tai86

09 - 12 - 2004

Acquisizione di temperatura

Tramite sensore AD590 e relativo blocco di condizionamento.

1. Definizione del Progetto
2. Concetti Generali e Schede di Documentazione
3. Schema a Blocchi
4. Analisi del Progetto e Scelta Componenti
5. Schema Elettrico
6. Dimensionamento Componenti
7. Descrizione del Funzionamento
8. Master e Assemblaggio Circuito
9. Collaudo
10. Preventivo di Spesa
11. Documentazione Tecnica Supplementare

Capitolo
1

Definizione del Progetto

Funzionalità del Circuito

Questo circuito di realizzazione medio-semplice presenta la disponibilità di rilevare la temperatura ambiente mediante un sensore integrato con uscita in corrente costante proporzionale al valore di temperatura misurato. L'uscita lineare del nostro circuito varierà da 0V a 5V, che corrispondono al valor minimo e massimo della scala di temperature da noi scelta, cioè da - 50°C a +50°C. Il sensore di temperatura AD590 è implementato in un circuito di condizionamento che oltre a compiere una conversione corrente-tensione, consentirà di settare il range di temperatura, amplificare opportunamente il segnale elettrico e operare opportune traslazioni di livello tra scala Kelvin e Centigrada.

Capitolo
2

Concetti Generali e Schede di Documentazione

Questo circuito è principalmente costituito da 6 blocchi, ripartiti in 2 sezioni (visibili a pag.) :

<u>Sezione di conversione della temperatura a segnale elettrico :</u>

➔ **Sensore :** è formato unitamente dal sensore AD590, che alimentato crea una corrente in uscita proporzionale alla temperatura misurata. Esso da in uscita una corrente costante pari a $1\mu A/°K$ e può misurare temperature comprese tra - 55°C a +150°C. Essendo un sensore esso trasforma una grandezza fisica, come la temperatura, in una grandezza elettrica, come la corrente. Nella struttura rigida di cui è formato esso contiene sia il sensore che il trasduttore.
Il sensore è l'elemento sensibile alla grandezza elettrica da misurare e senza un opportuno trasduttore non potrebbe compiere autonomamente la conversione fisico-elettrico sopra descritta. Il trasduttore invece è l'elemento indispensabile in questa conversione che determina il cambiamento di stato dell'elemento sensore e traduce questa variazione in un segnale elettrico, come la corrente. Esistono anche sensori di temperatura che lavora in tensione come LM35 o LM335; questi però, essendo dispositivi che lavorano in tensione e non in corrente, permettono distanze molto brevi tra uscita del sensore e scheda di conversione dovute principalmente all'attenuazione che subisce la tensione nel cavo di trasmissione.

➔ **Convertitore corrente\tensione :** è formato da due resistenze in serie delle quali una è variabile. Quando la corrente in uscita dal sensore attraversa la resistenza serie tarata opportunamente si viene a creare una tensione ai suoi capi pari al valore di corrente misurato dal sensore convertito in tensione continua. Questo passaggio è fondamentale per poter lavorare con gli operazionali che compongono il nostro circuito e che lavorano con valori in tensione. I valori di resistenza e taratura della serie sono calcolati in maniera da poter avere una conversione semplice ed intuitiva come per il nostro caso dove, ogni µA corrisponde a dieci mV. Ciò è possibile per un valore di resistenza pari a 10 Kohm.

➔ **Adattatore di impedenza (buffer) :** è presente sia nel blocco di acquisizione della temperatura sia in quello del generatore della tensione di riferimento e ha come funzione caratteristica principale quella di fungere da adattatore di impedenza e quindi isolare ohmicamente ingresso da uscita. È elettronicamente formato da un operazionale in configurazione a guadagno unitario; ciò comporta un rapporto unitario costante tra ingresso e uscita.

