

# Capitolo 1

## Tutorial Eagle

Il programma EAGLE è un potente editor grafico per la progettazione di schemi e circuiti stampati, che permette la generazione dei files gerber utilizzati nella realizzazione dei circuiti SMD.

### 1.1 Descrizione

Verranno presentate e descritte molte delle funzionalità di Eagle prendendo come riferimento la costruzione di un banale filtro passa-basso attivo.

### 1.2 Eagle e il suo funzionamento

Appena avviato Eagle, ci troveremo di fronte al Control Panel:

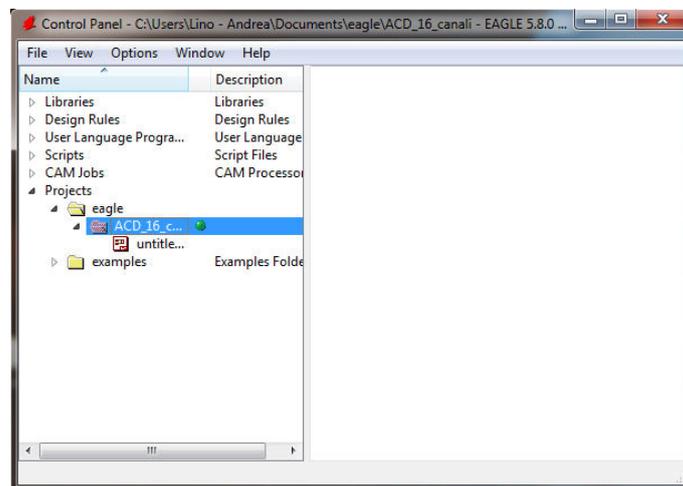


Figura 1.1: Control Panel

Da qui possiamo facilmente accedere a tutti i files che riguardano Eagle, cioè schemi, pcb, progetti, librerie, lista componenti, liste di foratura, layout, ecc. Nel menù *File* sono presenti i sottomenù *New* ed *Open*, uguali nelle opzioni che contengono, ma diversi nel significato. Le opzioni più usate sono le prime tre, che corrispondono alla creazione di un nuovo progetto, di un nuovo schema (file \*.sch) o di un nuovo pcb (file \*.brd). Come già detto, il sottomenù *Open* è identico, naturalmente però si riferisce all'apertura dei suddetti oggetti, e non alla loro creazione. Per realizzare un progetto, nella maggior parte dei casi, è sufficiente creare un nuovo schema (*File » New » Schematic*) e una volta completato, se necessario, è possibile ricavare da esso il pcb corrispondente. Se però c'è la necessità di gestire un progetto molto complesso, conviene iniziare un nuovo progetto; ciò comporta la creazione di una directory con il nome del progetto ed il salvataggio di tutti i files che riguardano il progetto stesso.

