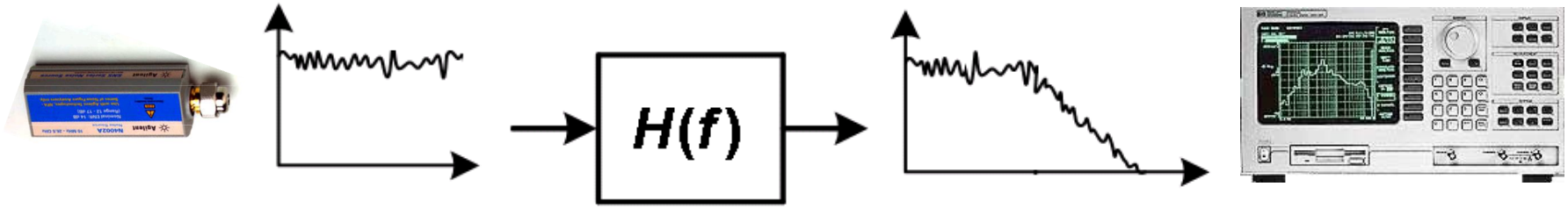
Rumore Elettronico: Laboratorio

- *Realizzazione di un generatore di Rumore*
- *Misura della varianza e della potenza di rumore con l'oscilloscopio*

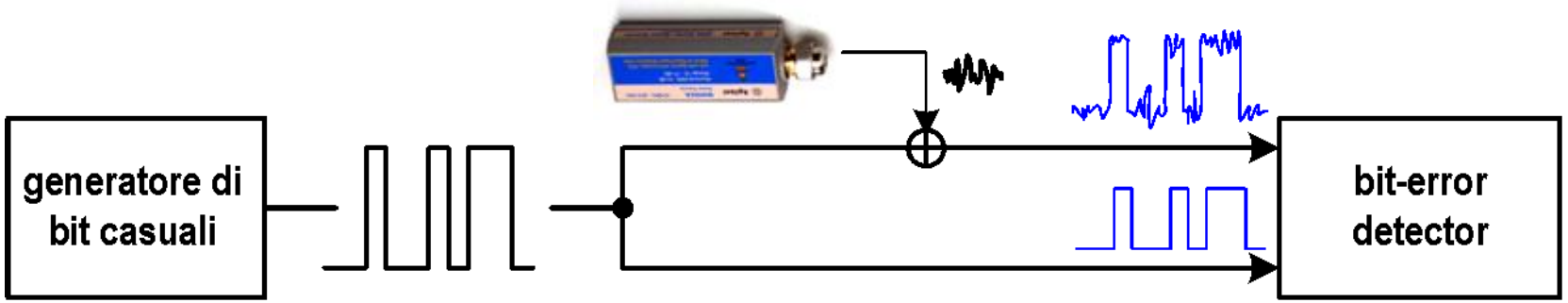
Il “Generatore di Rumore”

Il *generatore di rumore* è uno strumento da laboratorio in grado di fornire in uscita un *rumore bianco* con ampiezza *(varianza) regolabile*. Risulta utile per effettuare diversi test di laboratorio su circuiti e sistemi elettronici.

