

Biscaro Alex
5^B Elettronica I.I.S. Einaudi Scarpa
A.S. 2014/2015

SERRA CENTRALIZZATA

PROGETTO DI MATURITÀ

Centraline meteo per la rilevazione di temperatura, umidità relativa e del terreno, pressione atmosferica, direzione e velocità vento. Visualizzazione su display GLCD e computer con datalogger.

SOMMARIO

Sommario

Finalità	2
Analisi del progetto	3
Schema a blocchi generale	4
Sensori analogici	6
Umidità del terreno YL-69 e pioggia YL-83	7
Luce BPW21	8
Umidità dell'aria HS1101	9
Velocità del vento	13
Direzione del vento	15
Sensori digitali	16
Temperatura DS18B20	16
Pressione BMP180	16
Convertitore analogico digitale	18
Protocolli di comunicazione	25
I ² C	25
UART	26
UART	27
Microcontrollori	29
Microchip	29
Atmel	30
Software	31
Flow chart PIC	31
Flow chart ATmega	36
LabVIEW	37
Schemi elettrici	39
Scheda master	39
Scheda acquisizione sensori	40
Scheda visualizzazione	42
Scheda attuatori	43
Migliorie e implementazioni successive	45

Finalità

La richiesta relativa al progetto in esame è stata avanzata da un cliente che necessitava di un sistema in grado di rilevare in otto diversi punti dei determinati valori atmosferici, visualizzarli su un display e poterli elaborare per attivare degli attuatori come lampade ad infrarossi, ventilatori o sistemi di irrigamento.

I range dei valori conformi al tipo di richiesta sono:

- Temperatura: tra i -20°C e i 50°C
- Umidità relativa: tra il 10% e il 90%
- Illuminamento: fino a 100'000lux
- Pressione: da 300mBar a 1100mBar
- Velocità del vento fino a 150Km/h
- Direzione del vento con precisione di 45°

In questo modo il committente potrà comodamente monitorare e gestire a distanza i suddetti valori, ottimizzando così il tempo impiegato abitualmente per svolgere tale lavoro; inoltre egli potrà conservare uno storico degli andamenti rilevati per confrontare le varie annate.

Analisi del progetto

In commercio, pur essendo reperibili sistemi simili a questo, essi difficilmente prevedono la gestione a distanza di una serra, limitandosi al solo monitoraggio. Recandomi nel luogo di installazione del progetto ho potuto constatare come il committente necessitasse di un impianto mobile in modo tale da poter facilmente spostare i sensori, a seconda delle varie coltivazioni, in diversi punti della serra e nei tunnel interni caratterizzati da un differente microclima. La scelta è così ricaduta in un sistema che prevede la dislocazione, all'interno della serra, di più schede fisse con la possibilità di spostare i sensori da una all'altra.

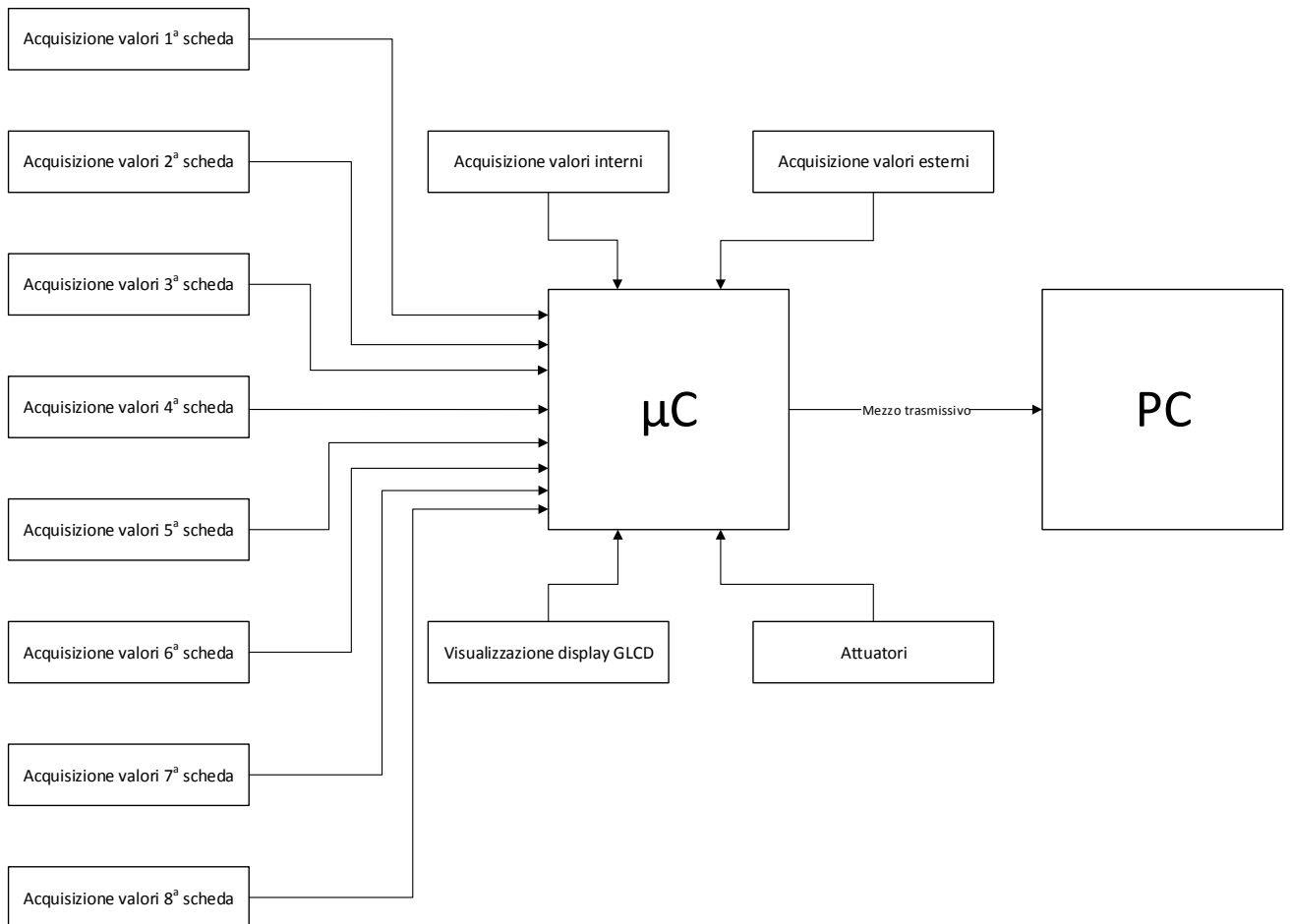
Inoltre, considerata l'intenzione da parte del cliente di voler ingrandire la propria attività anche realizzando nuove strutture nei pressi di quella esistente, ho scelto di utilizzare uno standard di collegamento tra le schede in modo che, con una sola integrazione del software, l'hardware risulti facilmente espandibile ad ulteriori unità.

