbe stata bloccata e la parte negativa sarebbe passata.

## A Dati Circuito RC

Tempo	Tensione
$-800 \pm 1 \mu\text{s}$	$292 \pm 4 \text{ mV}$
$-740 \pm 1 \mu\text{s}$	$264 \pm 4 \text{ mV}$
$-680 \pm 1 \mu\text{s}$	$228 \pm 4 \text{ mV}$
$-620 \pm 1 \mu\text{s}$	$196 \pm 4 \text{ mV}$
$-560 \pm 1 \mu\text{s}$	$164 \pm 4 \text{ mV}$
$-500 \pm 1 \mu\text{s}$	$136 \pm 4 \text{ mV}$
$-420 \pm 1 \mu\text{s}$	$104 \pm 4 \text{ mV}$
$-340 \pm 1 \mu\text{s}$	$68 \pm 4 \text{ mV}$
$-240 \pm 1 \mu\text{s}$	$32 \pm 4 \text{ mV}$
$-160 \pm 1 \mu\text{s}$	$4 \pm 4 \text{ mV}$
$-80 \pm 1 \mu\text{s}$	$-20 \pm 4 \text{ mV}$
$20 \pm 1 \mu\text{s}$	$-48 \pm 4 \text{ mV}$
$100 \pm 1 \mu\text{s}$	$-68 \pm 4 \text{ mV}$
$200 \pm 1 \mu\text{s}$	$-92 \pm 4 \text{ mV}$
$320 \pm 1 \mu\text{s}$	$-116 \pm 4 \text{ mV}$
$440 \pm 1 \mu\text{s}$	$-136 \pm 4 \text{ mV}$
$560 \pm 1 \mu\text{s}$	$-156 \pm 4 \text{ mV}$
$700 \pm 1 \mu\text{s}$	$-176 \pm 4 \text{ mV}$
$860 \pm 1 \mu\text{s}$	$-196 \pm 4 \text{ mV}$
$1,02 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-212 \pm 4 \text{ mV}$
$1,30 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-236 \pm 4 \text{ mV}$
$1,54 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-252 \pm 4 \text{ mV}$
$1,72 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-260 \pm 4 \text{ mV}$
$2,00 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-268 \pm 4 \text{ mV}$
$2,38 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-280 \pm 4 \text{ mV}$
$2,82 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-288 \pm 4 \text{ mV}$

Tabella A.1: Dati RC: Scarica condensatore ( $V_C(t)$ ).

Tempo	Tensione
$4,22 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-296 \pm 4 \text{ mV}$
$4,26 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-272 \pm 4 \text{ mV}$
$4,34 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-228 \pm 4 \text{ mV}$
$4,38 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-208 \pm 4 \text{ mV}$
$4,42 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-184 \pm 4 \text{ mV}$
$4,50 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-148 \pm 4 \text{ mV}$
$4,54 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-128 \pm 4 \text{ mV}$
$4,58 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-108 \pm 4 \text{ mV}$
$4,64 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-88 \pm 4 \text{ mV}$
$4,76 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-40 \pm 4 \text{ mV}$
$4,82 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-20 \pm 4 \text{ mV}$
$4,92 \pm 0,01 \text{ ms}$	$12 \pm 4 \text{ mV}$
$5,02 \pm 0,01 \text{ ms}$	$40 \pm 4 \text{ mV}$
$5,12 \pm 0,01 \text{ ms}$	$64 \pm 4 \text{ mV}$
$5,20 \pm 0,01 \text{ ms}$	$80 \pm 4 \text{ mV}$
$5,30 \pm 0,01 \text{ ms}$	$104 \pm 4 \text{ mV}$
$5,46 \pm 0,01 \text{ ms}$	$132 \pm 4 \text{ mV}$
$5,54 \pm 0,01 \text{ ms}$	$144 \pm 4 \text{ mV}$
$5,66 \pm 0,01 \text{ ms}$	$164 \pm 4 \text{ mV}$
$5,78 \pm 0,01 \text{ ms}$	$180 \pm 4 \text{ mV}$
$5,94 \pm 0,01 \text{ ms}$	$196 \pm 4 \text{ mV}$
$6,06 \pm 0,01 \text{ ms}$	$208 \pm 4 \text{ mV}$
$6,32 \pm 0,01 \text{ ms}$	$228 \pm 4 \text{ mV}$
$6,54 \pm 0,01 \text{ ms}$	$240 \pm 4 \text{ mV}$
$6,80 \pm 0,01 \text{ ms}$	$252 \pm 4 \text{ mV}$
$7,02 \pm 0,01 \text{ ms}$	$260 \pm 4 \text{ mV}$
$7,38 \pm 0,01 \text{ ms}$	$272 \pm 4 \text{ mV}$
$7,82 \pm 0,01 \text{ ms}$	$280 \pm 4 \text{ mV}$
$8,28 \pm 0,01 \text{ ms}$	$284 \pm 4 \text{ mV}$
$8,78 \pm 0,01 \text{ ms}$	$288 \pm 4 \text{ mV}$

Tabella A.2: Dati RC: Carica condensatore ( $V_C(t)$ ).



