

# Diodi

Filippo Dal Farra

Matteo Zandegiacomo Orsolina

10 Dicembre 2018

# 1 Introduzione

Questa relazione riassume gli esiti di tre esperienze tutte finalizzate all'adempimento dell'analisi di un circuito RLC svolto durante l'ultima seduta. Per fare ciò si é sfruttato l'uso di un oscilloscopio il quale, da come si vedrá, modifica inevitabilmente le risposte dei circuiti in analisi. A causa di questo é risultato poi necessario derivare i valori delle capacità e delle resistenze parassite che si trovano all'interno dell'oscilloscopio per poi effettuare l'analisi tenendo conto di esse.

Successivamente abbiamo studiato la risposta in frequenza del circuito RC nelle diverse configurazioni di filtro passa alto e filtro passa basso, sempre variando le frequenze di taglio. Così facendo si é riusciti ad ottenere i diagrammi di Bode corrispondenti che associati alle relative funzioni di trasferimento teoriche forniscono i valori dei componenti usati nei vari casi. Inoltre queste misure sono poi state messe a confronto con i risultati ottenuti precedentemente nella carica e scarica del condensatore, per osservare se risultavano tra loro compatibili.

Infine abbiamo considerato anche un induttore, consistente in una bobina realizzata precedentemente. Inizialmente abbiamo studiato un circuito RL per trovare il valore dell'induttanza di questo elemento attraverso diversi cicli di carica e scarica del campo magnetico da esso generato. In seguito è stata posta all'interno di un circuito RLC composto dalla bobina e dal condensatore usato precedentemente di cui si sapeva a questo punto il valore. Ciò ci ha permesso di studiare il funzionamento del circuito passa banda e trovare la sua frequenza di risonanza.

Il codice utilizzato in questa esperienza é raggiungibile al <link>.

## **2    Materiali e strumenti**

- diodi 1N4007 oggetto di analisi

### 3 Procedure di misura

Innanzitutto è stato necessario montare il circuito RC per osservare la scarica del condensatore come suggerito dalla scheda fornita ???. Ad esso andava poi collegato l'oscilloscopio tramite i cavi coassiali all'ingresso ed all'uscita del circuito. Abbiamo impostato il generatore di funzioni in modo che producesse lo scalino da  $\Delta V$  a  $0\text{ V}$ , e in questa configurazione è stato osservato l'andamento in uscita dell'onda nella fase di scarica. Sono stati utilizzati 5 diversi valori di resistenza con lo stesso condensatore in modo da avere tempi caratteristici  $\tau$  differenti e per ognuno sono state salvate 6 forme d'onda con l'oscilloscopio impostato a 16 averagings. Ciò ha fornito un numero sufficiente di dati per poi poter trovare i parametri relativi ad eventuali componenti parassiti, dato che in seguito la procedura è stata ripetuta senza il condensatore in esame, supplito dalla capacità intrinseca di cavi e ADC dell'oscilloscopio. Tutti i valori di resistenza utilizzati sono stati misurati con il DMM.

Successivamente lo stesso circuito è stato studiato come filtro, analizzando la sua risposta ad un ingresso sinusoidale in funzione della frequenza applicata. Sono stati scelti valori di resistenza che ci dessero valori della frequenza di taglio specifici. Il generatore di funzioni è stato impostato a  $V_{PP} = 2 \div 4\text{V}$  con frequenze distribuite esponenzialmente per una decade e  $\frac{1}{2}$  prima e dopo la frequenza di taglio. Quindi sono stati da noi trascritti i valori di ampiezza in entrata ed uscita dal circuito assieme allo sfasamento tra i due forniti dall'oscilloscopio tramite le sue funzioni di misura in modo da poter creare il diagramma di Bode. Infine abbiamo applicato una resistenza in modo da caricare il circuito ed in queste condizioni è stata misurata l'impedenza in uscita del filtro con due diverse frequenze. La procedura è stata ripetuta con la configurazione passa alto ??, per un unico valore di resistenza.