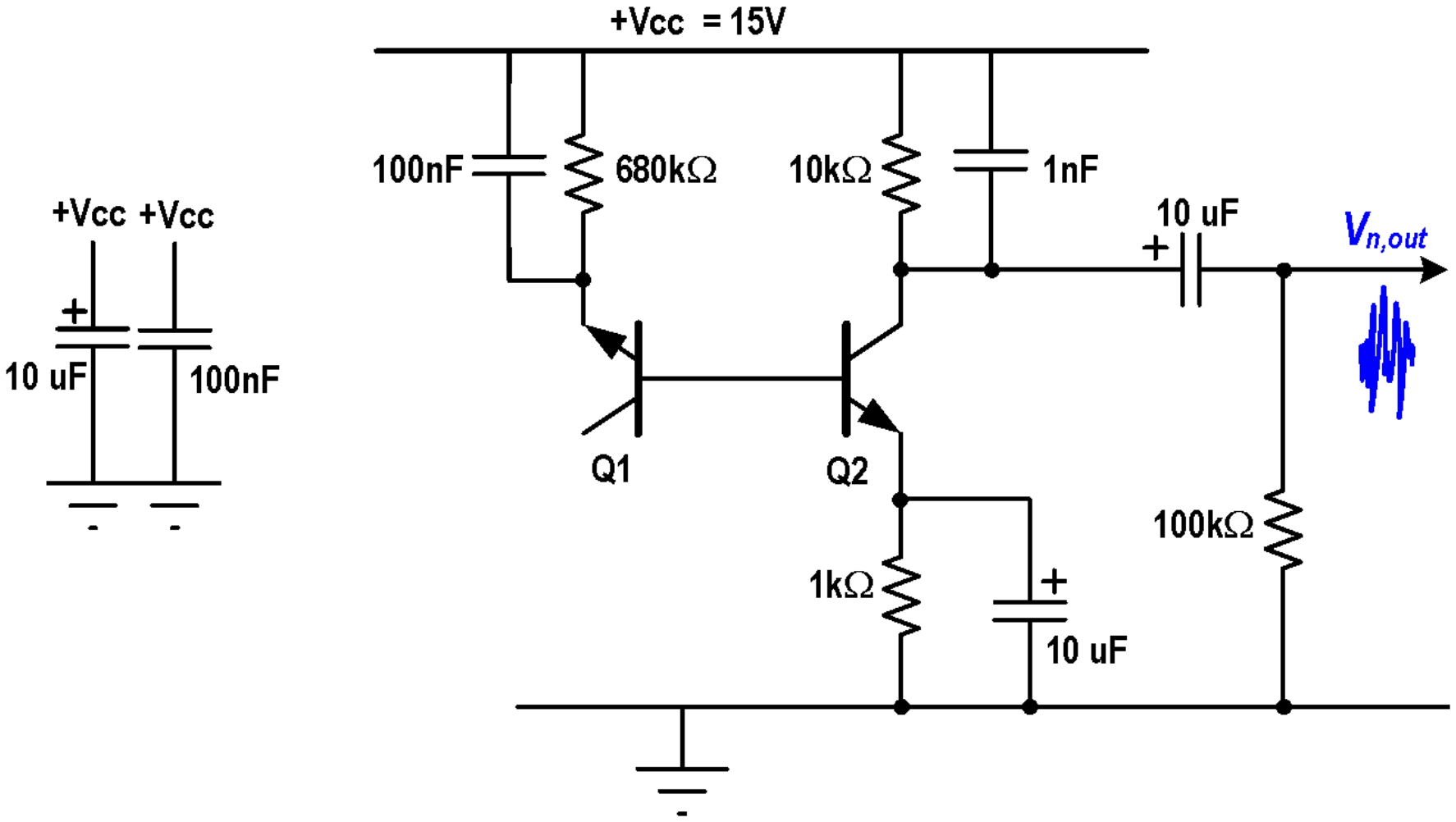
Misura automatica delle funzioni di trasferimento di filtri



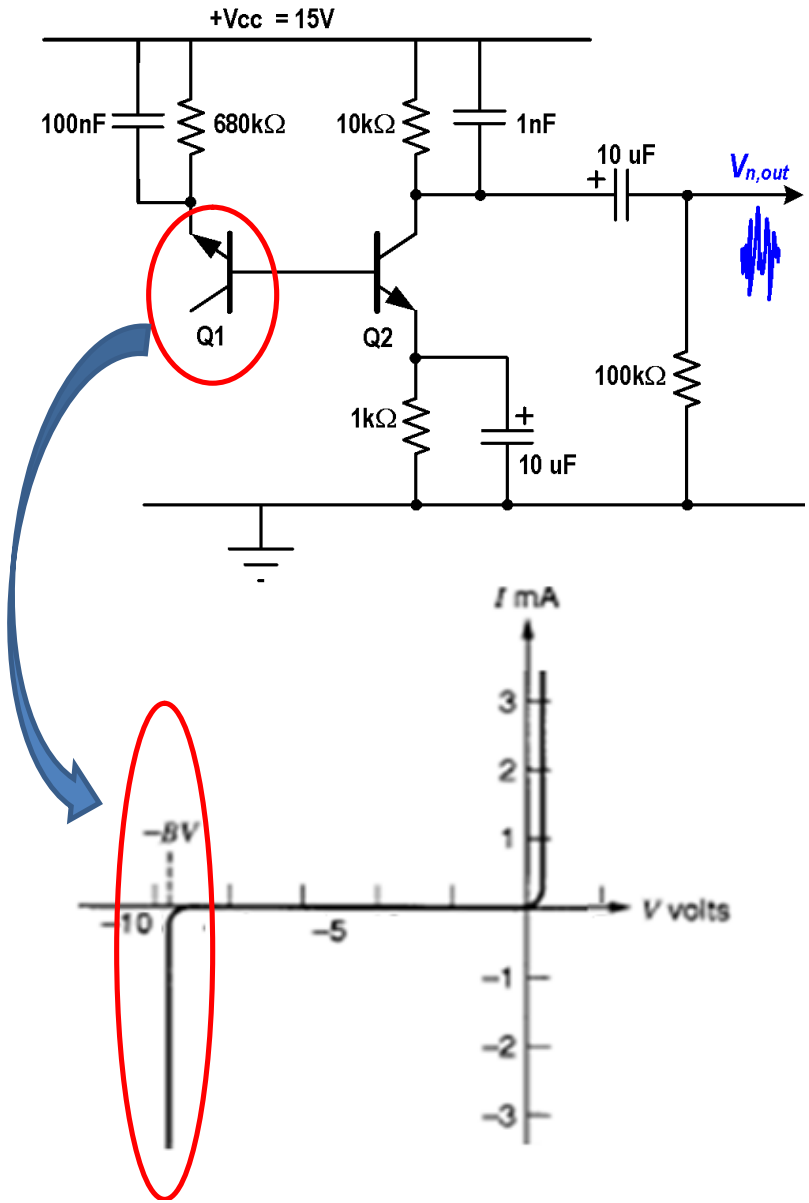
Misure di tolleranza al rumore (Bit Error Rate) nelle comunicazioni digitali