Tempo	Tensione
$20 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$576 \pm 4 \text{ mV}$
$80 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$540 \pm 4 \text{ mV}$
$180 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$492 \pm 4 \text{ mV}$
$260 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$452 \pm 4 \text{ mV}$
$340 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$412 \pm 4 \text{ mV}$
$420 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$380 \pm 4 \text{ mV}$
$520 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$344 \pm 4 \text{ mV}$
$600 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$316 \pm 4 \text{ mV}$
$700 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$288 \pm 4 \text{ mV}$
$820 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$248 \pm 4 \text{ mV}$
$920 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$224 \pm 4 \text{ mV}$
$1,02 \pm 0,01 \text{ ms}$	$204 \pm 4 \text{ mV}$
$1,12 \pm 0,01 \text{ ms}$	$184 \pm 4 \text{ mV}$
$1,24 \pm 0,01 \text{ ms}$	$160 \pm 4 \text{ mV}$
$1,46 \pm 0,01 \text{ ms}$	$124 \pm 4 \text{ mV}$
$1,68 \pm 0,01 \text{ ms}$	$100 \pm 4 \text{ mV}$
$1,80 \pm 0,01 \text{ ms}$	$84 \pm 4 \text{ mV}$
$1,96 \pm 0,01 \text{ ms}$	$72 \pm 4 \text{ mV}$
$2,08 \pm 0,01 \text{ ms}$	$68 \pm 4 \text{ mV}$
$2,20 \pm 0,01 \text{ ms}$	$60 \pm 4 \text{ mV}$
$2,32 \pm 0,01 \text{ ms}$	$52 \pm 4 \text{ mV}$
$2,44 \pm 0,01 \text{ ms}$	$48 \pm 4 \text{ mV}$
$2,60 \pm 0,01 \text{ ms}$	$36 \pm 4 \text{ mV}$
$2,80 \pm 0,01 \text{ ms}$	$28 \pm 4 \text{ mV}$
$2,96 \pm 0,01 \text{ ms}$	$24 \pm 4 \text{ mV}$
$3,16 \pm 0,01 \text{ ms}$	$16 \pm 4 \text{ mV}$
$3,40 \pm 0,01 \text{ ms}$	$12 \pm 4 \text{ mV}$
$3,60 \pm 0,01 \text{ ms}$	$10 \pm 4 \text{ mV}$

Tabella A.3: Dati RC: Carica resistenza ( $V_R(t)$ ).

Tempo	Tensione
$5,00 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-588 \pm 4 \text{ mV}$
$5,06 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-552 \pm 4 \text{ mV}$
$5,12 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-520 \pm 4 \text{ mV}$
$5,20 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-480 \pm 4 \text{ mV}$
$5,24 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-456 \pm 4 \text{ mV}$
$5,30 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-428 \pm 4 \text{ mV}$
$5,36 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-400 \pm 4 \text{ mV}$
$5,40 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-388 \pm 4 \text{ mV}$
$5,48 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-356 \pm 4 \text{ mV}$
$5,50 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-348 \pm 4 \text{ mV}$
$5,54 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-332 \pm 4 \text{ mV}$
$5,60 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-312 \pm 4 \text{ mV}$
$5,64 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-300 \pm 4 \text{ mV}$
$5,72 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-276 \pm 4 \text{ mV}$
$5,78 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-260 \pm 4 \text{ mV}$
$5,86 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-240 \pm 4 \text{ mV}$
$5,90 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-224 \pm 4 \text{ mV}$
$5,94 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-220 \pm 4 \text{ mV}$
$6,00 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-204 \pm 4 \text{ mV}$
$6,10 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-184 \pm 4 \text{ mV}$
$6,16 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-176 \pm 4 \text{ mV}$
$6,22 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-164 \pm 4 \text{ mV}$
$6,40 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-132 \pm 4 \text{ mV}$
$6,52 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-116 \pm 4 \text{ mV}$
$6,72 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-96 \pm 4 \text{ mV}$
$6,80 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-88 \pm 4 \text{ mV}$
$6,92 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-76 \pm 4 \text{ mV}$
$7,08 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-64 \pm 4 \text{ mV}$
$7,22 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-56 \pm 4 \text{ mV}$
$7,38 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-48 \pm 4 \text{ mV}$
$7,52 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-40 \pm 4 \text{ mV}$
$7,62 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-36 \pm 4 \text{ mV}$
$7,78 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-32 \pm 4 \text{ mV}$
$7,98 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-24 \pm 4 \text{ mV}$
$8,28 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-20 \pm 4 \text{ mV}$
$8,42 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-16 \pm 4 \text{ mV}$
$8,66 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-12 \pm 4 \text{ mV}$
$8,82 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-8 \pm 4 \text{ mV}$