In seguito si è considerata una bobina costruita precedentemente e con essa è stato costruito un circuito RL. Per fare ciò la bobina è stata inserita all'interno di un core di materiale ferromagnetico, il quale aveva il ruolo di amplificare l'induttanza da esso prodotta. Si è innanzitutto ancora usata un'onda quadra dal generatore di funzioni, con diverse configurazioni di resistenze in modo da studiarne la scarica. Si è poi montato un circuito RLC passa banda, sfruttando come induttore ancora la bobina e come condensatore l'elemento di circuito usato precedentemente. Si è impostato il generatore di funzioni in modo da realizzare un'onda sinusoidale applicata a due diverse configurazioni di valori di resistenza. Si è studiato ciò modificando i valori della frequenza, infittendo la risoluzione in concomitanza della frequenza di risonanza del circuito.

## 4 Analisi dei dati

Verranno ora analizzati i dati ottenuti per ogni configurazione.

### 4.1 Diodi

### 4.2 Ponte di Graetz

Verrá prima preso in esame il ponte di graetz come rettificatore a doppia semionda filtrato ma senza stabilizzatore a diodo zener in fig 1.

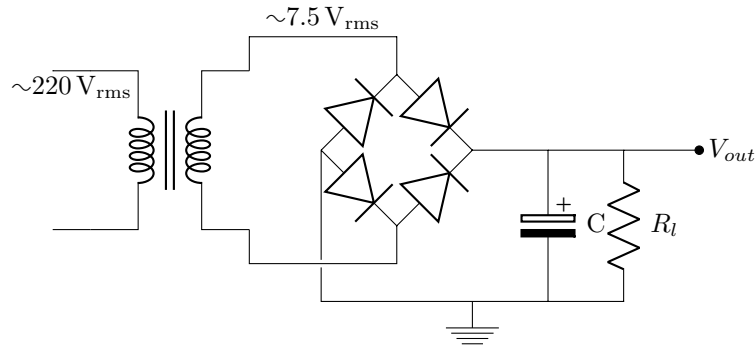


Figure 1: Ponte di Graetz con filtro capacitivo.

Il condensatore elettrolitico scelto  $C = 220 \mu F$  ha lo scopo di stabilizzare la doppia semionda in uscita dal ponte risultando nell'onda in fig 2.

Si può procedere a calcolare ora la massima ddp che otterrei in funzione della resistenza di carico applicata e la si confronta con i valori misurati in fig. 3. La corrente sul carico  $i_l$  é stata calcolata dalla  $V_{out}$  misurata.

$$i_{l max} = \frac{V_{out max}}{R_l} \quad (1)$$

$$V_{out max} = V_{in max} - 2V_d(i_{l max}) \quad (2)$$

Come si può vedere la presenza dei diodi provoca effettivamente un calo di tensione come ci si aspetta e anche l'andamento in funzione del carico é quello previsto.

Il ripple invece é mostrato in fig. 4.

$$V_{out pp} = \frac{i_{l max}}{2fC} \quad (3)$$

Il ripple sul condensatore segue qualitativamente l'andamento previsto e risulta del tutto compatibile per un range di carichi da  $R_l = 2 k\Omega$  a  $R_l = 30 k\Omega$ .

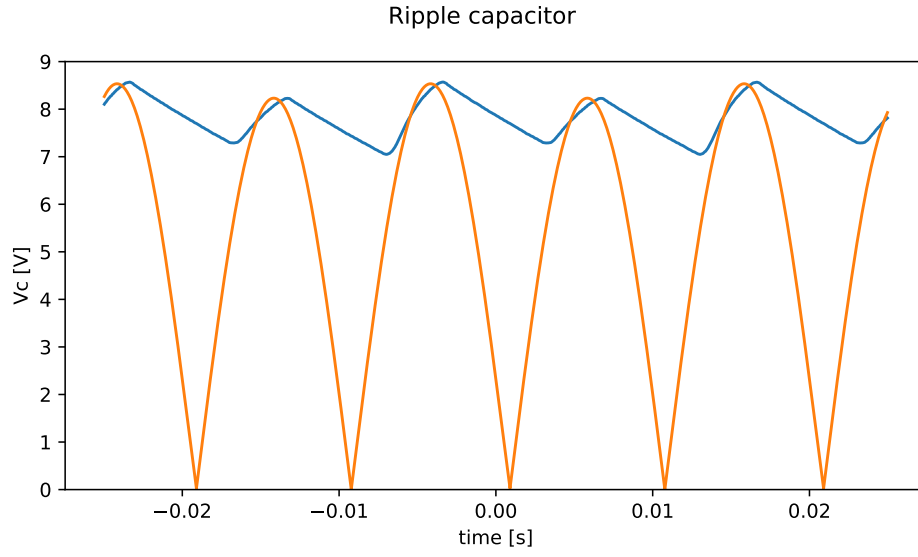


Figure 2: In blu la forma d'onda in uscita con il condensatore ( $Rl = 200 \, \Omega$ ) ed in arancione se esso non ci fosse (quest'ultima forma d'onda é stata generata numericamente non potendole osservare contemporaneamente)