Schema Elettrico



La “sorgente” di rumore



Per generare “elevato” rumore si sfrutta la *giunzione base-emettitore di Q1* polarizzata in inversa, *nella regione di breakdown*

In condizioni di “breakdown” i portatori acquisiscono sufficiente energia da generare, ad ogni urto con il cristallo, ulteriori portatori. Si parla di *moltiplicazione “a valanga”*.

Il *rumore elettronico generato* dalla giunzione in condizioni di breakdown *è molto piu elevato* del rumore “shot” in condizioni di polarizzazione diretta

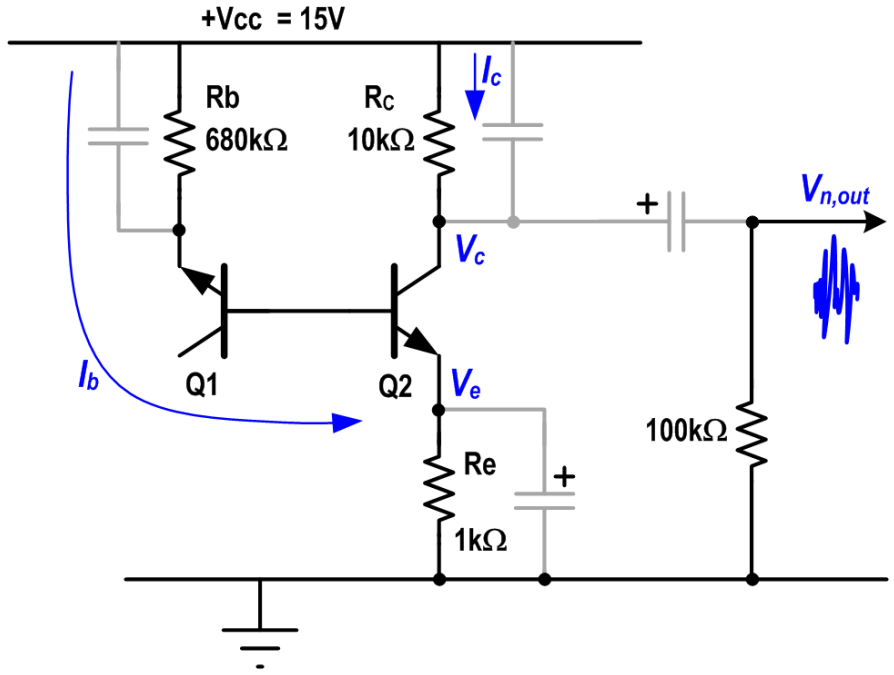
Analisi DC : correnti

2N2222

$V_{BV-BE} > 6V$

$0.6 \le V_{BE} \le 1.2V$

$50 \le \beta \le 300$



Suppongo

$V_{BV-BE} \approx 6V$

$V_{BE} \approx 0.7V$

$\beta \approx 100$

$$V_{cc} - V_{BV-BE|Q2} - V_{BE|Q1} = I_B R_b + (\beta + 1) I_B R_e$$

$$I_B = \frac{V_{cc} - V_{BV-BE|Q2} - V_{BE|Q1}}{R_b + (\beta + 1) R_e} \approx \frac{15 - 6 - 0.7}{680k + 100 \cdot 1k} \approx 10\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B \approx 1mA$$