Tabella A.4: Dati RC: Scarica resistenza ( $V_R(t)$ ).

## B Dati Circuito RL

$t$	$V_L(t)$
$0 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-248 \pm 2 \text{ mV}$
$8 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-224 \pm 2 \text{ mV}$
$16 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-196 \pm 2 \text{ mV}$
$24 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-172 \pm 2 \text{ mV}$
$32 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-148 \pm 2 \text{ mV}$
$40 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-128 \pm 2 \text{ mV}$
$48 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-108 \pm 2 \text{ mV}$
$56 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-88 \pm 2 \text{ mV}$
$64 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-68 \pm 2 \text{ mV}$
$72 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-52 \pm 2 \text{ mV}$
$92 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$-12 \pm 2 \text{ mV}$
$100 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$0 \pm 2 \text{ mV}$
$108 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$16 \pm 2 \text{ mV}$
$116 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$28 \pm 2 \text{ mV}$
$132 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$52 \pm 2 \text{ mV}$
$148 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$72 \pm 2 \text{ mV}$
$160 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$88 \pm 2 \text{ mV}$
$180 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$108 \pm 2 \text{ mV}$
$192 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$120 \pm 2 \text{ mV}$
$208 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$132 \pm 2 \text{ mV}$
$224 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$144 \pm 2 \text{ mV}$
$236 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$152 \pm 2 \text{ mV}$
$252 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$164 \pm 2 \text{ mV}$
$264 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$168 \pm 2 \text{ mV}$
$280 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$176 \pm 2 \text{ mV}$
$304 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$188 \pm 2 \text{ mV}$
$324 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$196 \pm 2 \text{ mV}$
$364 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$208 \pm 2 \text{ mV}$
$412 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$220 \pm 2 \text{ mV}$
$448 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$224 \pm 2 \text{ mV}$
$488 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$228 \pm 2 \text{ mV}$
$516 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$232 \pm 2 \text{ mV}$
$556 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$236 \pm 2 \text{ mV}$
$604 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$240 \pm 2 \text{ mV}$

Tabella B.1: Dati RL: Tempo e Tensione dell'Induttore (scarica).

$t$	$V_L(t)$
$3,05 \pm 0,01 \text{ ms}$	$248 \pm 2 \text{ mV}$
$3,07 \pm 0,01 \text{ ms}$	$212 \pm 2 \text{ mV}$
$3,09 \pm 0,01 \text{ ms}$	$152 \pm 2 \text{ mV}$
$3,11 \pm 0,01 \text{ ms}$	$96 \pm 2 \text{ mV}$
$3,13 \pm 0,01 \text{ ms}$	$48 \pm 2 \text{ mV}$
$3,16 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-8 \pm 2 \text{ mV}$
$3,18 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-40 \pm 2 \text{ mV}$
$3,21 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-80 \pm 2 \text{ mV}$
$3,22 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-92 \pm 2 \text{ mV}$
$3,24 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-112 \pm 2 \text{ mV}$
$3,29 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-152 \pm 2 \text{ mV}$
$3,32 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-172 \pm 2 \text{ mV}$
$3,36 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-192 \pm 2 \text{ mV}$
$3,40 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-208 \pm 2 \text{ mV}$
$3,44 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-216 \pm 2 \text{ mV}$
$3,49 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-228 \pm 2 \text{ mV}$
$3,54 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-232 \pm 2 \text{ mV}$
$3,59 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-240 \pm 2 \text{ mV}$
$3,62 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-240 \pm 2 \text{ mV}$
$3,77 \pm 0,01 \text{ ms}$	$-248 \pm 2 \text{ mV}$

Tabella B.2: Dati RL: Tempo e Tensione dell'Induttore (carica).