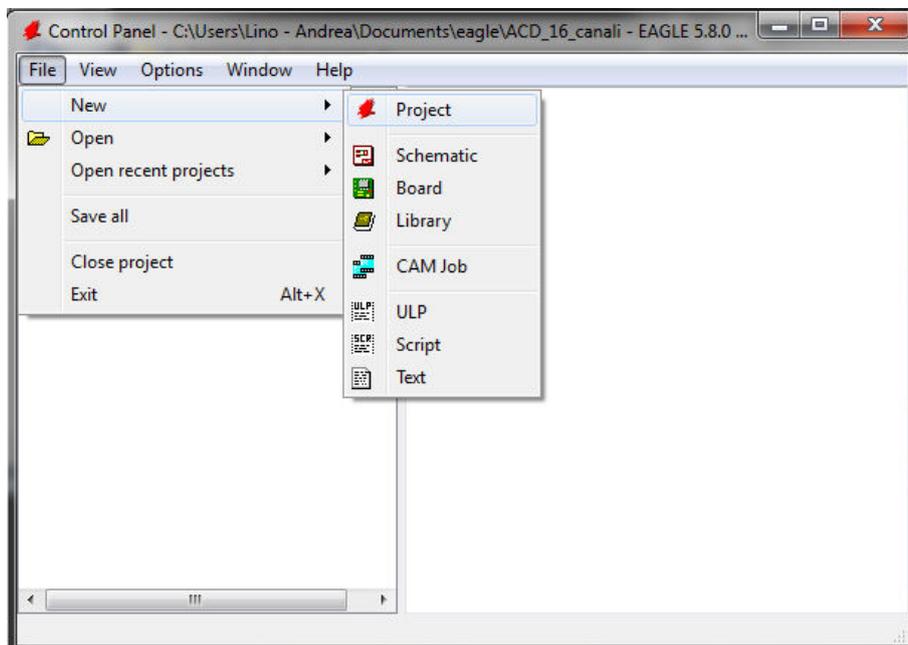


Figura 1.2: Nuovo progetto

Per creare un nuovo progetto bisogna selezionare la voce *Project* del sottomenù *New*. Il nuovo progetto apparirà nell'elenco dei progetti con un puntino verde accanto, che sta a significare che quel progetto è attivo. Ora possiamo creare il primo schematic dove iniziare a costruire il nostro circuito selezionando *File » New » Schematic* (può capitare che il progetto su cui si vuole iniziare a lavorare non sia attivo. Per attivarlo basta selezionare il progetto, cliccare con il tasto destro del mouse su di esso e selezionare la voce *Open Project*).

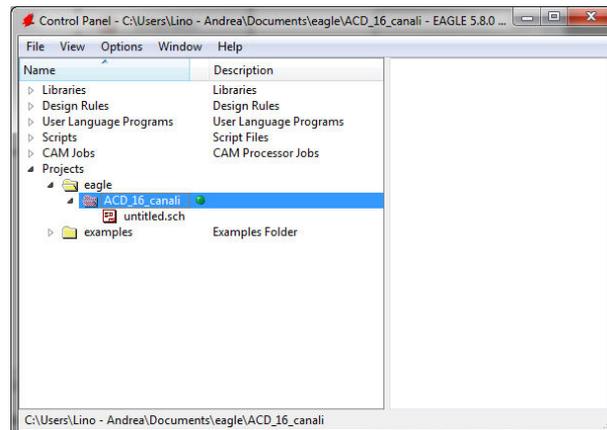


Figura 1.3: Attivazione progetto

Lo Schematic Editor apparirà come segue:

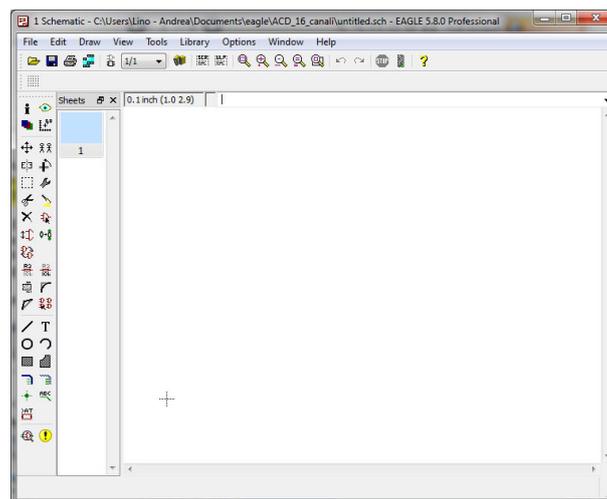


Figura 1.4: Schematic Editor

Nella barra degli strumenti, da sinistra a destra, sono presenti i seguenti tasti di scelta rapida:

**Open:** apre un file

**Save:** salva il file

**Print:** apre la finestra di dialogo con le opzioni per la stampa

**CAM:** apre la finestra di dialogo con le opzioni per il lavoro su cnc

**Board:** passa dallo Schematic Editor al Board Editor, e viceversa

**Zoom fit, in, out, redraw, e select:** controllano le funzioni dello zoom sull'area di lavoro

**Undo e Redo:** annullano o ripetono un'azione

**Cancel:** interrompe un comando

È da notare che nella seconda riga, c'è il tasto *Grid* che controlla le opzioni sulla griglia di snap. Cliccando su questo tasto, apparirà una finestra di controllo: assicuriamoci che il *Size* sia impostato su 0.1 Inch, poi clicchiamo, in *Display*, su *On*. Così, facendo, abbiamo attivato la griglia di snap a passo standard, che facilita le operazioni di disegno.