La decisione di orientarmi su questo tipo di elaborazione, senz'altro maggiormente onerosa e più difficilmente realizzabile rispetto alle centraline meteo presenti sul mercato, mi ha permesso di sviluppare un progetto perfettamente conforme alle esigenze e necessità del committente.

ANALISI DEL PROGETTO

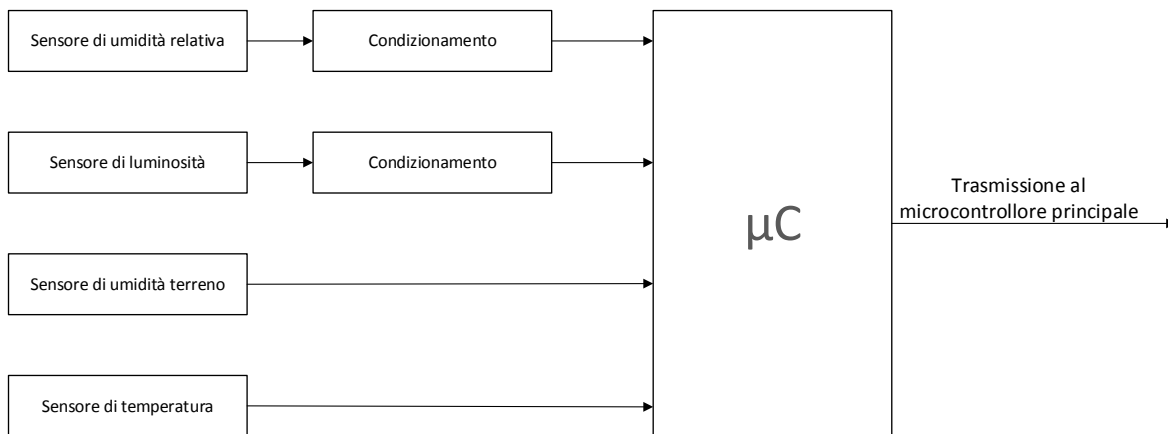
SCHEMA A BLOCCHI GENERALE

In base all'elaborazione del progetto è possibile stilare un riassuntivo schema a blocchi che viene sotto riportato:

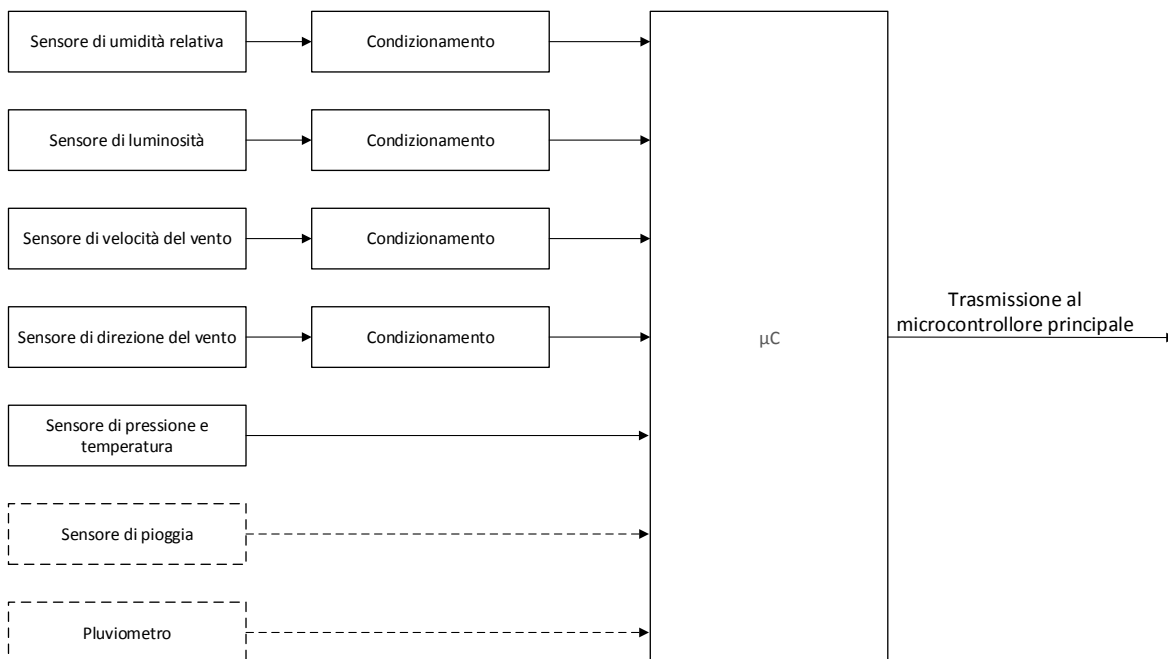


ANALISI DEL PROGETTO

Nello specifico, il blocco di acquisizione dei valori interni e quello relativo alle altre schede mobili sono stati ideati con il seguente principio:



Il blocco di acquisizione dei valori esterni differisce da quello sopra riportato per l'aggiunta di maggiori sensori.



Come si può notare, nella scheda per la rilevazione delle condizioni atmosferiche esterne sono stati aggiunti i sensori di velocità e direzione del vento ed il sensore di pressione. È stata poi predisposta la possibilità di aggiungere il sensore di pioggia ed il pluviometro.

Lo schema a blocchi della scheda di visualizzazione sul display e di quella degli attuatori è quasi nullo in quanto consiste in un microcontrollore che commuta i suoi stati in base alle informazioni pervenute dalla scheda principale.

Sensori analogici

I sensori sono particolari trasduttori che trasformano una grandezza fisica in un'altra congruente, di solito appartenente al dominio fisico dell'unità di governo che deve elaborarne il contenuto informativo, in questo caso elettrico.

Per funzionare sfruttano vari effetti:

Effetto piezoresistivo

Variazione della resistenza elettrica di un materiale dovuta alla sua deformazione meccanica.

Effetto termoresistivo

Variazione della resistenza elettrica di un materiale dovuta al riscaldamento.

Effetto termoelettrico

Quando una differenza di temperatura è presente tra due parti di un sistema costituito da due metalli uniti in una giunzione, si verificano due effetti:

Effetto Seebeck

Se la giunzione è mantenuta ad una temperatura differente da quella delle due parti metalliche libere, si genera una differenza di potenziale tra i due estremi liberi.

Effetto Peltier

Se viene fatta scorrere una corrente attraverso la giunzione in essa viene generato o assorbito calore in relazione al verso della corrente circolante.

Effetto fotoelettrico

L'energia dei fotoni incidenti su una superficie metallica si può trasformare in energia cinetica degli elettroni presenti nel metallo stesso se essa è sufficiente da superare la barriera di energia potenziale localizzata sul metallo, si ha quindi una emissione di elettroni.

Effetto fotoelettrico

I fotoni incidenti su un reticolo cristallino semiconduttore sono in grado di trasferire la loro energia agli elettroni di valenza del cristallo. In modo analogo all'effetto fotoelettrico sui metalli, se l'energia acquistata da parte degli elettroni è sufficiente, questi abbandonano la banda di valenza creando coppie elettroni/lacune libere nel reticolo. Quando questo avviene in corrispondenza d una giunzione P-N, il campo elettrico creato dal potenziale di giunzione accelera le cariche dando luogo ad una corrente fotoelettrica.

Effetto Hall

SENSORI ANALOGICI

Se un campo magnetico è applicato perpendicolarmente ad una superficie conduttrice percorsa da corrente, su di essa si genera un campo elettrico perpendicolare sia alla corrente che al campo.

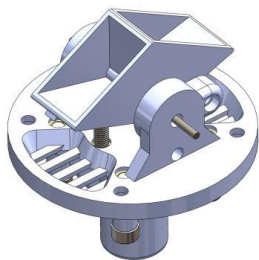
UMIDITÀ DEL TERRENO YL-69 E PIOGGIA YL-83

Per la lettura dell'umidità terreno si è scelto un sensore basato sulla variazione di resistenza. Si tratta di un elettrodo, del tipo più semplice ovvero a galvanizzazione, fatto a forchetta in modo da poterlo inserire nel terreno.