$$V_{INGRESSO} = V_{USCITA}$$

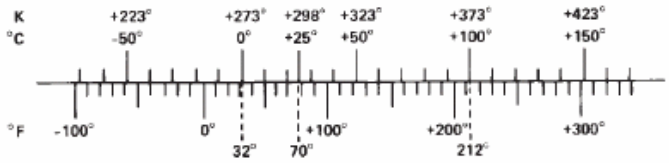
Questa configurazione prevede che l'uscita sia applicata all'ingresso invertente dell'op.amp. mentre il segnale di ingresso si applichi sull'ingresso non invertente. Il buffer, così chiamato, presenta una resistenza di ingresso elevata e una resistenza d'uscita bassa, così da poter fornire corrente sufficiente in uscita per pilotare i dispositivi a valle di questo stadio. Lo scopo del buffer non è quindi amplificare, avendo guadagno unitario, ma separare dal punto di vista ohmico il blocco di acquisizione della temperatura e quello di generazione della tensione di riferimento da quello di condizionamento successivo.

<u>Sezione di condizionamento del segnale elettrico :</u>

➔ **Generatore tensione di riferimento :** questo blocco serve a creare una tensione continua stabile di valore opportuno ad essere confrontato con la tensione in uscita dal blocco di acquisizione. La necessità di questo blocco è dovuta all'offset presente tra la scala Kelvin e quella Centigrada da noi utilizzata. Il sensore, misurando la temperatura in °K crea un offset tra le due scale pari a 273° e ciò comporta che a 0°C reali corrispondono 273°K misurati dal sensore. Esso è costituito da un diodo zener che alimentato fornisce ai suoi capi una tensione continua di 5V, un partitore, formato da due resistenze delle quali una variabile, che gestisce la tensione di riferimento impostabile mediante variazione della resistenza serie del partitore stesso e da un buffer che come per il blocco di acquisizione separa dal punto di vista ohmico ingresso da uscita. Il valore della tensione di riferimento da ottenere è pari a 2,23V. Questo valore decide il range di temperatura tra cui il progetto deve compiere la misura e non è casuale; esso è calcolabile secondo alcune considerazioni:

Range scelto °C : -50°C ÷ +50°C
Corrisponde °K: +223°K ÷ +323°K

Secondo il range da noi scelto abbiamo quindi in uscita dal blocco di acquisizione un valore di tensione che varia tra 2,23V (-50°C = 223°K) e 3,23V (+50°C = 323°K) e un valore centrale pari a 2,73V (0°C = 273°K) che è in realtà l'offset tra le due differenti scale.



➔ **Differenziale :** questo blocco è indispensabile al fine di eliminare l'offset tra le due scale. Esso, costituito da un operazionale in configurazione differenziale a guadagno unitario, compie l'operazione aritmetica di differenza tra il valore di tensione generata dal blocco di riferimento e il valore di tensione misurato dal blocco di acquisizione della temperatura. Questa configurazione a guadagno unitario permette di avere una variazione di uscita compresa tra 0V e 1V, corrispondenti ai valori minimo e massimo misurati dal sensore (-50°C e +50°C). Si può così notare che i valori di uscita da questo blocco differenziale sono sempre negativi. Sarà compito del successivo operazionale eseguire l'operazione di negazione necessaria ad ottenere valori positivi in uscita dal nostro circuito.

$$V_{DIFFERENZIALE} = V_{RIFERIMENTO} - V_{SENSORE}$$

ES. $+20°\text{C} = 293°\text{K} = 2{,}93\text{V} \longrightarrow V_{DIFFERENZIALE} = 2{,}23 - 2{,}93 = -0{,}7$