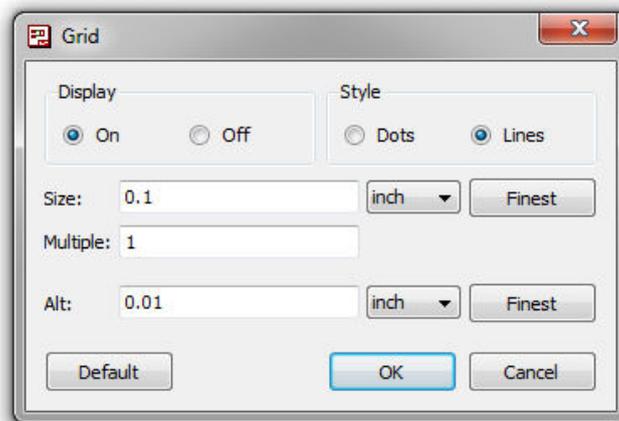


Figura 1.5: Grid

A sinistra, è presente la Command Button, che, da sinistra a destra, e dall'alto verso il basso, contiene i tasti:

**Info:** attivando il comando, e selezionando un componente, viene mostrata una finestra con le informazioni su quel componente

**Show:** attivando il comando, e selezionando un componente, in basso, nella barra di stato, vengono mostrate le informazioni principali su quel componente

**Display:** consente di scegliere quali elementi dello schema (nomi, collegamenti, valori) mostrare, e di scegliere il loro valore

**Move:** consente di spostare gli oggetti: si attiva il comando, si clicca sull'oggetto da spostare, si clicca sulla nuova posizione che l'oggetto deve assumere. Se dopo aver selezionato l'oggetto diamo un clic col tasto destro, l'oggetto verrà ruotato di 90° in senso antiorario

**Copy:** se viene attivato, appena si clicca su un oggetto, viene creato un altro oggetto uguale, tranne che nel nome

**Mirror:** ribalta un oggetto lungo l'asse verticale. In combinazione col Rotate (o col Move + tasto destro) può generare anche ribaltamenti lungo l'asse orizzontale

**Group:** il classico quadrato di selezione. Consente di selezionare più oggetti, da spostare, eliminare, ruotare, ecc. Da notare che quando sono selezionati più oggetti, prima di applicare un comando, si deve dare un clic col tasto destro, per farlo diventare operativo

**Change:** utile per modificare velocemente molte opzioni

**Cut:** taglia

**Paste:** incolla

**Delete:** consente di eliminare uno o più oggetti (dopo il comando Group, naturalmente)

**Add:** apre la finestra delle librerie, da dove si selezionano i componenti

**Pinswap:** consente di scambiare tra di loro i pin di una porta

**Gateswap:** consente di scambiare tra loro le porte di un chip multi-porta

**Name:** edita il nome di un componente

**Value:** edita il valore di un componente

**Smash:** selezionando un oggetto, slega il nome e il valore del componente da quest'ultimo. Col comando Move, poi, valore e nome possono essere spostati

**Miter:** consente di arrotondare gli angoli delle linee

**Split:** aggiunge un punto di piegatura ad una linea

**Invoke:** se si seleziona il comando e si clicca su un componente, viene mostrato tutto ciò che è relativo a quel componente, che non è stato utilizzato ancora

**Wire:** crea le piste di collegamento. Il primo clic sullo schematico, inizia la pista, ogni clic successivo fissa un punto di piegatura; un doppio clic, conclude la pista. Quando si seleziona il comando, in alto, nella barra degli strumenti, compaiono nuove voci: da sinistra a destra, abbiamo il colore della linea (predefinito=91), lo stile degli angoli (si può cambiare anche mentre si tira la linea, col tasto destro del mouse), la percentuale di arrotondamento (funzione Miter), lo spessore, e lo stile

**Text:** consente di aggiungere caselle di testo allo schema

**Circle:** disegna linee di collegamento a cerchio

**Arc:** disegna linee di collegamento ad arco

**Rect:** disegna un rettangolo

**Polygon:** disegna un poligono, stessa procedura del comando Wire

**Bus:** predispose l'editor per disegnare un bus dati

**Nets:** predispose l'editor per disegnare una linea elettrica con giunzioni automatiche

**Junction:** disegna il simbolo di giunzione elettrica tra rami. Ha valenza fisica, oltre che visuale, quindi, materialmente, le due linee saranno collegate