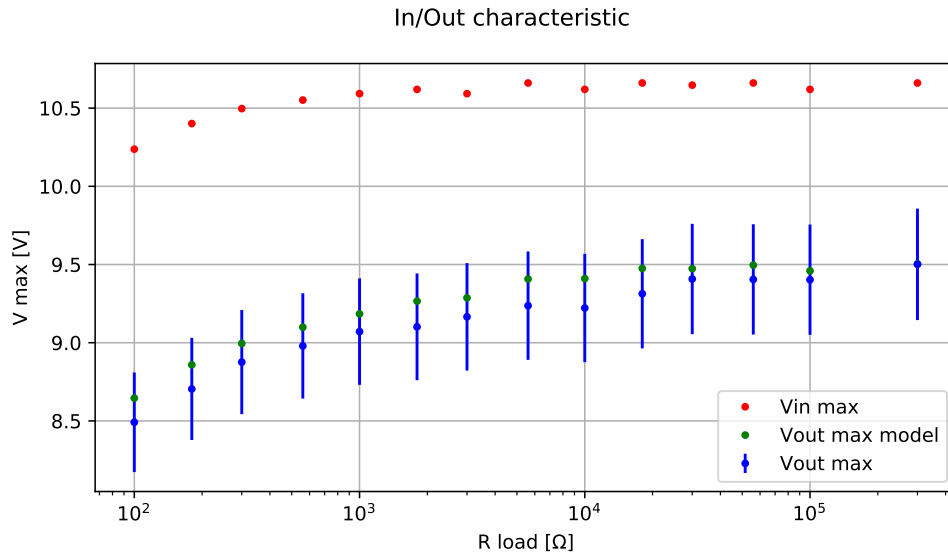


Figure 3:  $V_{in}$  misurata prima del ponte a diodi e  $V_{out}$  misurata ai capi del carico

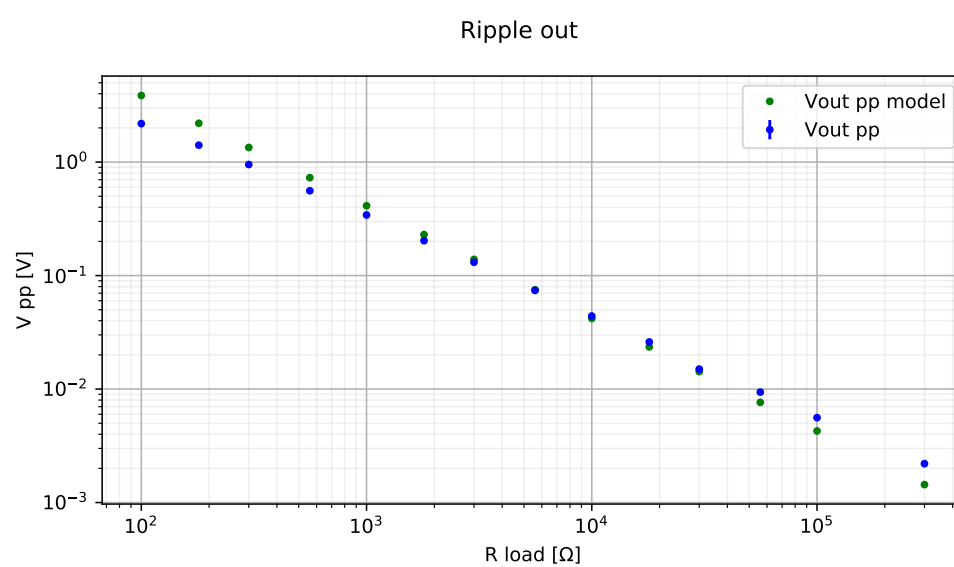


Figure 4: Ripple su  $V_{out}$  misurata ai capi del carico

Si aggiunge quindi ora il diodo zener per stabilizzare ulteriormente l'uscita secondo il circuito in figura 5.

