

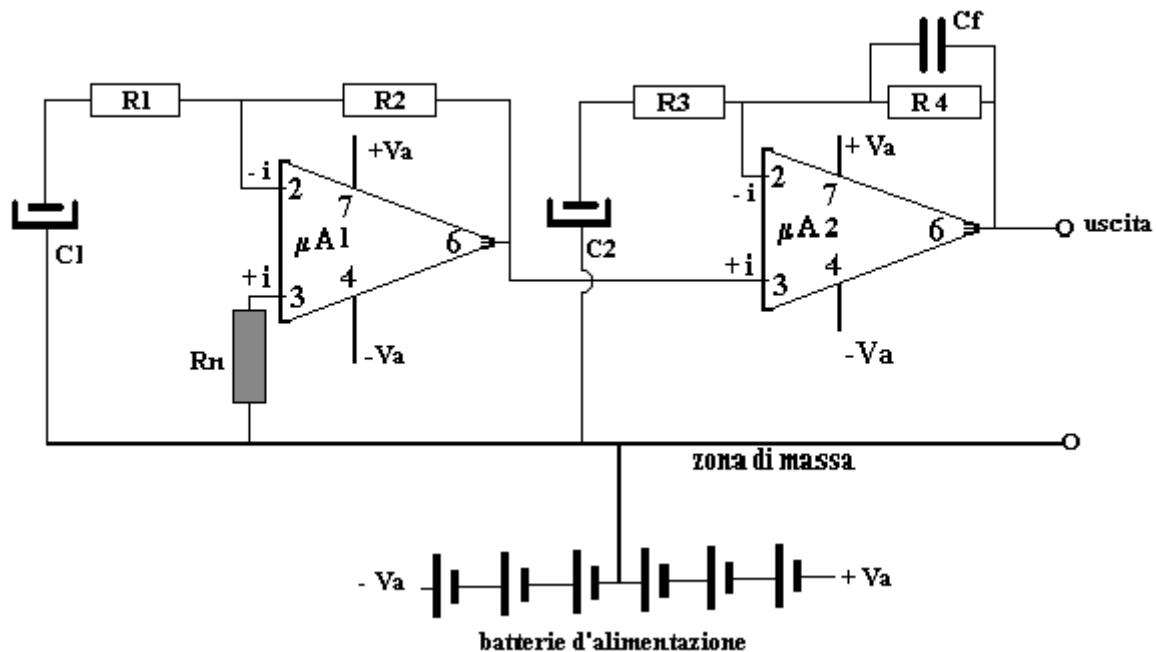
4.15 Generatore di rumore

Per generatore di rumore s'intende un circuito elettronico in grado di fornire all'uscita una tensione di rumore, di livello noto, da utilizzarsi in molte attività sperimentali di laboratorio.

Un generatore di questo tipo si basa semplicemente su di una resistenza che, a causa dell'agitazione degli elettroni dovuta alla temperatura, genera ai suoi capi, in modo naturale, una piccola tensione di rumore; detta tensione è poi amplificata opportunamente da due microamplificatori disposti in cascata.

Uno schema di generatore di rumore è proposto in figura 4.34.

figura 4.34



Il circuito mostra, a tratto ombreggiato, la resistenza R_n delegata a fornire la tensione di rumore che, dopo amplificazione, viene resa disponibile all'uscita del generatore.

La tensione di R_n è applicata all'ingresso non invertente di $\mu A1$ per subire un primo innalzamento di livello; $\mu A1$ deve avere una tensione di rumore proprio nettamente inferiore a quella generata da R_n affinché quest'ultima si possa considerare, ai fini del calcolo dei livelli, l'unico generatore di rumore.

L'uscita di $\mu A1$ viene amplificata da $\mu A2$ per il raggiungimento di livelli di tensione di rumore significativi; il condensatore C_f disposto nel circuito di controreazione di $\mu A2$ e $C2$ ha il compito di limitare la banda del rumore generato, se ciò è richiesto.

Il generatore di rumore deve essere alimentato, in $+V_a$ e $-V_a$, con batterie a secco onde evitare che collegamenti con alimentatori in c.c. connessi alla rete 220 V c.a. possano mescolare alla tensione di rumore prodotta da R_n , componenti spurie a 50 Hz ed altro.

L'ampiezza della tensione di rumore generata da R_n , espressa in Volt/ $\sqrt{\text{Hz}}$, è definita dalla formula:

$$V_{rn} \approx \sqrt{(1.5 * 10^{-20} * R_n)}$$

Vediamo come dimensionare un generatore di rumore secondo lo schema di figura 4.34:

Dati di base:

Sia da costruire un generatore di rumore in grado di fornire una tensione di circa 0.1 V_{eff} nella banda di frequenze compresa tra 10 e 1000 Hz a -3 dB, con pendenza oltre il taglio di 6 dB/ottava.

Dimensionamento di R_n e valutazione del rumore generato:

Nella scelta del valore di R_n si deve osservare:

Maggiore è il valore di R_n più elevata è la tensione generata dalla resistenza.

Maggiore è il valore di R_n più elevata risulta l'impedenza d'ingresso di μA1 con il rischio d'interferenze elettriche dall'esterno.

Valori compresi tra 1 Mohm e 4.7 Mohm si sono dimostrati praticamente buoni compromessi tra i due problemi; un valore di R_n = 3.3 Mohm è pertanto una ottima scelta.