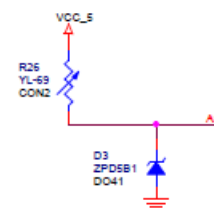
In generale tra tutti i sensori di umidità, questo è il meno preciso, con la minore ripetibilità e con le maggiori influenze esterne. Risulterebbero quindi inadatto ad una centralina adibita ad uso professionale ma essendo un'implementazione non richiesta dal cliente essa appare la scelta più economica.

Come per il sensore di umidità anche quello di pioggia mostra una resistenza che diminuisce all'aumentare dell'intensità.

Poiché il sensore misura solo l'intensità di pioggia e non l'effettiva quantità, è stata predisposta l'aggiunta di un pluviometro digitale, che funziona tramite un sistema di vaschette basculanti. Il ribaltamento di una di queste vaschette chiude un contatto che indica la precisa quantità d'acqua caduta al suolo.



Il condizionamento dei sensori è quasi nullo, si applica una tensione di 5V ai moduli resistivi mentre l'altro capo della resistenza viene portato al pin del convertitore analogico digitale. È stato inserito un diodo zener dal valore di 5V1 in polarizzazione inversa nel caso, improbabile, in cui la tensione entrante nell'ADC sia maggiore della tensione di fondo scala, evitando così la rottura del convertitore.



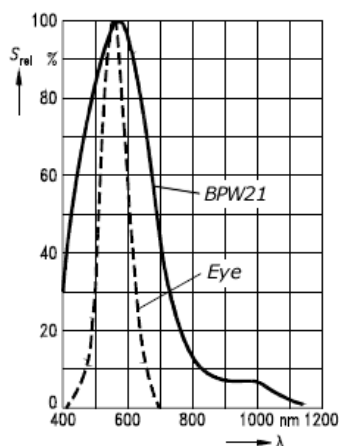
SENSORI ANALOGICI

LUCE BPW21

Questo trasduttore è diverso dalle comuni foto-resistenze che permettono una rilevazione della luminosità dell'ambiente esterno approssimativa, e più adatta quindi ad un controllo on-off di qualche attuatore.

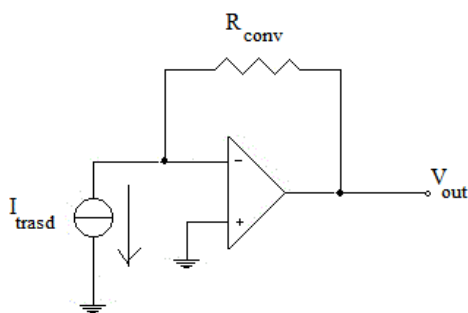
Questo foto diodo al silicio, adatto per realizzare strumenti di misura della luce, quali esposimetri, luxmetri e misuratori di temperatura colore, è caratterizzato da un'ampia gamma di valori di ingresso con una buona linearità della corrente in uscita.

Esso produrrà in uscita una corrente proporzionale all'illuminazione ricevuta con una sensibilità tipica di 7nA/Lux, specificato da Osram, e con una risposta spettrale simile a quella dell'occhio umano che va da 350 a 820nm.



Sensibilità spettrale relativa del fotodiodo BPW21

Il circuito è molto semplice in quanto il sensore manda in uscita una corrente proporzionale al flusso luminoso. Per una conversione da corrente a tensione si è scelto un circuito con un amplificatore operazionale, lo schema di principio è mostrato in figura.



Il generatore di corrente I_{trasd} rappresenta il trasduttore di corrente che in questo caso è il BPW21, l'uscita è data dalla formula:

$$V_{\text{out}} = R_{\text{conv}} * I_{\text{trasd}}$$

Questo schema risolve i problemi della conversione effettuata con una semplice resistenza. Con la soluzione presentata, infatti, la presenza di un carico collegato in uscita non modifica il comportamento

SENSORI ANALOGICI

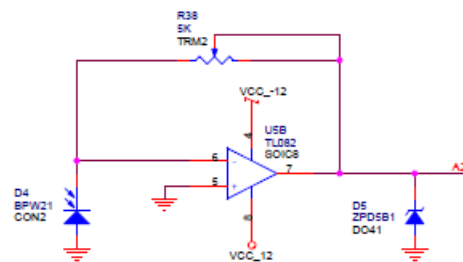
del trasduttore. Inoltre, la tensione ai capi del trasduttore rimane sempre costante e non dipende dalla tensione sul carico.

Si è scelto di avere il massimo valore richiesto dal cliente, che si ricorda essere di 100'000lux, come tensione massima di 5V, pertanto impostati questi valori, si è ricavata la resistenza calcolata tramite la formula inversa:

$$R_{conv} = \frac{V_{out}}{I_{trans} * lux_{max}} = \frac{5}{10nA * 100000} = 5K\Omega$$

Avendo una sensibilità che varia da 4.4 a 10nA/Lux si è scelto di mettere un trimmer del medesimo valore per calibrare il circuito.