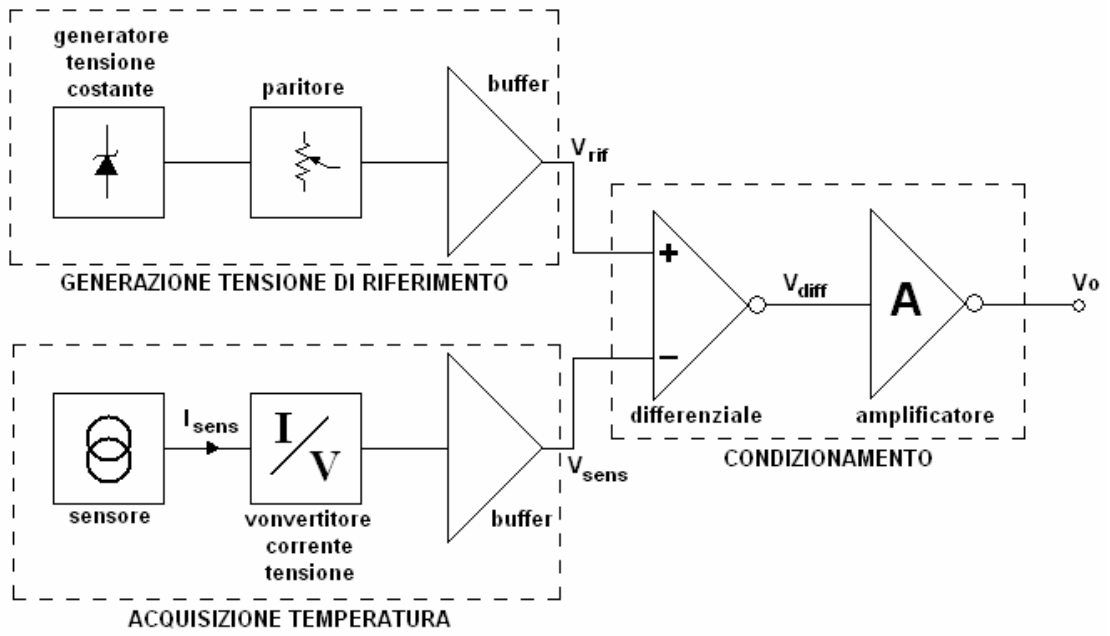
➔ **Amplificatore Finale :** è composto da un op.amp. in configurazione invertente e guadagno pari a 5. Come già sopra considerato questo amplificatore è in invertente per eseguire la negazione necessaria ad avere valori positivi in uscita dal nostro circuito. Inoltre il guadagno pari a 5 aumenta la dinamica in uscita trasformandola da 0÷1V a 0÷5V; ciò consente al circuito di lavorare con standard TTL e poter così gestire la connessione con altri circuiti in maniera più semplice. Ciò non

vuol dire che il circuito abbia un'uscita digitale; infatti l'uscita è analogica con campo di valori di tensione in uscita che variano, in funzione della temperatura misurata, tra 0V e 5V.