$t$	$V_R(t)$
$0 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$552 \pm 2 \text{ mV}$
$40 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$424 \pm 2 \text{ mV}$
$60 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$368 \pm 2 \text{ mV}$
$80 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$324 \pm 2 \text{ mV}$
$100 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$284 \pm 2 \text{ mV}$
$140 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$220 \pm 2 \text{ mV}$
$180 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$172 \pm 2 \text{ mV}$
$200 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$152 \pm 2 \text{ mV}$
$240 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$120 \pm 2 \text{ mV}$
$280 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$100 \pm 2 \text{ mV}$
$320 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$80 \pm 2 \text{ mV}$
$360 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$68 \pm 2 \text{ mV}$
$400 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$56 \pm 2 \text{ mV}$
$440 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$48 \pm 2 \text{ mV}$
$480 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$44 \pm 2 \text{ mV}$
$500 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$40 \pm 2 \text{ mV}$
$540 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$36 \pm 2 \text{ mV}$
$580 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$36 \pm 2 \text{ mV}$
$600 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$32 \pm 2 \text{ mV}$
$700 \pm 10 \text{ } \mu\text{s}$	$28 \pm 2 \text{ mV}$

Tabella B.3: Dati RL: Tempo e Tensione della Resistenza (scarica).

$t$	$V_R(t)$
$3,06 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-572 \pm 2 \text{ mV}$
$3,08 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-500 \pm 2 \text{ mV}$
$3,10 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-436 \pm 2 \text{ mV}$
$3,12 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-380 \pm 2 \text{ mV}$
$3,14 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-336 \pm 2 \text{ mV}$
$3,16 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-296 \pm 2 \text{ mV}$
$3,18 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-260 \pm 2 \text{ mV}$
$3,20 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-228 \pm 2 \text{ mV}$
$3,22 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-200 \pm 2 \text{ mV}$
$3,24 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-176 \pm 2 \text{ mV}$
$3,26 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-160 \pm 2 \text{ mV}$
$3,30 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-124 \pm 2 \text{ mV}$
$3,33 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-108 \pm 2 \text{ mV}$
$3,36 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-92 \pm 2 \text{ mV}$
$3,39 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-80 \pm 2 \text{ mV}$
$3,44 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-64 \pm 2 \text{ mV}$
$3,47 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-56 \pm 2 \text{ mV}$
$3,50 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-52 \pm 2 \text{ mV}$
$3,54 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-44 \pm 2 \text{ mV}$
$3,59 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-40 \pm 2 \text{ mV}$
$3,64 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-36 \pm 2 \text{ mV}$
$3,66 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-36 \pm 2 \text{ mV}$
$3,67 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-32 \pm 2 \text{ mV}$
$3,80 \pm 0,02 \text{ ms}$	$-28 \pm 2 \text{ mV}$

Tabella B.4: Dati RL: Tempo e Tensione della Resistenza (carica).

## C    Dati Circuito RLC

Tempo	Tensione
$0 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$16 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$45,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$24 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$63,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$44 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$80,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$60 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$67,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$72 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$45,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$88 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$8,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$96 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-8,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$120 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-48,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$136 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-52,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$148 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-46,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$160 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-32,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$172 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-12,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$184 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$7,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$200 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$28,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$224 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$41,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$244 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$30,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$260 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$12,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$276 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-5,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$288 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-17,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$312 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-27,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$332 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-20,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$348 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-8,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$364 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$4,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$380 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$15,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$404 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$20,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$420 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$17,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$436 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$8,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$444 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$4,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$456 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-3,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$468 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-8,8 \pm 0,4 \text{ mV}$
$488 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-13,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$516 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-8,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$528 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-3,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$540 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$552 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$6,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$580 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$11,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$608 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$7,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$624 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$640 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-2,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$672 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-6,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$692 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-4,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$704 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-1,2 \pm 0,4 \text{ mV}$
$720 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$736 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$4,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$760 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$6,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$776 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$5,6 \pm 0,4 \text{ mV}$
$788 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$4,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$800 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$816 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-0,4 \pm 0,4 \text{ mV}$
$832 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-2,0 \pm 0,4 \text{ mV}$
$852 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$-2,8 \pm 0,4 \text{ mV}$

Tabella C.1: Dati RLC: Regime sotto-smorzato ( $V_R(t)$ ).