Anche qui, avendo alimentato l'amplificatore operazionale a 12V, si è deciso di mettere un diodo zener del valore di 5V1 in modo da preservare l'ingresso dell'ADC da sovratensioni.



UMIDITÀ DELL'ARIA HS1101

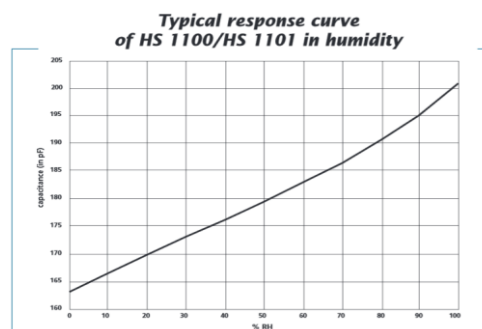
L'HS1101, prodotto dalla Humirel, è un sensore capacitivo avente una discreta precisione con un ottimo rapporto qualità-prezzo.

Il sensore consiste in un condensatore, costituito da una lamina ricoperta d'oro su entrambi i lati, la cui costante dielettrica varia in base all'umidità dell'ambiente in cui si trova.

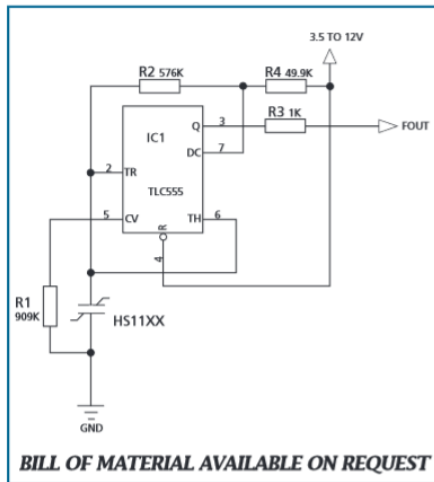
Il sensore rileva valori di umidità relativa tra l'1% e il 99%, modificando la sua capacità rispettivamente da 163pF a 201pF, con una caratteristica non perfettamente lineare.

Il sensore, nelle condizioni peggiori, ammette un errore di $\pm 2\%$ rispetto ai reali valori di umidità.

Per poter acquisire l'umidità da questo sensore è necessario convertire la capacità in una tensione, esistono diversi circuiti in grado di effettuare questa operazione.



SENSORI ANALOGICI



Nel progetto si è utilizzato il circuito riportato nel datasheet; esso usa un chip contenente un multivibratore che può essere configurato in diversi modi.

In questa configurazione è usato come astabile, ovvero si comporta come un oscillatore in grado di produrre onde quadre. L'unico accorgimento eseguito su questo schema, che differisce dal classico, è l'inserimento di un resistore dal valore di 909KΩ tra il piedino 5 e la massa.

La funzione di questo pin è quella di controllare i livelli di soglia e di trigger, la cui tensione normalmente è di circa $2/3 V_{cc}$ a causa del partitore di interno. Si è aggiunto questa resistenza, che non comporta una modifica della

soglia, per bilanciare la compensazione della temperatura.

Con questi collegamenti, quando il circuito viene alimentato, la tensione sul condensatore inizia ad oscillare tra i valori $V_{cc}/3$ e $2/3 V_{cc}$ e di conseguenza l'uscita varia tra 0 e V_{cc} con due tempi ricavabili dalle equazioni di carica del condensatore.

Il tempo t_1 che è il tempo in cui l'uscita è alta si calcola con la formula:

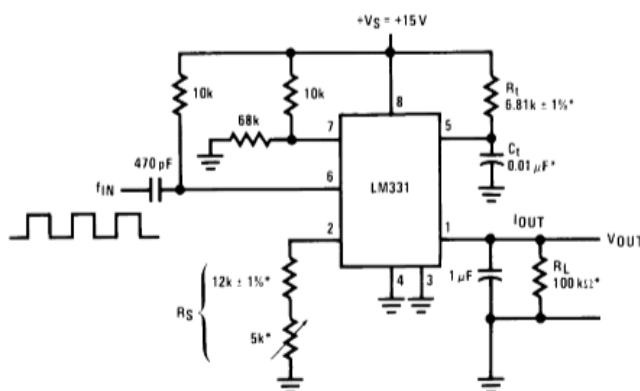
$$T_1 = C(R_2 * R_4) * \ln 2$$

mentre il tempo t_2 in cui l'uscita è bassa si calcola con la formula:

$$T_2 = C * R_2 * \ln 2$$

Si ha quindi a 0%RH una frequenza, data dal reciproco della somma di T_1 e T_2 , pari a 7351Hz, mentre con la massima umidità possibile si ha una frequenza di 6033Hz.