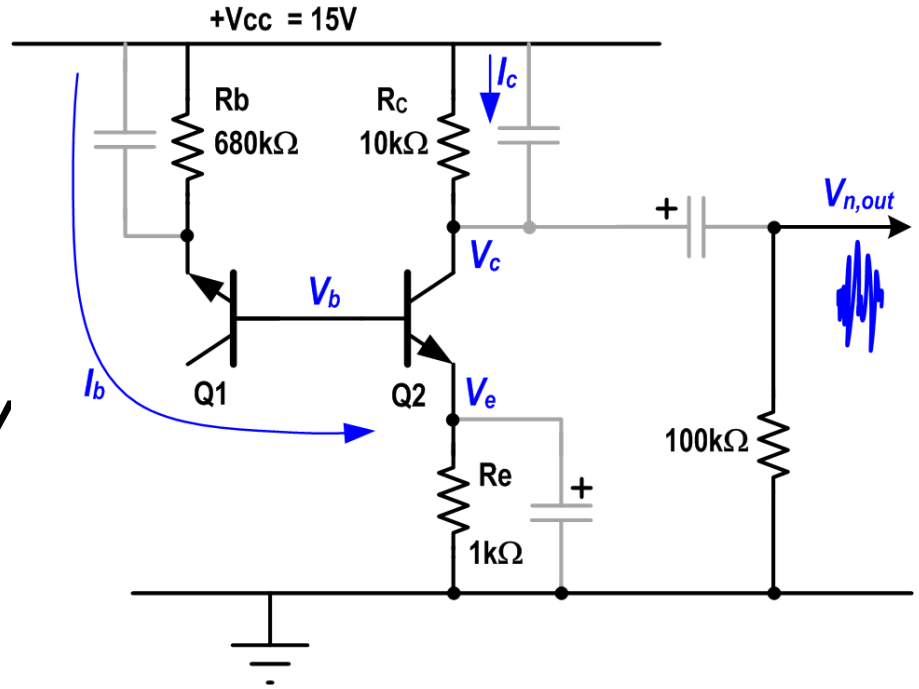
Analisi DC : tensioni

2N2222

$V_{BV-BE} > 6V$

$0.6 \le V_{BE} \le 1.2V$

$50 \le \beta \le 300$



Suppongo

$V_{BV-BE} \approx 6V$

$V_{BE} \approx 0.7V$

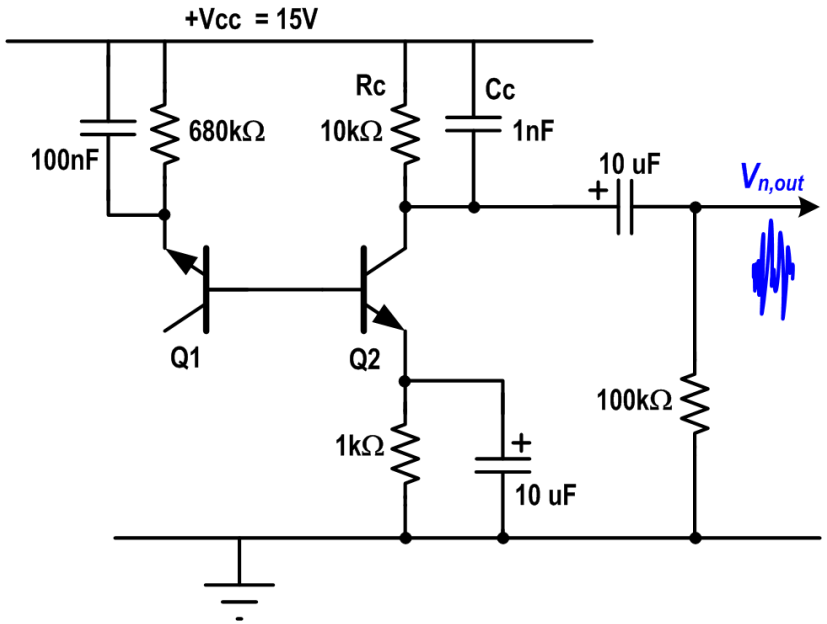
$\beta \approx 100$

$$V_c = V_{cc} - R_c I_c = 15 - 10k \cdot 1m = 5V$$

$$V_e = R_e \cdot I_b(\beta + 1) \approx 1V$$

$$V_b = V_e + V_{BE} \approx 1.7V$$

Circuito AC

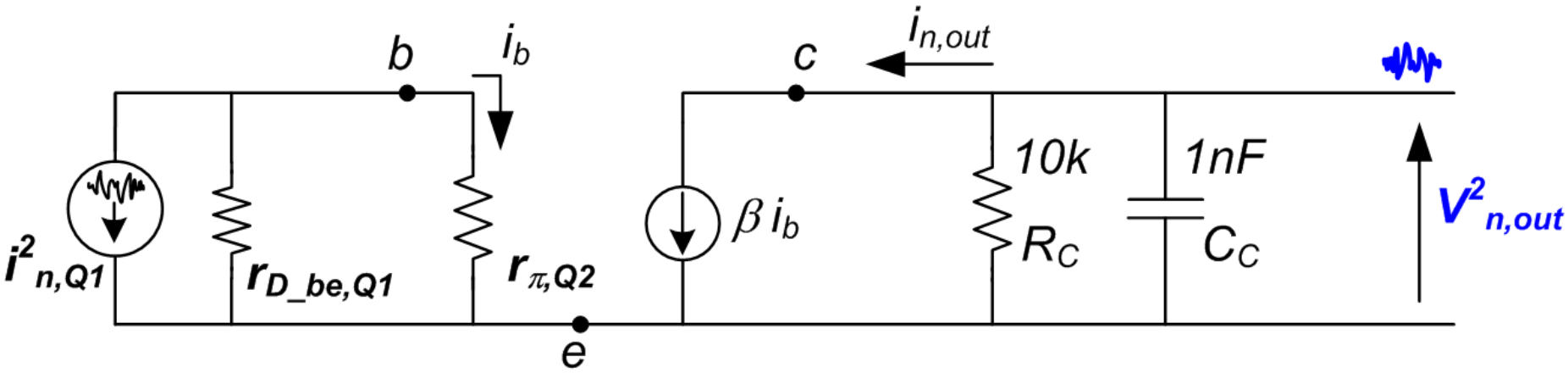


Ipotesi:

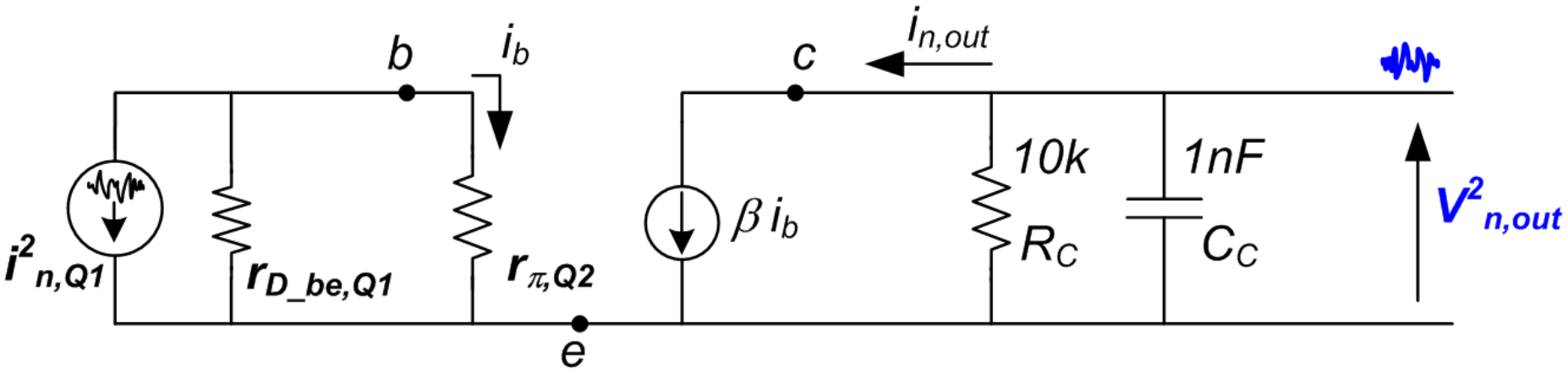