**Label:** aggiunge una label ad un Bus o ad una Net

**ERC:** Electrical Rule Check, ricerca errori nei collegamenti dello schema

Uno dei tasti più utilizzati della Control Button, è il tasto *Add*, che permette l'inserimento di un nuovo componente nello schematico. Attivata la funzione, ci si troverà di fronte una nuova finestra, che permetterà la selezione, attraverso una lista, del dispositivo da includere nel progetto. I componenti sono suddivisi sia per categoria sia per marca, e ad ognuno di essi è associata una descrizione. Il software mette a disposizione anche una funzione *Search*, che permette, inserendo il nome o la descrizione del componente, di restringere il campo di ricerca. Selezionato un componente, a destra, verrà visualizzata la preview e la sua descrizione, e, dando l'ok, si ritorna allo schematic editor, con la possibilità di posizionare sullo schema il componente scelto. Se ne possono posizionare quanti se ne vogliono. Alcune delle librerie più usate sono:

**40XX, 41XX, 45XX, 74XX-us:** contengono i comuni CMOS e TTL

**con-ptr500:** contiene i connettori a morsettiera per l'in-out dei circuiti

**discrete:** contiene i componenti passivi più comuni, resistenze, condensatori, ecc. Per ognuno di essi, comunque, c'è una libreria apposita con più varianti

**fuse:** fusibili

**jumper**

**led**

**linear:** regolatori lineari e amplificatori operazionali comuni

**optocoupler:** foto accoppiatori

**realy:** relè assortiti

**switch:** interruttori, deviatori, commutatori

**transistor-npn/npn**

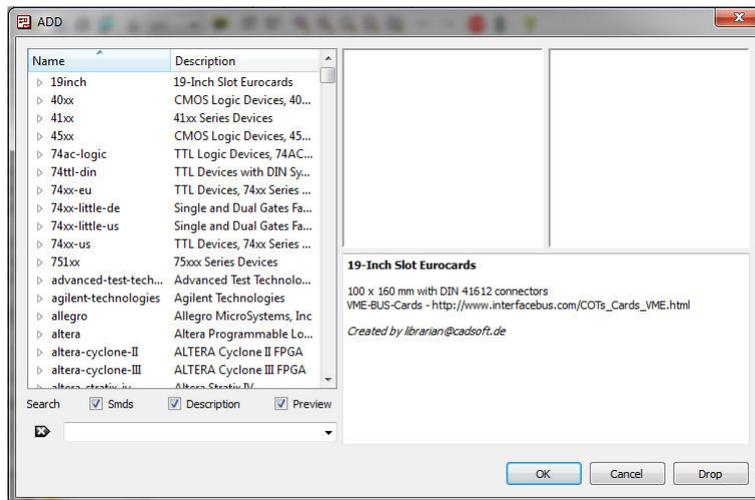


Figura 1.6: Library Browser

Di seguito, verrà ora illustrato un esempio, che guiderà la realizzazione dello schematico di un filtro passa-basso attivo e del suo pcb (non è intenzione del tutorial soffermarsi sui dettagli funzionali del filtro).

Iniziamo con il creare un nuovo progetto e creiamo all'interno di esso un nuovo schematico. Fatto questo possiamo iniziare ad inserire i componenti che ci serviranno per realizzare il nostro filtro. Quello di cui abbiamo bisogno è:

- un amplificatore operazionale
- due resistenze
- un condensatore
- qualche connettore

Accedendo alla libreria, e digitando nella casella di ricerca “op amp” verranno restituiti dal programma le voci corrispondenti alle parole chiave inserite, dalle quali possiamo scegliere il componente che occorre. Selezioniamo ad esempio il TL082P (la pinnatura è consultabile nel datasheet del dispositivo): questo ci verrà proposto in due package, PDIP e SOIC, scegliamo quello che preferiamo e premiamo su OK per inserire l'oggetto nello schematico. Cliccando con il tasto destro sull'oggetto inserito e selezionando la voce Invoke possiamo inserire i pin aggiuntivi in modo da poter lavorare con tutto il chip a disposizione.