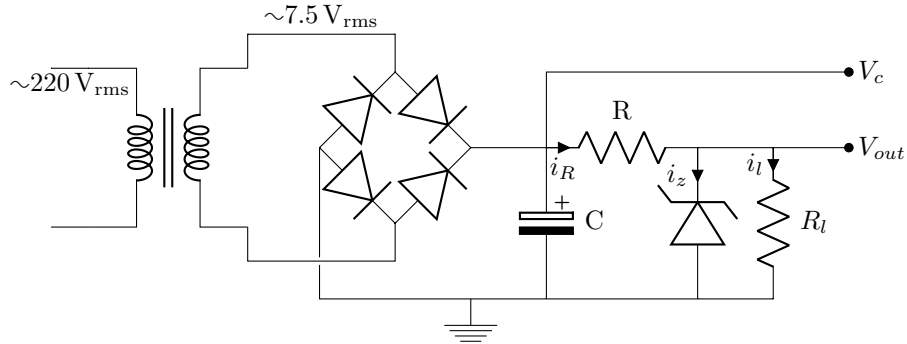


Figure 5: Ponte di Graetz con filtro capacitivo e diodo zener.

In questa configurazione il diodo svolge la funzione di diminuire il ripple (fig. 6) che si era visto con solamente il condensatore al costo di dissipare potenza nella resistenza  $R$  e nello zener.

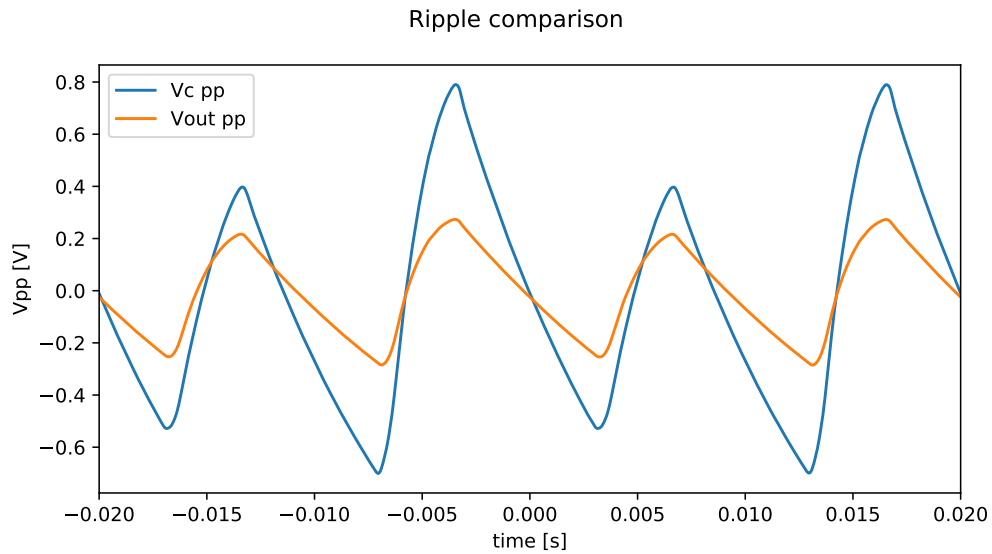


Figure 6: Confronto ripple con  $R_l = 200 \Omega$ .

Chiamata  $i_z(V_z)$  la caratteristica tensione-corrente dello zener ed utilizzando la  $V_{out}$  misurata per il calcolo di  $i_l$  e  $i_z$  si può definire:



$$i_{l\max} = \frac{V_{out\max}}{R_l} \quad (4)$$

$$i_{z\max} = i_z(V_{out\max}) \quad (5)$$

$$i_{R\max} = i_{z\max} + i_{out\max} \quad (6)$$

$$V_{out\max} = V_{c\max} - i_{R\max}R \quad (7)$$

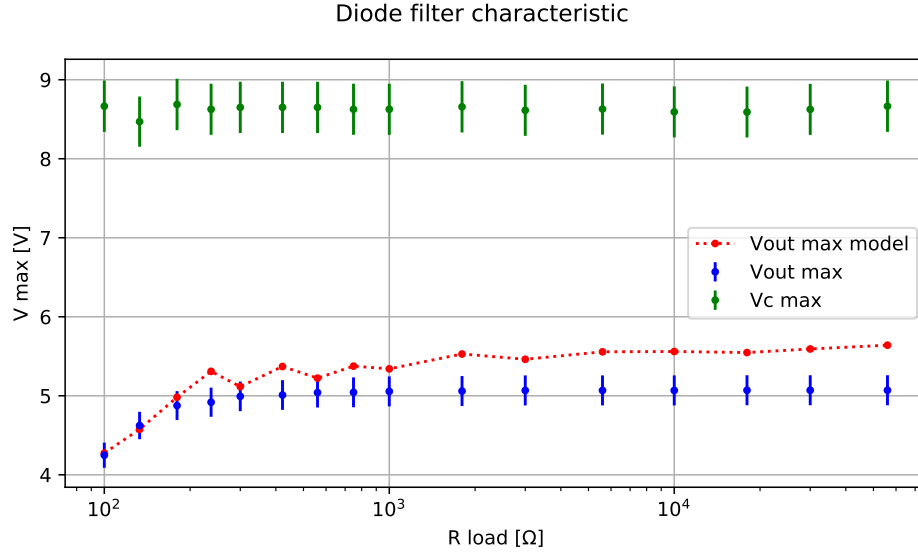


Figure 7:  $V_{out\max}$  in funzione del carico

Come si può vedere la presenza dello stadio ulteriore di filtraggio diminuisce l'output del circuito.

Considerata  $r_z(i_z)$  la resistenza dinamica del diodo, il ripple viene stimato in questo modo:

$$V_{c\,pp} = \frac{i_{R\max}}{2fC} \quad (8)$$

$$V_{out\,pp} = V_{c\,pp} \frac{r_z}{r_z + R(1 + \frac{r_z}{R_l})} \quad (9)$$

E quindi confrontato in figura 8 da cui si vede che per valori di carico inferiore al kiloOhm il ripple aumenta fino al 15% di  $V_{out\max}$  (corrispondente a  $R_l = 100 \, \Omega$ ). Questo é dovuto al fatto che una resistenza  $R_l$  minore aumenta la corrente che scorre nella resistenza  $R$  che a sua volta diminuisce la tensione in uscita facendo fuoriuscire la non idealità della caratteristica tensione-corrente del diodo zener che per correnti piccole non può essere considerato equivalente ad un generatore di tensione costante.

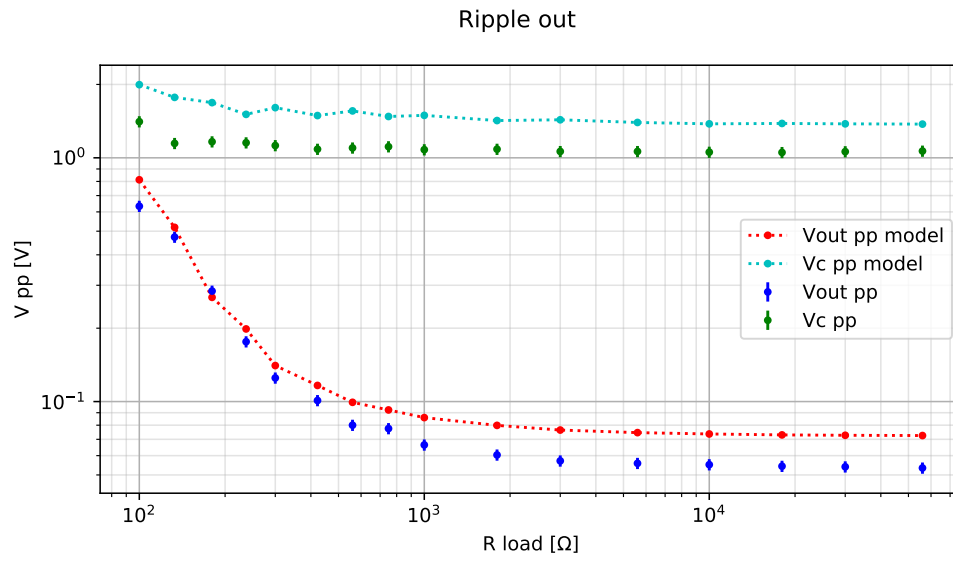


Figure 8: Ripple in funzione del carico.