-tutti i condensatori sono corto-circuito AC eccetto Cc

-rumore generato solo da Q1

-giunzione BE di Q1 in breakdown modellizzata da res. equivalente e generatore di corrente



Circuito AC



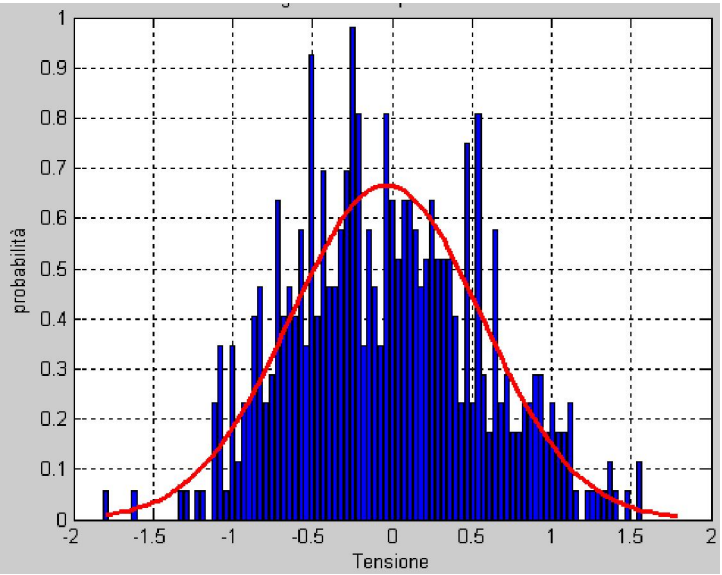
$$i^2_{n,out} = \left[i_{n,Q1} \left(\frac{r_{D_be,Q1}}{r_{D_be,Q1} + r_{\pi,Q2}} \right) \cdot \beta \right]^2 \qquad \left[A^2 / Hz \right]$$

$$V^2_{n,out} = \left[i_{n,out} \left(R_C \,//\, Z_{Cc} \right) \right]^2 \qquad \left[V^2 / Hz \right]$$