La frequenza così ottenuta deve ora essere trasformata in tensione. A questo scopo si è scelto

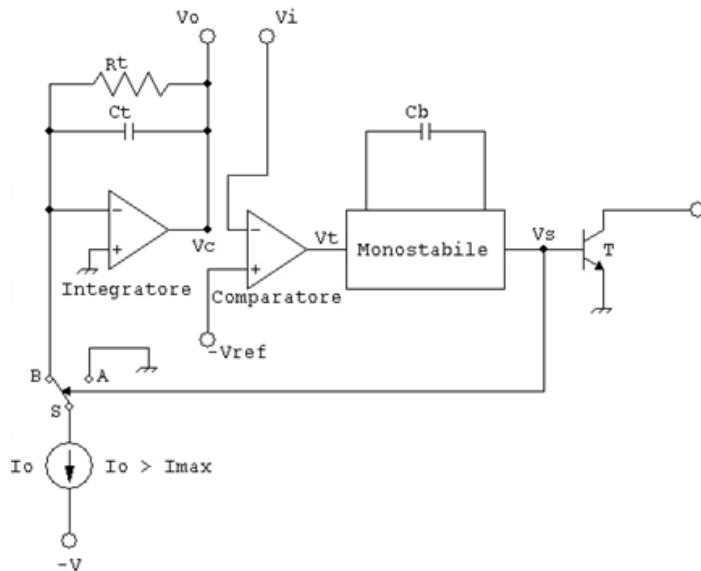


LM331, un preciso convertitore tensione-frequenza che dà la possibilità di realizzare entrambe le conversioni, prodotto e commercializzato dalla Texas Instruments. Questo convertitore genera in uscita una tensione proporzionale alla frequenza del segnale in ingresso.

Lo schema seguito per effettuare questa conversione è riportato nel datasheet.

SENSORI ANALOGICI

Per spiegarne il funzionamento bisogna guardare lo schema concettuale di questo integrato.



L'ingresso del comparatore riceve un segnale impulsivo di ingresso V_i , di frequenza variabile data dal sensore. Ogni volta che V_i scende al di sotto di $-V_{ref}$, il comparatore commuta a livello alto attivando l'oscillatore monostabile.

L'impulso positivo dell'oscillatore sposta il commutatore S in posizione B e lo mantiene per tutto il periodo T_B pari alla durata stessa dell'impulso. Durante questo intervallo il condensatore C_t dell'integratore tende a caricarsi per effetto della corrente

I_o . Alla fine dell'impulso il commutatore viene portato in posizione A e il condensatore comincia a scaricarsi sulla resistenza R_t . A regime il valore medio della corrente di scarica del condensatore che tramite la resistenza è proporzionale al valore medio della tensione V_o sul condensatore.

In conclusione, al variare della frequenza del segnale in ingresso, varia proporzionalmente il valore medio della corrente in ingresso C_t , e quindi il valore medio della tensione di uscita.

Per calcolare l'esatto valore delle resistenze si è fatto riferimento alla formula descritta nel documento tecnico:

$$V_{out} = F_{in} * 2.09 * \frac{R_l}{R_s} * R_t * R_c$$

Da questa formula si è impostato la Frequenza massima in ingresso (F_{in}) e la resistenza R_l scelta arbitrariamente e si è ricavato R_s con la formula inversa

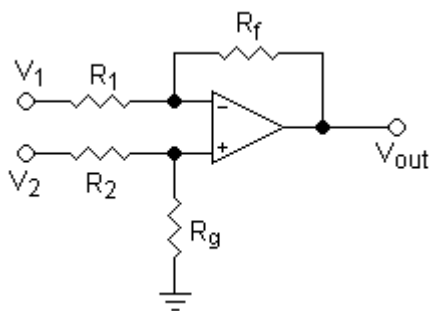
$$R_s = F_{in} * 2.09 * \frac{R_l}{V_{out}} * R_t * C_t = 7351 * 2.09 * \frac{120K}{5} * 6K8 * 10n$$

Ponendo una frequenza di 7351Hz, si è deciso di far corrispondere un uscita di 5V; per ottenere questo valore si è impostata la resistenza R_l di 120K Ω e dalla formula inversa è stato ricavato R_s risulta avere un valore di circa 25.073K Ω . Non essendo una resistenza dal valore commerciale si è optato per una di 22K Ω in serie ad un trimmer regolabile da 5K Ω in modo da poter impostare con precisione il valore ricavato.

SENSORI ANALOGICI

Visto che in uscita dal LM331 si ha una tensione pari a 4.10V con un'umidità massima, e di 5V con quella minima, si è scelto di mettere un amplificatore operazionale per aumentare il range così da avere una maggiore precisione da parte dall'ADC.

Per realizzare questo circuito è stato usato l'amplificatore in configurazione differenziale che serve per amplificare la differenza dei due segnali in ingresso, ciascuno moltiplicato per una qualunque costante determinata dai resistori.