Si deve calcolare V_{rn} secondo la formula

$$V_{rn} \approx \sqrt{(1.5 * 10^{-20} * R_n)}$$

valida se R_n è del tipo ad impasto di carbone.

$$V_{rn} \approx \sqrt{(1.5 * 10^{-20} * 3.3 * 10^6)} = 0.22 \mu V/\sqrt{Hz}$$

Il valore spettrale del rumore deve essere trasformato nella banda richiesta di 990 Hz abbiamo quindi:

$$V_{rn} = 0.22 \mu V/\sqrt{Hz} * \sqrt{990} = 7 \mu V_{eff}$$

Calcolo del guadagno elettronico:

Il guadagno elettronico richiesto ai due microamplificatori è di:

$$G_e = V_{nu} / V_{rn}$$

Dove V_{nu} è la tensione di rumore richiesta in uscita nella banda 990 Hz e V_{rn} è la tensione generata da R_n nella stessa banda, si ha perciò:

$$G_e = 0.1 V_{eff} / 7 \mu V_{eff} = 14285 \text{ volte (83 dB)}$$

Questo guadagno può essere diviso in due quote, q_p, uguali tra μA1 e μA2 come segue:

$$q_p = \sqrt{G_e}$$

$$q_p = \sqrt{14285} = 119 \text{ volte (41.5 dB)}$$

Calcolo delle reti di controeazione:

Avendo stabilito che i due microamplificatori abbiano lo stesso guadagno, si avrà:

$$R_1 = R_3$$

$$R_2 = R_4$$

e quindi dovrà risultare $R_1 + R_2 / R_1 = q_p = 119 \text{ volte}$

Fissando $R_2 = 100000 \text{ ohm}$, per non caricare i circuiti integrati, si ha:

$$R_1 = R_2 / (q_p - 1) = 100000 \text{ ohm} / (119 - 1) = 847 \text{ ohm} \text{ (arrotondabile a } 820 \text{ ohm)}$$

Il valore di C_1 , per non creare tagli in frequenza su μA_1 , deve essere circa $X_{c1} = R_1/100$, perciò $X_{c1} = 8.2 \text{ ohm}$ alla frequenza inferiore della banda (10 Hz), quindi:

$$C_1 = 1 / 6.28 * 10 \text{ Hz} * 8.2 \text{ ohm} = 1941 \text{ } \mu\text{F} \text{ (arrotondabile a } 2200 \text{ } \mu\text{F)}$$

Vediamo i tagli di frequenza che devono operare su μA_2 :

Un taglio deve essere fatto; -3dB a 10 Hz dimensionando C_2

Un taglio deve essere fatto; -3dB a 1000 Hz dimensionando C_f

La reattanza di C_2 a 10 Hz dovrà essere

$$X_{c2} = R_3 = 820 \text{ ohm}$$

quindi

$$C_2 = 1 / 6.28 * 10 \text{ Hz} * 820 \text{ ohm} = 19.4 \text{ } \mu\text{F} \text{ (arrotondabile a } 22 \text{ } \mu\text{F)}$$

La reattanza di C_f deve essere calcolata con la formula

$$X_{cf} = 0.707 * q_p * R_4 / \sqrt{[R_4^2 - (0.707 * q_p)^2]}$$

$$X_{cf} = 0.707 * 119 * 100000 \text{ ohm} / \sqrt{[100000^2 - (0.707 * 119)^2]} = 84.14 \text{ ohm}$$

Dalla quale il valore di C_f

$$C_f = 1 / 6.28 * 1000 \text{ Hz} * 84.14 \text{ ohm} = 1.89 \text{ } \mu\text{F} \text{ (arrotondabile a } 2.2 \text{ } \mu\text{F)}$$

Scelta dei microamplificatori:

Per μA_1 ci si deve orientare su di un circuito integrato con un rumore proprio nettamente inferiore al rumore generato da R_n

$$V_{rn} = 0.22 \text{ } \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$$

Il microamplificatore OPA27 ha un rumore proprio massimo V_o inferiore a $6 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ovvero uguale a $0.006 \text{ } \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$ che soddisfa la condizione imposta.

Per μA_2 si deve comparare il rumore proprio con il rumore V_{rn} amplificato da μA_1 .

Essendo $q_p = 119$ volte si ha:

$$\text{rumore in uscita da } \mu A_1 = V_{rn} * q_p = 0.22 \text{ } \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}} * 119 \text{ volte} = 26 \text{ } \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$$

Il microamplificatore LF156 ha un rumore proprio massimo V_o dell'ordine di $20 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ovvero uguale a $0.02 \text{ } \mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$ che soddisfa la condizione imposta.

Elenco dei componenti:

Resistenze al 5%, $\frac{1}{4}$ W

μ A1 = OPA27

μ A2 = LF156

Rn = 3.3 Mohm (ad impasto)

R1 = R3 = 820 ohm

R4 = R5 = 100000 ohm

C1 = 2200 μ F

C2 = 22 μ F

Cf = 1700 pF

Batterie d'alimentazione +14V ; -14 V

Suggerimenti per la costruzione:

Il generatore di rumore deve essere realizzato con cura in una piastrina isolante da inserire in un piccolo contenitore metallico collegato alla massa del circuito.

Le batterie, da +/-14 V, devono essere poste all'interno del contenitore e devono essere collegate al circuito con cavetti corti, su ciascuna batteria deve essere poi collegato un condensatore da 1000 μ F.

La prima sezione del circuito, formata da μ A1, Rn, R1,R2,C1, deve essere schermata dalla seconda sezione con una lastrina metallica ortogonale alla piastrina dell'elettronica.

L'uscita del generatore deve essere collegata ad un connettore BNC fissato al contenitore.

L'unico elemento che deve fuoriuscire dal contenitore deve essere l'interruttore doppio d'accensione.