Tempo	Tensione
$0 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,00 \pm 0,04 \text{ V}$
$2 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,72 \pm 0,04 \text{ V}$
$4 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,72 \pm 0,04 \text{ V}$
$6 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,52 \pm 0,04 \text{ V}$
$8 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,00 \pm 0,04 \text{ V}$
$10 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,32 \pm 0,04 \text{ V}$
$18 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,68 \pm 0,04 \text{ V}$
$24 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,64 \pm 0,04 \text{ V}$
$30 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,48 \pm 0,04 \text{ V}$
$40 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,28 \pm 0,04 \text{ V}$
$46 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,12 \pm 0,04 \text{ V}$
$50 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$3,04 \pm 0,04 \text{ V}$
$58 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,88 \pm 0,04 \text{ V}$
$64 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,76 \pm 0,04 \text{ V}$
$80 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,48 \pm 0,04 \text{ V}$
$90 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,28 \pm 0,04 \text{ V}$
$102 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,12 \pm 0,04 \text{ V}$
$128 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,84 \pm 0,04 \text{ V}$
$148 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,52 \pm 0,04 \text{ V}$
$168 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,32 \pm 0,04 \text{ V}$
$184 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,16 \pm 0,04 \text{ V}$
$204 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,04 \pm 0,04 \text{ V}$
$222 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,92 \pm 0,04 \text{ V}$
$242 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,80 \pm 0,04 \text{ V}$
$262 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,68 \pm 0,04 \text{ V}$
$282 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,60 \pm 0,04 \text{ V}$
$302 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,52 \pm 0,04 \text{ V}$
$316 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,48 \pm 0,04 \text{ V}$
$332 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,44 \pm 0,04 \text{ V}$
$352 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,36 \pm 0,04 \text{ V}$
$362 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,36 \pm 0,04 \text{ V}$
$386 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,28 \pm 0,04 \text{ V}$
$406 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,24 \pm 0,04 \text{ V}$
$434 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,20 \pm 0,04 \text{ V}$
$462 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,16 \pm 0,04 \text{ V}$

Tabella C.2: Dati RLC: Regime sovra-smorzato ( $V_R(t)$ ).

Tempo	Tensione
$0 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,02 \pm 0,04 \text{ V}$
$2 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,40 \pm 0,04 \text{ V}$
$4 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,82 \pm 0,04 \text{ V}$
$6 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,20 \pm 0,04 \text{ V}$
$8 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,50 \pm 0,04 \text{ V}$
$10 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,80 \pm 0,04 \text{ V}$
$12 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,04 \pm 0,04 \text{ V}$
$14 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,22 \pm 0,04 \text{ V}$
$16 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,38 \pm 0,04 \text{ V}$
$18 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,52 \pm 0,04 \text{ V}$
$20 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,62 \pm 0,04 \text{ V}$
$22 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,70 \pm 0,04 \text{ V}$
$24 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,76 \pm 0,04 \text{ V}$
$28 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,82 \pm 0,04 \text{ V}$
$31 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,82 \pm 0,04 \text{ V}$
$34 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,78 \pm 0,04 \text{ V}$
$40 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,66 \pm 0,04 \text{ V}$
$43 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,58 \pm 0,04 \text{ V}$
$48 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,42 \pm 0,04 \text{ V}$
$51 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,30 \pm 0,04 \text{ V}$
$56 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$2,12 \pm 0,04 \text{ V}$
$62 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,88 \pm 0,04 \text{ V}$
$70 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,58 \pm 0,04 \text{ V}$
$78 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,30 \pm 0,04 \text{ V}$
$85 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$1,10 \pm 0,04 \text{ V}$
$93 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,88 \pm 0,04 \text{ V}$
$103 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,66 \pm 0,04 \text{ V}$
$111 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,52 \pm 0,04 \text{ V}$
$119 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,40 \pm 0,04 \text{ V}$
$129 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,30 \pm 0,04 \text{ V}$
$136 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,24 \pm 0,04 \text{ V}$
$147 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,16 \pm 0,04 \text{ V}$
$158 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,10 \pm 0,04 \text{ V}$
$165 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,08 \pm 0,04 \text{ V}$
$172 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,06 \pm 0,04 \text{ V}$
$181 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,04 \pm 0,04 \text{ V}$
$200 \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$	$0,02 \pm 0,04 \text{ V}$

Tabella C.3: Dati RLC: Regime di smorzamento critico ( $V_R(t)$ ).