Capitolo
3

Schema a Blocchi

Apprendimento figurato veloce



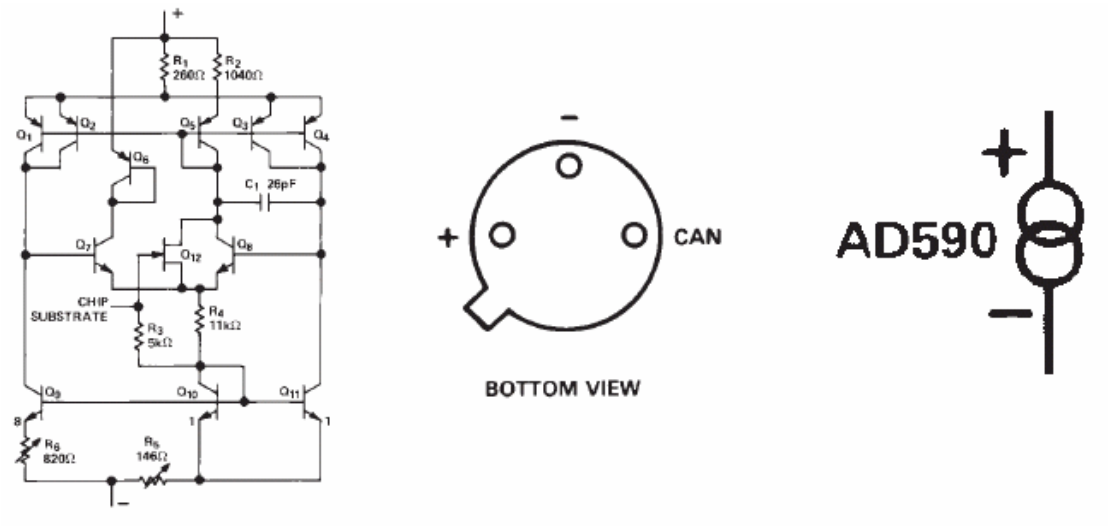
Capitolo
4

Analisi del Progetto e Scelta Componenti

Spiegazione approfondita dei concetti e della componentistica

AD590

Il sensore AD590 da noi utilizzato è prodotto dalla Analog Devices sotto forma integrata e realizzato con materiale semiconduttore. Alla base del funzionamento di tale dispositivo è il fatto che la tensione prelevata ai capi di una giunzione polarizzata direttamente varia di circa $-2{,}3\,mV/K$ in un ampio range di temperatura. Come già citato sopra il sensore ha un'uscita in corrente costante proporzionale alla temperatura da esso misurata nel range di temperature da –55°C a +150°C. Per ogni grado Kelvin misurato infatti il sensore genera in uscita un'intensità di corrente pari a 1µA con una linearità di ±0,8%. Sapendo poi che tra scala Kelvin e Centigrada vi sono 273° di differenza, secondo anche questa regola: $°K = 273 + °C$, si può dedurre che se il sensore misura 0°C la sua uscita in corrente sarà pari a 273 µA, corrispondenti a 273°K. L'integrato presenta 3 pin di cui 2 (+ e -) di alimentazione (4 ÷ 30 V) ed uno per la messa a punto e taratura fine del sensore (CAN).



Schema interno, contenitore con relativa piedinatura e simbolo dell'integrato AD590

LM336_5V

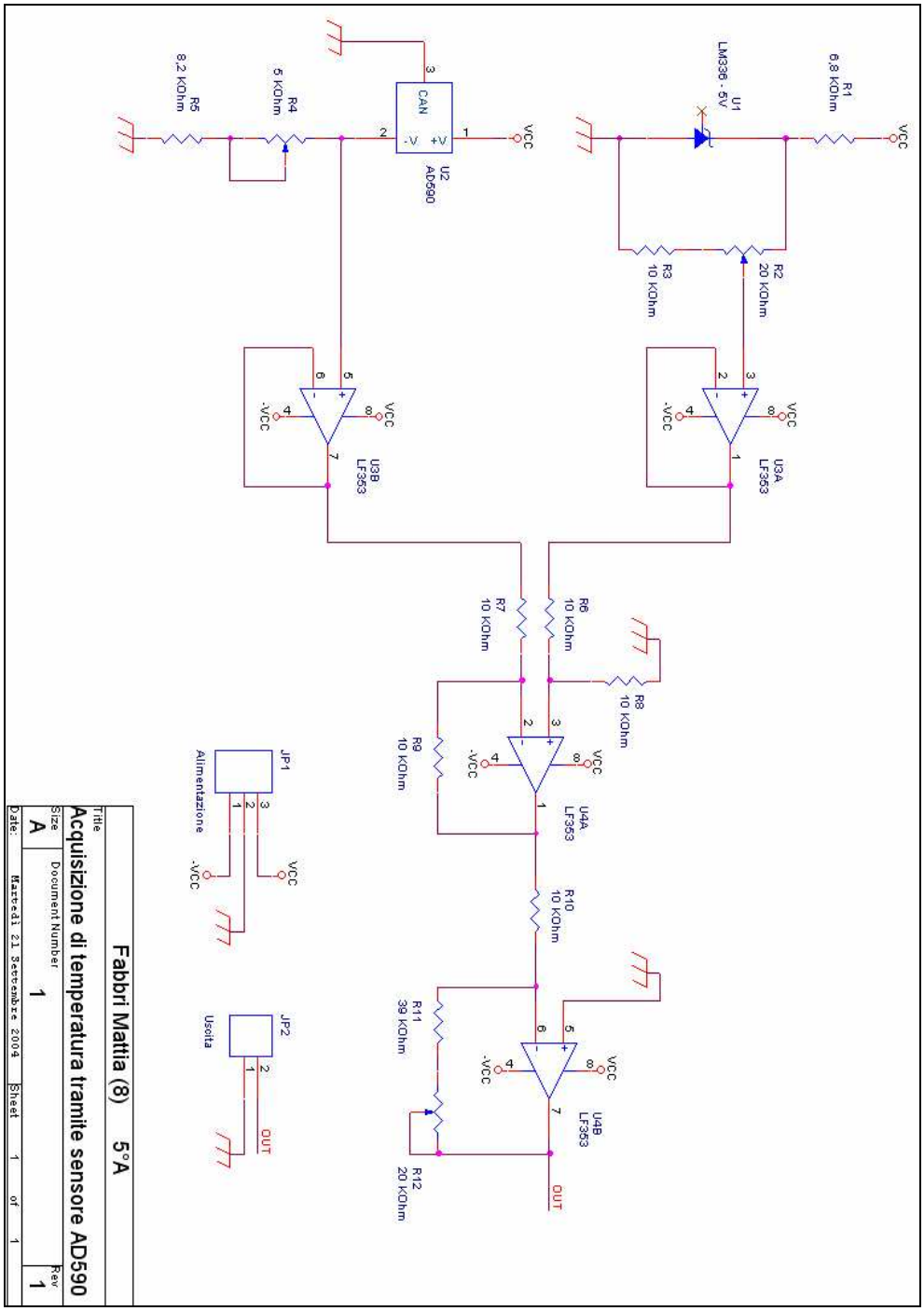
Lo Zener adottato nel nostro progetto ha come valore di tensione inversa 5V a noi utili per generare una tensione continua ai suoi capi. Infatti se polarizziamo inversamente questo diodo, ovvero colleghiamo catodo con una tensione positiva e anodo a massa, possiamo tranquillamente prelevare una tensione continua ai suoi capi di valore pari alla tensione inversa del nostro diodo Zener.