$$V^2_{n,out,RMS} = V^2_{n,out} \frac{\pi}{2} f_p \qquad [V^2]$$

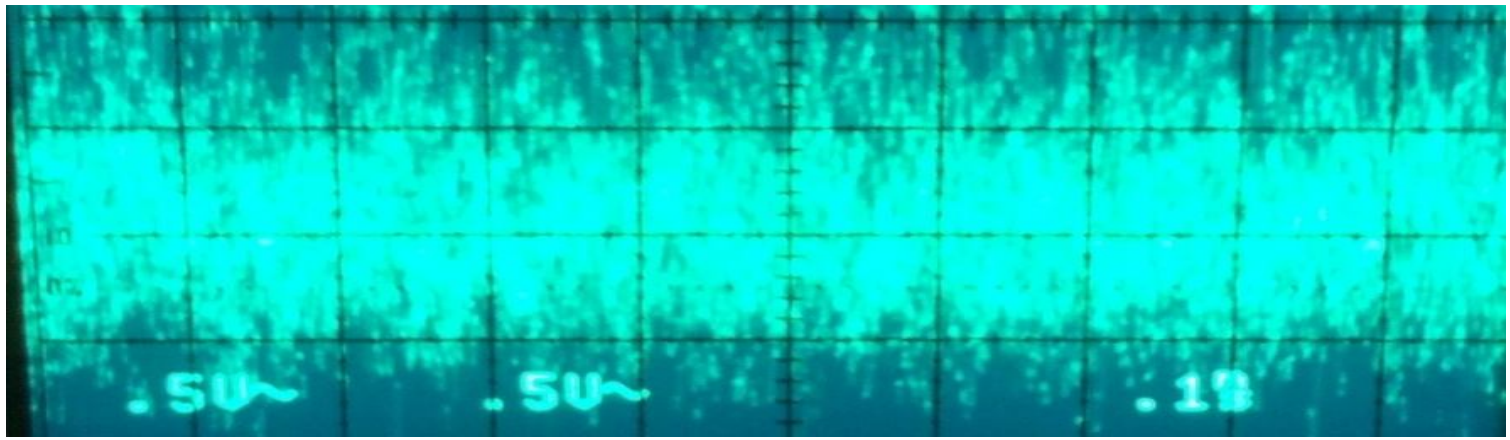
$$f_p = \frac{1}{2\pi R_C C_C}$$

Distribuzione dell'ampiezza

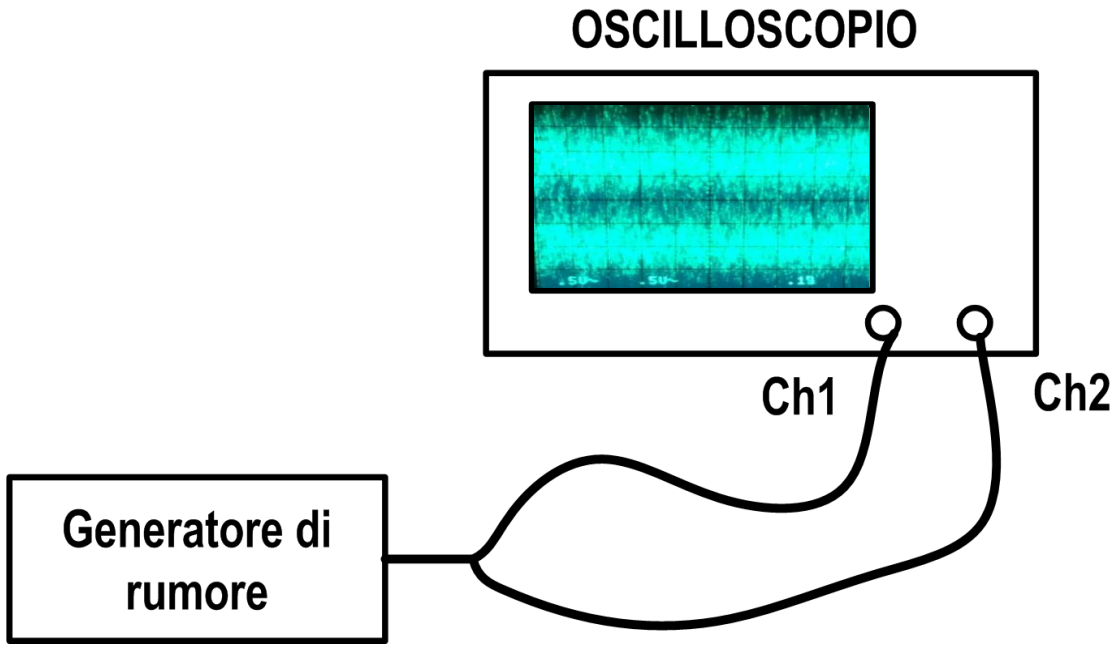


$$PDF(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X^2}{2\sigma^2}}$$

Assumendo una PDF gaussiana, il segnale visualizzato all'oscilloscopio presenta una intensità che è massima al centro della traccia e che si estingue verso gli estremi