La V_{out} è stata trovata applicando il principio della sovrapposizione degli effetti ed è uguale a:

$$V_{out} = V_2 \left(\frac{(R_f + R_1)R_g}{(R_g + R_2)R_1} \right) - V_1 \left(\frac{R_f}{R_1} \right).$$

Avendo, come nel nostro caso, $R_1 = R_2$ e $R_f = R_g$ la formula si semplifica in:

$$V_{out} = \frac{R_f}{R_1} (V_2 - V_1)$$

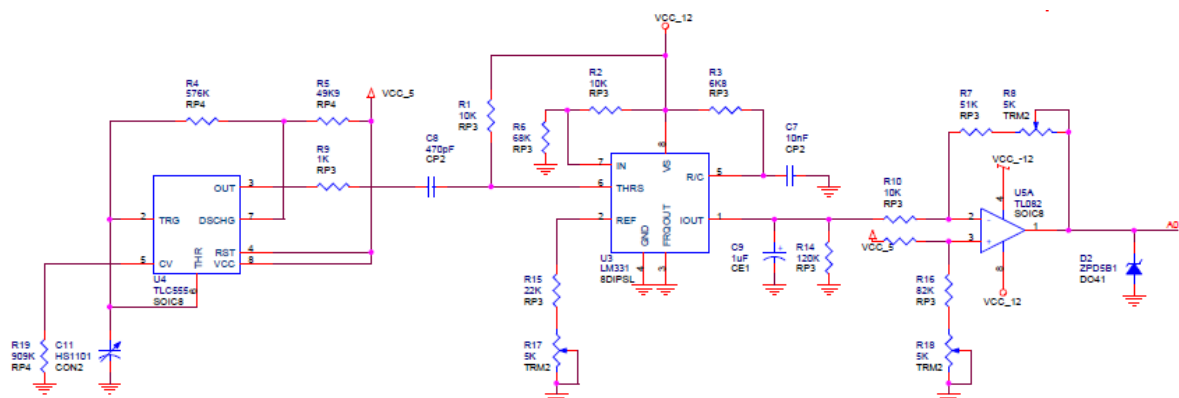
Si è deciso di collegare al morsetto non invertente una tensione fissa di 5V mentre al morsetto invertente la tensione in uscita da LM331. Per calcolare il guadagno si è usata la formula:

$$G = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_1}$$

Volendo un'uscita da 0 a 5V ed avendo una differenza del segnale in ingresso di 0.9, si è trovato che il guadagno deve essere di circa 5.55.

Sapendo che il guadagno è dato dal rapporto di $\frac{R_f}{R_1}$, si è impostata la resistenza R_1 del valore di $10K\Omega$ e, dalla formula inversa, si è trovata una R_f pari a $55.5K\Omega$. Siccome essa non è una resistenza dal valore commerciale si è optato per una serie composta da $51K\Omega$ e da un trimmer da $5K\Omega$.

Anche qui, avendo alimentato l'amplificatore operazionale a 12V, si è deciso di mettere un diodo zener del valore di 5V1 in modo da preservare l'ingresso dell'ADC da sovratensioni.



SENSORI ANALOGICI

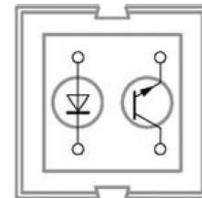
VELOCITÀ DEL VENTO

Per misurare la velocità del vento inizialmente la scelta era ricaduta su un encoder incrementale basato sul CNY70, si tratta di un sensore formato da un diodo ad infrarossi e un fototransistor che viene usato come interruttore. Più precisamente si trova in saturazione quando gli viene sovrapposto un elemento riflettente, quale un foglio di carta o un metallo cromato, al contrario si trova in interdizione quando non vi è sovrapposto nulla o un materiale capace di assorbire le frequenze luminose.

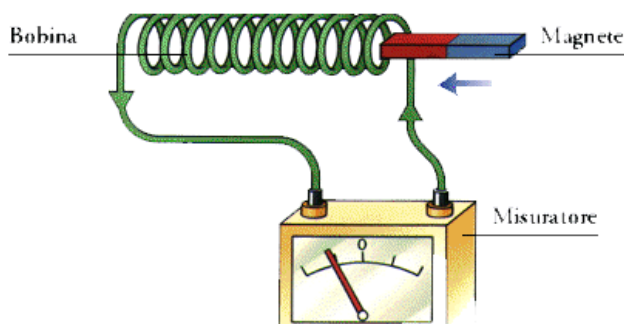
Come si presenta la parte del disco



Come si presenta il sensore CNY70



Successivamente si è deciso di cambiare il sensore con uno recuperato da una vecchia centralina meteo che sfrutta il principio dell'elettromagnetismo e più precisamente quello dell'induzione elettromagnetica. Esso è composto da una calamita, immersa in una bobina, che ruota insieme alle pale, in questo modo si crea all'estremità dell'avvolgimento una differenza di potenziale la quale varia in base all'intensità del vento sia in tensione che in frequenza.