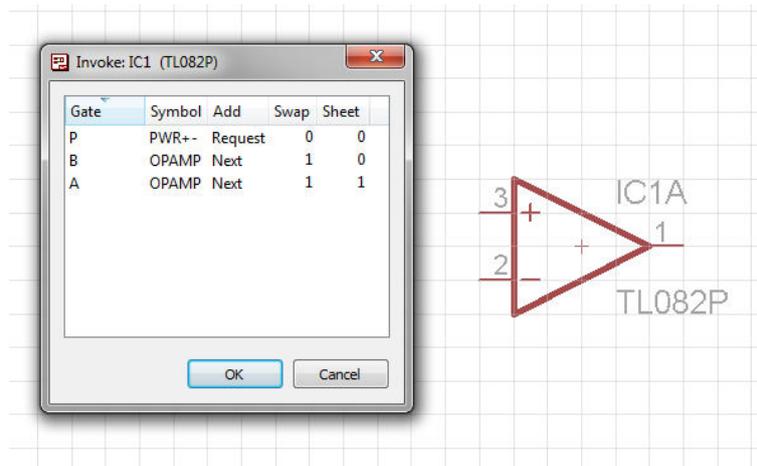


Figura 1.7: Invoke

Allo stesso modo, aggiungiamo due resistori e un condensatore selezionandoli dalla libreria “resistor”. Ora siamo pronti a collegare i componenti tra loro. Per farlo, clicchiamo sul tasto *Wire* posto sulla Command Button.

Il risultato dovrebbe essere il seguente:

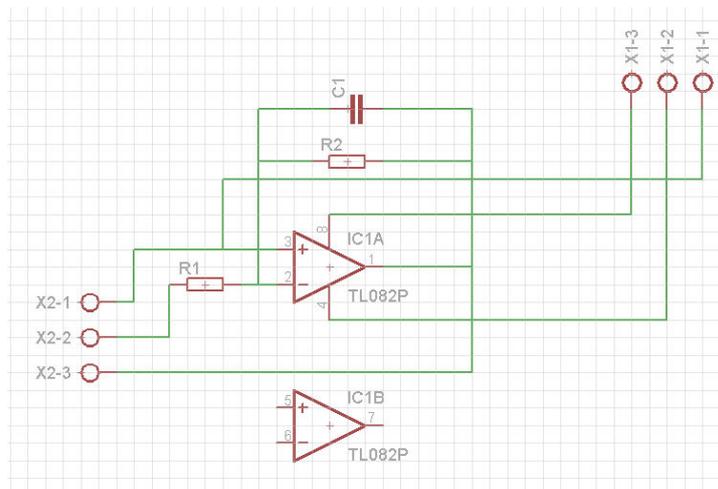


Figura 1.8: Schematic

Con il comando Junction, infine, inseriamo i nodi di collegamento tra le linee elettriche:

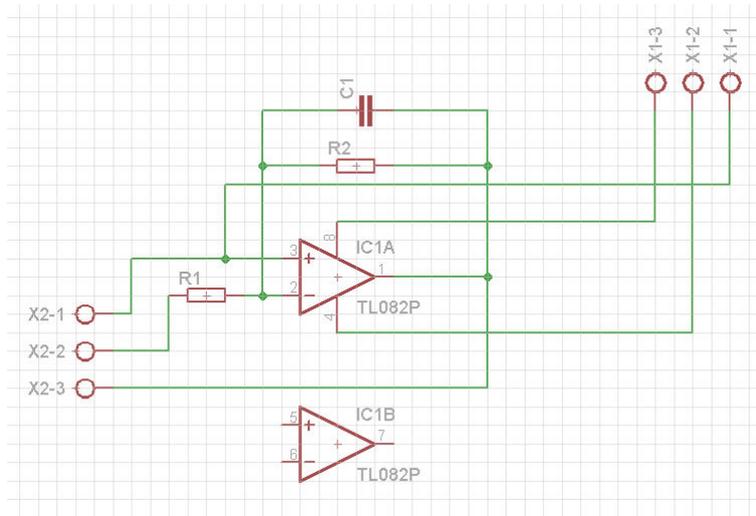


Figura 1.9: Inserimento nodi

Arrivati a questo punto, possiamo ottimizzare lo schema come segue:

