Appendice

In quest’appendice si approfondiscono aspetti teorici e si riportano tutti i programmi scritti e discussi nei vari capitoli omessi in precedenza per non appesantire oltremodo la lettura. L’ordine con cui si mostrano i vari argomenti rispecchia quello dei rimandi fatti nel testo.

**Quantizzazione di una giunzione Josephson e Hamiltoniana di uno SQUID**

Si riprende il discorso con la discussione delle giunzioni Josephson. Una giunzione Josephson consiste in due superconduttori connessi con una barriera isolante per effetto tunnel. Può essere descritta tramite la sua corrente critica e la differenza di fase *gauge* invariante attraverso la giunzione. Valori che caratterizzano la giunzione e dipendono dai materiali superconduttori impiegati e dalle dimensioni della stessa. Più precisamente, si può associare ad ogni superconduttore k=1,2 una funzione d’onda del tipo:

dove è la densità di coppie di Cooper del k-esimo conduttore e la rispettiva fase. La dinemica del sistema è descritta dalle equazioni di Schrödinger:

dove e sono le energie degli stati e k la costante d’accoppiamento che misura l’interazione delle due funzioni d’onda. Sostituendo l’espressione di nelle equazioni di Schrödinger si ottengono le seguenti:

Le derivate sono proporzionali alla *corrente di Josephson* , mentre la quantità alla corrente critica menzionata precedentemente. Inoltre, se si applica una differenza di potenziale *V* alla giunzione, si ottiene e la precedente equazione può essere riscritta nelle *equazioni di Josephson:*

(prima eq. di Josephson)

(seconda eq. di Josephson)

Con queste si è in grado di descrivere l’evoluzione temporale della corrente di Josephson e di in funzione dellla differenza di potenziale V applicata. Nell’ultima equazione scritta è stato introdotto il fattore dove *2e* è la carica di una coppia di Cooper.

Derivando la prima equazione di Josephson rispetto al tempo e ricordando si ottiene un’induttanza non lineare:

L’energia relativa a questo termine d’induttanza la si può calcolare come:

; con .

Dove è chiamata energia di Josephson ed è una misura dell’accoppiamento attraverso la giunzione. Ma, dal momento che la giunzione di Josephson ha anche una capacità interna, indicata , va considerato anche il relativo termine di energia: dove Q è la carica della giunzione.

A meno di termini costanti, l’Hamiltoniana classica è dunque:

Dato che Q=(2e)N, dove N è un intero che definisce il numero di coppie di Cooper presenti in eccesso, , con e a rappresentare il numero di coppie presenti su ogni faccia della giunzione, si può definire il termine energetico capacitivo e riscrivere l’Hamiltoniana come:

Se invece di una singola giunzione Josephson se ne considerano due in parallelo, così da formare un anello superconduttore (o *loop*) si va a costituire un sistema chiamato SQUID: *Superconducting Quantum Interference Device*. Fig A.1

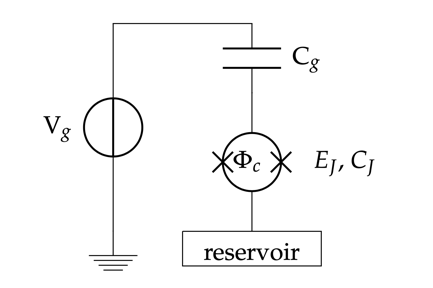


Fig A.1: Rappresentazione di uno SQUID inserito in

un circuito con una differenza di potenziale .

Nel caso in cui l’induttanza del loop può essere trascurata, allora l’Hamiltoniana corrispondente è identica ad se ridefiniamo:

,

Il termine è (l’eventuale) flusso esterno, il quale può alterare il valore di .

D’ora in avanti consideriamo uno SQUID inserito in un circuito proprio come in figura. La presenza di riduce N di , così l’Hamiltoniana diventa:

, con

Considerando ora come termine cinetico e come energia potenziale, allora H rappresenta l’Hamiltoniana di un oscillatore non lineare, in cui le variabili coniugate sono N (il momento corrispondente) e (l’analogo della posizione).