LF353

L'LF353 da noi usato è un integrato che racchiude al suo interno due operazionali a frequenza di lavoro elevata , slew-rate alto e ingressi JFET. Ciò comporta una resistenza di ingresso elevata, dell'ordine di 10^{12}, perfetta per un utilizzo dell'op.amp. come buffer e un'alta velocità di risposta dell'op.amp. alle variazioni di tensione. L'integrato è di tipo Dual-in-Line ed è fornito di 8 piedini, di cui tre appartenenti ad ogni operazionale e due per l'alimentazione che è di tipo duale e può variare tra ±12V e ±18V.

Capitolo
5

Schema Elettrico



Capitolo
6

Dimensionamento dei Componenti

Dimensionamento resistenza convertitore corrente\tensione

Come già descritto in partenza per avere una conversione semplice ed intuitiva la resistenza di conversione tra corrente e tensione deve assumere valori tipo 1, 10, 100. Nel nostro caso abbiamo usato infatti un valore di resistenza pari a 10 KΩ che è ottenibile mediante la taratura fine della serie R4 e R5; questo valore ohmico deve essere il più preciso possibile per evitare un errore di conversione tra il trasduttore ed il nostro circuito di condizionamento. Attraverso l'utilizzo di un trimmer multigiro da 5 KΩ e una resistenza fissa da 8,2 KΩ è possibile andare a tarare al centesimo il valore della resistenza di conversione a 10KΩ.

Dimensionamento resistenze amplificatore finale

Come sappiamo in uscita dal differenziale è presente una tensione variabile tra minimo e massimo misurato nel range da 0V e 1V. Questo deve essere adattata in modo da poter avere in uscita dal nostro circuito una tensione variabile tra minimo e massimo misurato nel range da 0V a 5V. Questo è possibile mediante l'utilizzo di un amplificatore operazionale con guadagno pari a :

$$G = \frac{V_{uscitaMAX}}{V_{differenzialeMAX}} = \frac{5V}{1V} = 5$$

tenendo in considerazione questa espressione conseguiremo che il guadagno dovrà essere pari a 5. Sapendo che un'operazionale montato in configurazione invertente ha un guadagno pari a :

$$G = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_2}{R_1} = 5$$

è facile dedurre che R_2 deve essere 5 volte più grande di R_1. Quindi avendo un valore di R_1 pari a 10 KΩ si dovrà posizionare il cursore del trimmer multigiro da 20 KΩ in modo da ottenere in serie con la resistenza fissa da 39 KΩ una resistenza totale di 50 KΩ che è il valore da noi desiderato.