Setup di Misura



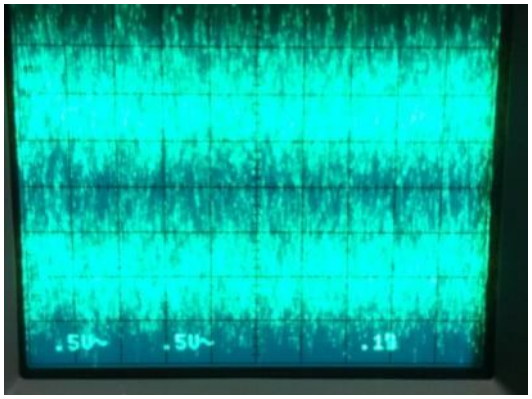
Sdoppiare l'uscita del generatore di rumore con un TEE – BNC

Connettere le due uscite ai due canali dell'oscilloscopio tramite due cavi schermati

Regolare l'oscilloscopio con guadagno verticale di circa 0.5V/div

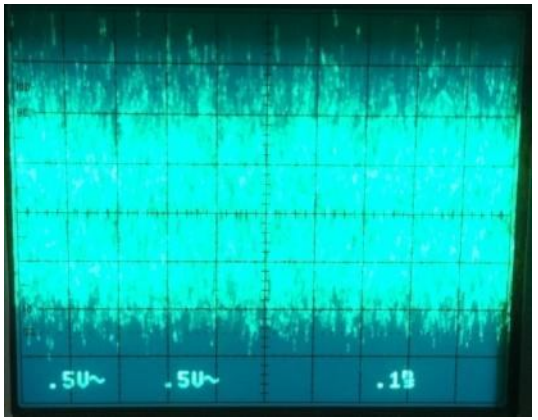
Misura della deviazione standard (σ_n)

(1)



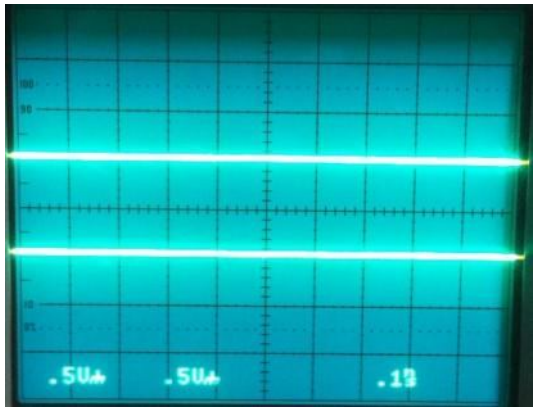
Regolare la posizione verticale dei due canali in modo da vedere DUE tracce separate da una zona scura

Avvicinare LENTAMENTE le due tracce fino a che la zona scura scompare



(2)