- I nomi dei componenti. La denominazione dei componenti, segue il classico standard (R per i resistori, C per i condensatori, ecc...), ma il numero progressivo, dipende dall'ordine di inserimento degli stessi nello schema. La cancellazione e l'inserimento di parecchi componenti, potrebbe richiedere una modifica degli stessi (è una fase che non incide sul funzionamento del sistema, è un aspetto puramente estetico). Per fare ciò, utilizziamo la funzione Name posta sulla Command Button.
- Dimensioni dello schema. Dopo la stesura, di solito è possibile ridurre le dimensioni dello schema, disponendo meglio i componenti. Inoltre, rende più facile la lettura non uscire a 90° di rotazione direttamente dal tratto rosso alle estremità di ogni componente, ma di effettuare almeno uno step di griglia con la pista in verde, prima di curvare; questo metodo però causa dimensioni complessive leggermente maggiori (Vedi Fig. 1.10).
- Etichette di testo. Con il comando Text, aggiungiamo delle etichette di testo allo schema, per contrassegnare i connettori, mettere delle note, scrivere una piccola lista componenti, ecc.
- Eventualmente, col comando Value si possono inserire i valori dei componenti accanto ad essi, in modo da facilitare poi l'assemblaggio.
- Nel caso di schemi molto semplici, se si usano componenti particolari che non risultano presenti in libreria, è possibile usare un componente simile. Eagle, però, aggiunge il nome preciso del componente, che quindi sarà diverso rispetto al com-

ponente che si dovrà realmente usare. Col comando Display, deselezionando la voce Value, si può disabilitare la visualizzazione dei nomi particolari dei componenti.

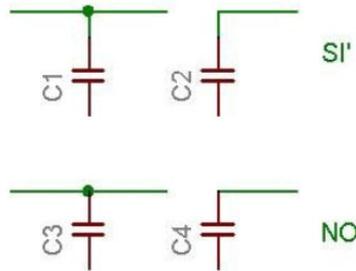


Figura 1.10: Dimensionamento schema

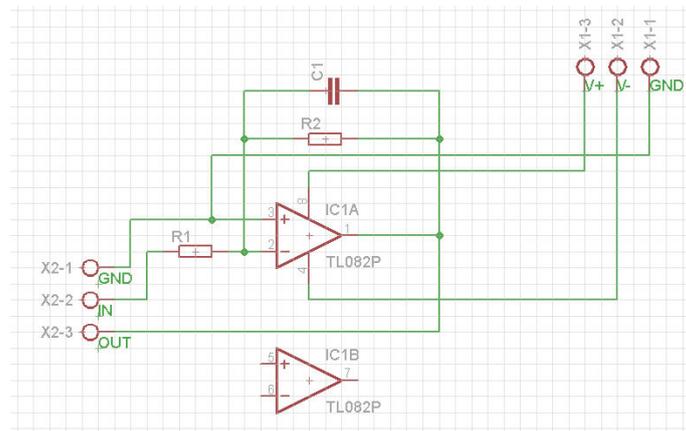


Figura 1.11: Schematic dopo il dimensionamento

Per creare un pcb, possiamo:

- Creare un solo pcb, stand alone: dal Control Panel, File » New » Board
- Creare un pcb che fa parte di un progetto: sempre dal Control Panel, aprire il progetto che interessa, e dare un File » New » Board
- Ricavare un pcb a partire da uno schema già fatto (noi, seguiremo questa strada)

Tenendo aperto lo schematic editor, clicchiamo sul tasto *Board* della barra degli strumenti. Così facendo, passeremo al Board Editor (per switchare in qualsiasi momento dal board editor allo schematic editor si usa sempre lo stesso tasto, in alto; oppure, si può usare la taskbar di windows, in quanto Eagle carica due applicazioni distinte). I comandi

sono sostanzialmente gli stessi dello schematic editor, tranne qualcuno in più, destinato ad un uso specifico nel board editor. Di seguito, verranno illustrati solo i nuovi comandi disponibili:

**Route:** consente di trasformare un collegamento elettrico lineare (le piste in giallo, nello schema) in una pista vera e propria. Una volta selezionato, in alto compaiono le opzioni relative al comando, come nello schematic editor nel caso del comando *Wire*.