Capitolo
7

Descrizione del Funzionamento

Anche se già in gran parte descritto nei capitoli precedenti, provvederemo ora a riassumere brevemente il funzionamento di tutto il nostro circuito.
Il sensore di temperatura rileva la temperatura ambiente e la traduce in una corrente elettrica stabile di valore pari a $1\mu A/°K$. Questa corrente in uscita dal trasduttore attraverserà la resistenza di conversione corrente\tensione di valore 10 KΩ ed il buffer preleverà ai capi di questa una tensione pari a $1V/°K$. Intanto il circuito di riferimento provvederà a generare la tensione per il condizionamento di questo segnale pari a 2,23V. I due segnali saranno poi portati al blocco differenziale che eseguirà la loro differenza secondo questa espressione:

$$V_{DIFFERENZIALE} = V_{RIFERIMENTO} - V_{SENSORE}$$

Questa operazione consentirà di avere in uscita dal blocco differenziale un valore di tensione tra minimo e massimo misurato nel range da 0V a 1V, che corrispondono rispettivamente ad indici di temperatura nel range da –50°C a +50°C. La tensione di uscita del differenziale sarà poi amplificata di cinque volte dall'operazionale finale che provvederà a portare il campo di variabilità dell'uscita del nostro circuito da 0V a 5V. Il valore della tensione di riferimento è dovuto alla scelta del range di misura da noi deciso (cioè tra –50°C e +50°C) e la differenza tra la scala di lavoro del trasduttore (°K) e la scala di lavoro del nostro circuito di acquisizione (°C). Si può riassumere in una tabella semplificativa i valori delle tensioni in gioco rispettive delle temperature misurate dal sensore :

Oggetto della Misura	Temperatura Misurata	Temperatura Convertita	Uscita Sensore	Conversione in Tensione	Uscita Blocco Differenziale	Uscita Ampli Finale
Unità di Misura	°K	°C	µA	V	V	V
Operazione Es.	\	$°K - 273°$	$1\mu A \cdot °K$	$I_{sensore} \cdot R_{conversione}$	$V_{rif} - V_{sensore}$	$V_{diff} \cdot (-5)$
Min	223	-50	223	2,23	0	0
\	248	-25	248	2,48	- 0,25	1,25
\	263	-10	263	2,63	- 0,4	2
Media	273	0	273	2,73	- 0,5	2,5
\	288	+15	288	2,88	- 0,65	3,25
\	308	+35	308	3,08	- 0,85	4,25
MAX	323	+50	323	3,23	- 1	5

Capitolo
8

Master e Assemblaggio Circuito

Per la progettazione di questo circuito abbiamo usato il programma Orcad PCB 9.2.3 di facile uso e apprendimento. Ci sono solo pochi accorgimenti di cui tenere conto nella fase Capture e in quella Layout :

- nella realizzazione dello schema elettrico controllare ripetutamente e correggere se errata la disposizione e il numero dei piedini sia dello Zener LM336_5V che dei due integrati LF353. Frequenti sono i casi in cui il progetto va in "fumo" proprio a causa dell'errata numerazione data nella fase del capture.

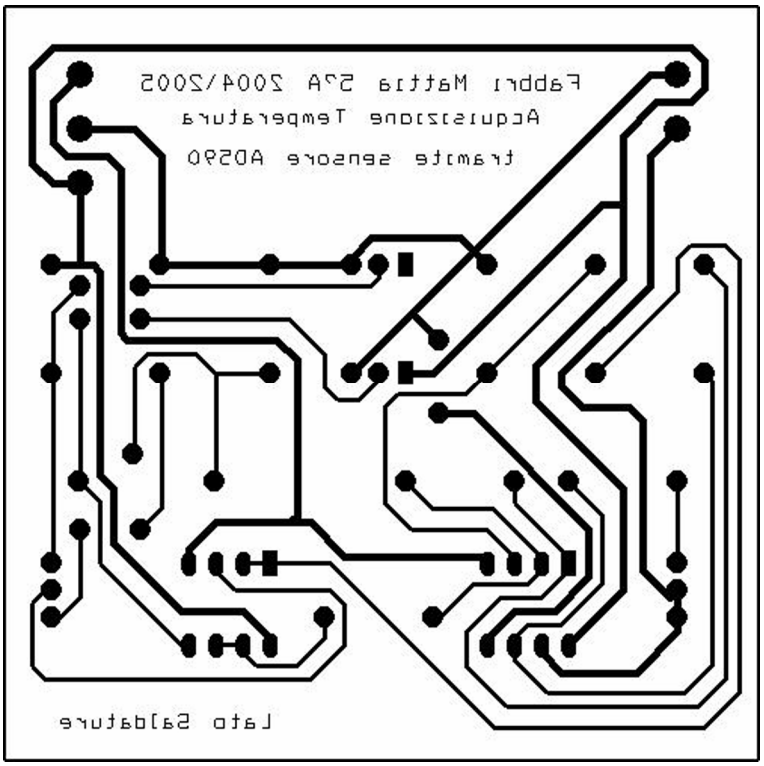
- nel Layout tener conto del posizionamento dei potenziometri rivolgendo la vite di taratura verso l'esterno del c.s.. Cercare inoltre di tenere i pin per la connessione del sensore in vicinanza dei bordi, così da facilitare il cablaggio di un eventuale sonda esterna al pcb.. Stesso ragionamento è da seguire per il posizionamento delle morsettiere di ingresso e di uscita