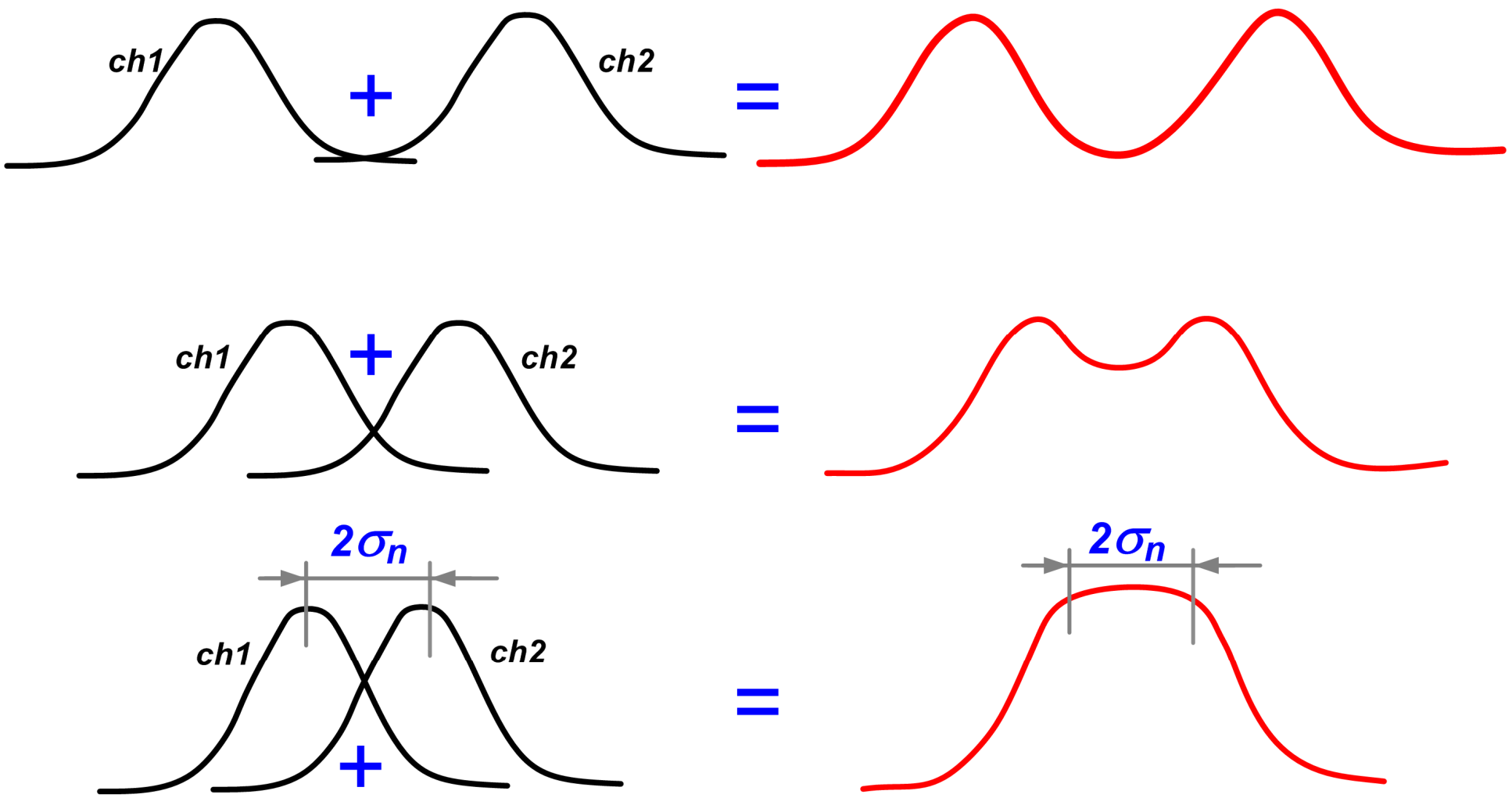
(3)



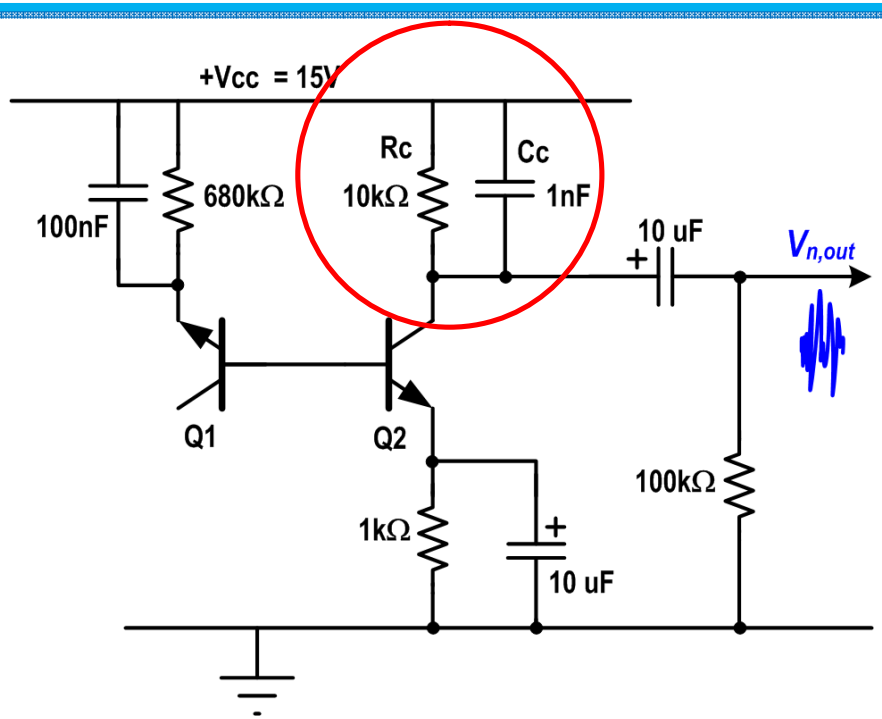
Disattivare i due canali e misurare la distanza fra le due tracce orizzontali.

Questa coincide approssimativamente con il doppio della deviazione standard del rumore: $2\sigma_n$

Misura della deviazione standard (σ_n)



Esercizio



Sostituire Rc con un resistore da 4.7k e ripetere la misura. Di quanto ti aspetti che cambi la varianza di rumore?

Sostituire Cc con un condensatore da 10nF e ripetere la misura. Di quanto ti aspetti che cambi la varianza di rumore?