**Ripup:** operazione inversa del *Route*, passa da una pista, al collegamento elettrico

**Via:** aggiunge al pcb una piazzola. In alto, potete scegliere il layer, le dimensioni, e il diametro del foro

**Signal:** serve a definire le connessioni

**Holes:** aggiunge il simbolo dei fori di fissaggio del pcb

**Rastnets:** conta il numero di collegamenti elettrici del circuito, e lo visualizza in basso nella barra di stato

**Auto:** avvia l'autoroute. Consente di calcolare il percorso delle piste in automatico (valido solo su schemi molto semplici). Questo comando si può configurare mediante dei parametri di convenienza

**Drc:** design rule check. Al pari del controllo errori elettrici, questo comando controlla eventuali errori nella parte materiale del progetto, come piste sovrapposte, che si toccano, ecc

**Errors:** intuitivo, comunica eventuali errori nello schema

Quel quadrato bianco che vedete, è la traccia del pcb, ovvero il suo perimetro. Nel caso il programma non l'avesse creato in automatico, basta selezionare il tasto *Wire* nella Command Button e tracciare una "cornice" facendo attenzione di aver selezionato il layer *Dimension*. Accanto ad esso, Eagle ha posizionato i componenti in modo casuale, collegati tra di loro mediante collegamenti in giallo. Tramite il comando *Group*, selezionateli tutti e in seguito tramite il comando *Move* spostateli dentro l'area del pcb. Adesso inizia la fase di posizionamento dalla quale dipenderanno i risultati finali. Sempre col comando *Move*, cominciate a spostare e ruotare i componenti all'interno della traccia del pcb, facendo assumere ad essi le posizioni definitive; cercate di ridurre al minimo gli incroci tra le piste gialle (Fig. 1.12).

Per semplicità, per la creazione delle piste utilizziamo la funzione *AUTO*. È da notare che l'elevata complessità del circuito, può portare il software a generare piste su più strati. È un'operazione comunque controllabile nella finestra di settaggio accessibile dalla Control Button. Nella finestra che si apre andiamo sulla scheda *Optimize 4*, ed eliminiamola, col comando *Del*. Facciamo lo stesso con la 3 e la 2. La teoria è che Eagle può usare uno qualsiasi dei 16 (nella versione Professional) layer del pcb. Di norma, tenderà ad usare il

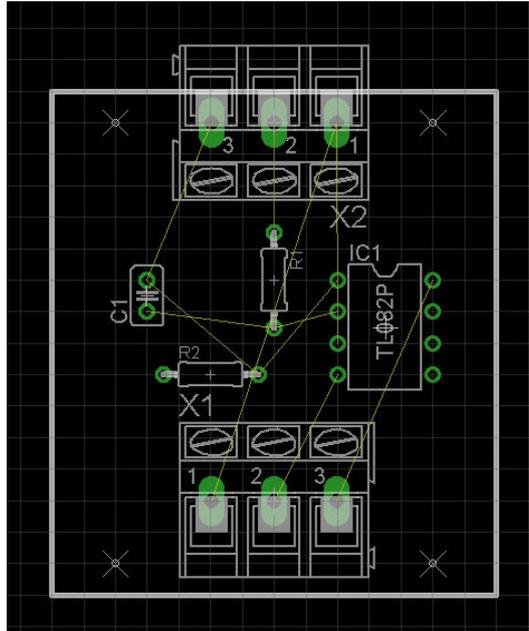


Figura 1.12: PCB Board

layer con il numero più alto (quindi il layer più in basso). Se ad un certo punto, invece di fare giri assurdi, ritiene più conveniente passare ad un layer superiore, allora lo fa. Questo grado di convenienza, lo stabilisce la scheda *Optimize*, alla voce *Layer Costs*. Se impostiamo il campo al valore “99” per tutti i layer tranne che per il Top e il Bottom, Eagle dedurrà che deve fare di tutto per usare questi due, perché gli altri sono molto più costosi (Fig. 1.13).

Il risultato dell’operazione sarà quello mostrato nelle Fig. 1.14 e 1.15.

È chiaro che la creazione delle piste può avvenire anche manualmente, selezionando gli appositi pulsanti nella Command Button. Aggiungendo delle Label, selezionando il comando *Text* della Command Button sul layer *tNames* si può rendere più chiaro il funzionamento dei connettori sulla scheda.