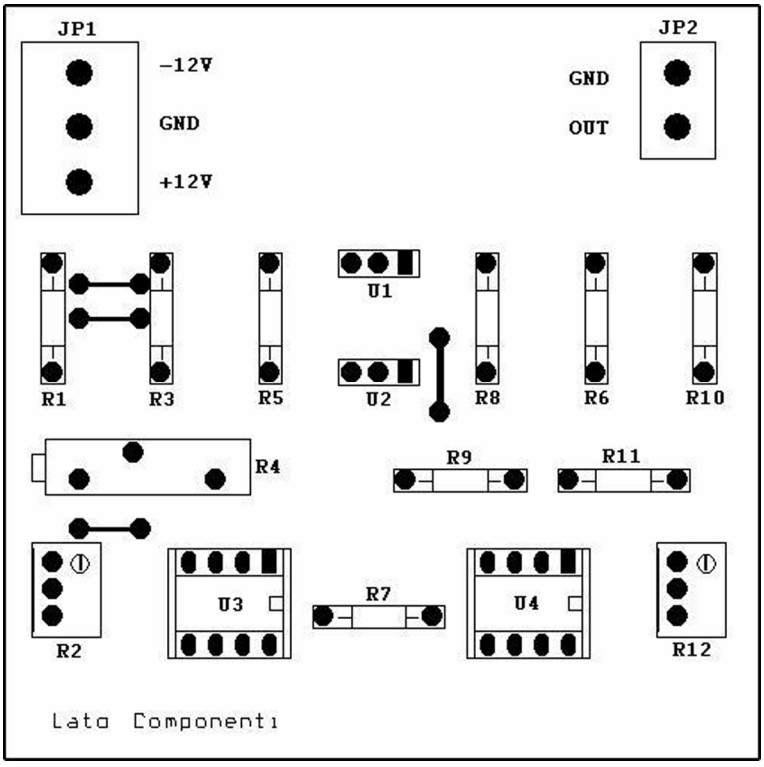
Fori resistenze,zoccoli sensore e zener, zoccoli degli operazionali : 0,75 mm

Fori morsettiere : 1,25 mm

Nella fase di assemblaggio del circuito montare i componenti in ordine di grandezza dai più piccoli (resistenze e potenziometri) ai più grandi (zoccoli e morsettiere). Prestare molta attenzione al verso di montaggio degli zoccoli che presentano una tacca per il corretto inserimento dell'integrato che dovranno contenere.

Riportato di seguito i master (bottom e silk) in dimensioni reali. Per la realizzazione dello stampato suggerisco il metodo della fotoincisione molto più preciso che il metodo tradizionale. Non sconsiglio inoltre la realizzazione con metodo a fogli Press'n'Peel molto comoda ed efficace per circuiti di semplice portata.