Si può inoltre esaminare la resistenza in uscita  $R_{out}$  mostrata dal circuito 9.

$$R_{out} = \frac{V_{out\ c.a.} - V_{out}}{i_{out}} \quad (10)$$

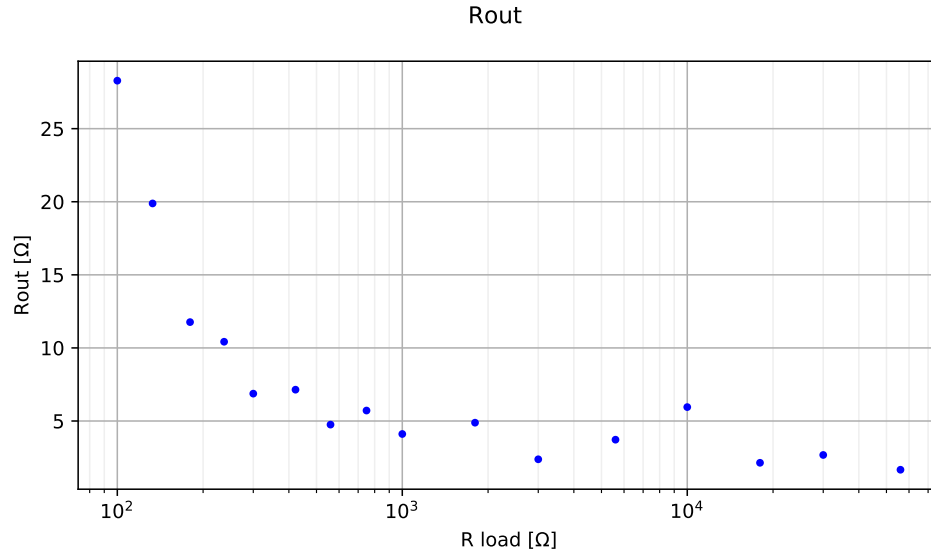


Figure 9:  $R_{out}$  in funzione del carico.

Il costo in termini di potenza dissipata per diminuire il ripple risulta:

$$P_d = i_R^2 R + i_z V_{out} \quad (11)$$

Questa potenza persa causa una diminuzione dell'efficienza del circuito al diminuire della corrente assorbita dal carico come si può vedere in figura 10.

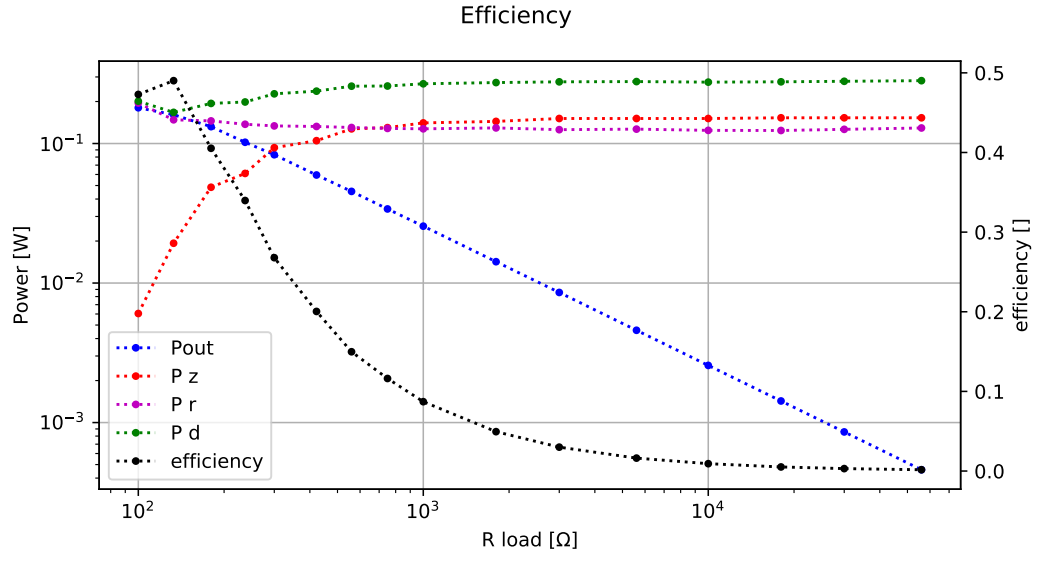


Figure 10: Efficienza:  $P_{out}$  potenza sul carico,  $P_z$  potenza dissipata dal diodo zener,  $P_r$  potenza dissipata dalla resistenza  $R$  e  $P_d$  totale della potenza persa nel filtering.