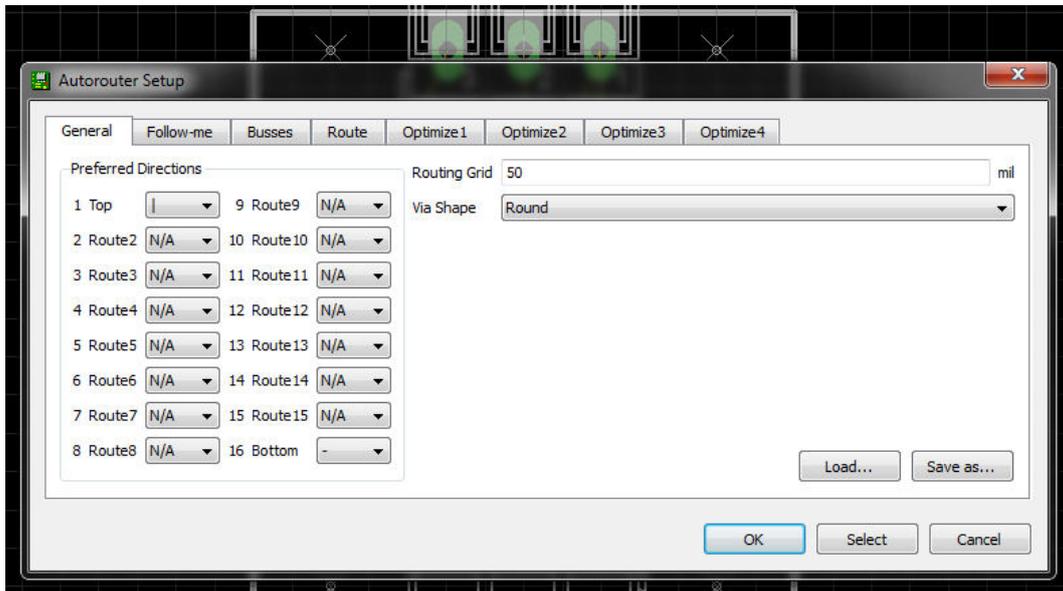


Figura 1.13: Autorouter Setup

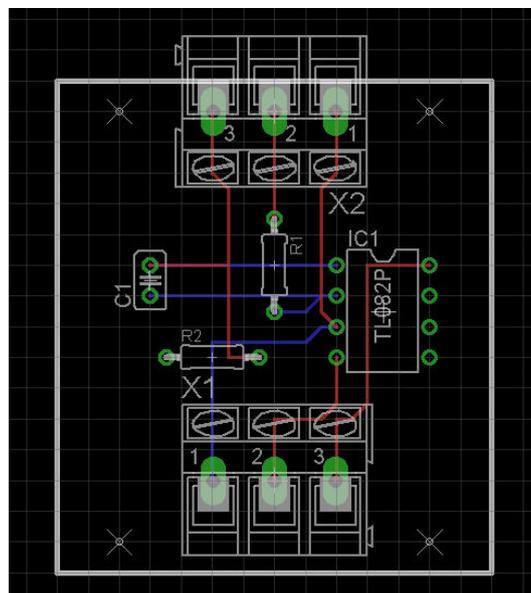


Figura 1.14: PCB Board dopo Autorouting

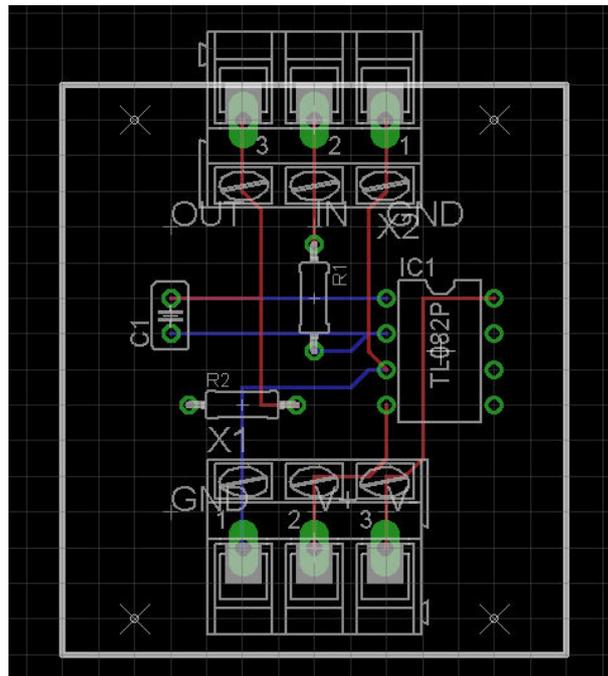


Figura 1.15: PCB Board con Label