Fabbri Mattia 5^A 2004/2005
Acquisizione Temperatura
tramite sensore AD590
Lato Saldature


JP1
-12V
GND
+12V
JP2
GND
OUT
U1
U2
R1
R3
R5
R8
R6
R10
R4
R9
R11
R2
U3
R7
U4
R12
Lato Componenti

Capitolo
9

Collaudo

Il collaudo è costituito da 3 fasi : prova generale delle tensioni di alimentazione, calibratura della conversione corrente\tensione, taratura del segnale di riferimento e correzione del guadagno finale.

PROVA TENSIONI DI ALIMENTAZIONI : collegare l'alimentazione duale (+12, GND, -12) ai morsetti senza però inserire integrati, sensori e zener. Sullo stampato alimentato dovranno essere presenti solo resistenze, potenziometri e morsetti. Disporre il tester in modalità voltmetro a fondo scala 20V; collegare il comune del voltmetro a massa e con l'ausilio dell'altro puntale testare ogni singolo punto descritto qui sotto :

- pin n°1 del sensore AD590 (+) → +12V
- pin n°8 di entrambi gli integrati LF353 (+V) → +12V
- pin n°4 di entrambi gli integrati LF353 (-V) → - 12V
- inserire ora lo Zener e testare il pin centrale → +5V

CALIBRATURA CONVERSIONE : dotarsi di un termometro a mercurio (meglio se abbastanza preciso). Inserire nel verso giusto il solo sensore e testare col puntale il pin n°5 dell'integrato a lui direttamente connesso. Leggendo il valore della temperatura reale sul termometro e la tensione presente sul pin n°5 tarare la calibrare della resistenza di conversione in modo da uguagliare i valori di temperatura rilevati.

Es. $T_{termometro} = 20°C$ $\qquad$ $T_{termometro} = 16°C$

$V_{pin.n°5} = (273 + °C) \cdot 0{,}01 = 2{,}93V$ $\qquad$ $V_{pin.n°5} = 2{,}89V$

TARATURA SEGNALE DI RIFERIMENTO : connettere il puntale al pin n°1 dell'integrato connesso direttamente al regolatore . Leggendo il valore di tensione sul tester, regolare il trimmer del partitore fino a portare un valore di uscita pari a 2,23V che è la tensione di riferimento del nostro circuito.

$$V_{pin.n°1} = 2{,}23V$$

CORREZZIONE GUADAGNO FINALE : connettere ora il puntale al morsetto di uscita (OUT) lasciando connesso l'altro a massa. Inserire i due integrati controllando bene il verso di inserzione. A questo punto testare il valore di uscita secondo la tabella riportata in precedenza; molto probabilmente vi occorrerà regolare il trimmer per il guadagno in maniera da poter avere la tensione di uscita dal circuito identica a quella calcolata dapprima avendo il valore di temperatura ambiente reale.

Es. $T_{termometro} = 20°C$

$$V_{out} = (V_{riferimento} - V_{pin.n°5}) \cdot (-5) = (2{,}23 - 2{,}93) \cdot (-5) = 3{,}5V$$

Capitolo
10

Preventivo di Spesa

Componente	Q.	[€/pezzo]
LF353 [2 op.amp. veloci con ingresso JFET]	2	0,76
LM336Z-5.0 [diodo di riferimento 5V]	1	0,56
AD590JH [trasduttore di temperatura 1µA\°K]	1	8,69
Resistenze [a pellicola di carbonio,±5%,0,33W] Valori : 6 x 10 Kohm 1 x 6,8 Kohm 1 x 8,2 Kohm 1 x 39 Kohm	9	0,045
Potenziometri [multigiro,formato rettangolare] Valori : 1 x 5 Kohm 1 x 10 Kohm 1 x 20 Kohm	3	1,24
Morsetti per pcb [2 poli con passo 5,08mm]	1	0,36
Morsetti per pcb [3 poli con passo 5,08mm]	1	0,39
Piastra fotoincisa in ditta [10cm x 10cm]	1	6,88
TOTALE Componentistica	/	20,50 €
Progettazione e Manodopera	Ore 12	3 €/h
TOTALE PROGETTO	/	56,50 €

Capitolo
11

Documentazione Tecnica

Nelle Prossime Pagine sono mostrati i datasheet e i dati tecnici principali di alcuni componenti circuitali, reperiti sia nel web che nel Catalogo RS 2003.