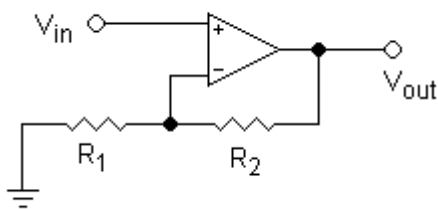


Nonostante questa modalità di acquisizione dati si dimostri più complicata da gestire, il sensore risulta essere molto sensibile alla più lieve variazione del vento.

SENSORI ANALOGICI

Dal momento che oltre alla frequenza varia anche la tensione un collegamento diretto verso LM331, il cui funzionamento è stato spiegato precedentemente, non sarebbe stato possibile. Per ovviare a questo problema si è deciso di collegare tre operazionali non invertenti in cascata.

Lo scopo di questo collegamento è portare la tensione di ingresso, che misurata su un oscilloscopio ha valori di qualche millivolt, ad un valore di 5V in modo da poter esser letta dal convertitore frequenza tensione.

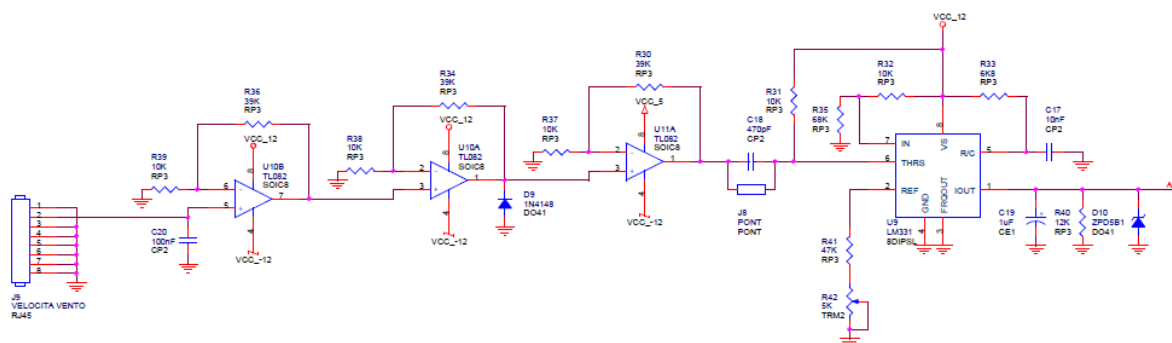


Non volendo nessun guadagno specifico, si sono scelte resistenze commerciali della serie E12, per la precisione R1 è stata scelta da 10K Ω mentre R2 da 39K Ω .

Dopo il secondo amplificatore si è inserito un diodo per segnali 1N4148 così da eliminare la semionda negativa. Infine, l'ultimo operazionale è stato alimentato ad una tensione positiva di 5V per avere un livello di tensione di uscita in logica TTL.

Per la conversione da frequenza a tensione è stato utilizzato anche qui il circuito integrato LM331 nel quale si sono scelte la frequenza di ingresso massima impostata a 150KHz la resistenza R1 da 12K Ω , si è così potuto ricavare Rs che deve valere 51.1632K Ω . Come per il circuito precedente si è utilizzato un resistore da 47K Ω in serie ad un trimmer da 5K Ω .

Nel caso in cui la frequenza di ingresso sia maggiore di quella impostata si avrebbe una tensione di uscita maggiore di 5V che andrebbe a rovinare il convertitore analogico digitale, per questo si è deciso di mettere un diodo zener del valore di 5V1 in modo da preservare l'ingresso dell'ADC da sovratensioni.



SENSORI ANALOGICI

DIREZIONE DEL VENTO

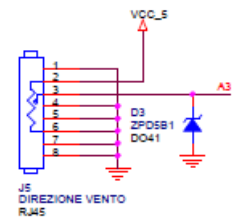
Per valutare la direzione del vento la scelta era ricaduta su un encoder assoluto e quindi l'uso di più sensori CNY70; in particolare, ne erano previsti 4 che garantivano una precisione di 22.5°.



Come si presenta la parte del disco

Anche questo sensore è stato cambiato con uno recuperato dalla centralina meteo, esso si presenta come una resistenza variabile in base alla direzione, quindi la precisione è dovuta esclusivamente alla conversione analogico-digitale dell'ADC.

Il condizionamento è molto semplice, si applica una differenza di potenziale di 5V tra i due capi della resistenza mentre il cursore variabile è portato al pin del convertitore analogico digitale. È stato inserito un diodo zener dal valore di 5V1 in polarizzazione inversa nel caso, improbabile, in cui tensione entrante nell'ADC sia maggiore, della tensione di fondo scala, evitando così la rottura del convertitore.



Sensori digitali

I sensori digitali sono particolari trasduttori che trasformano una grandezza fisica in una stringa di valori che viene letta dal microcontrollore sotto forma di codice binario o un altro tipo di codice.

TEMPERATURA DS18B20

La misurazione della temperatura è tra le più comuni all'automazione e proprio per questo in commercio ci sono molti sensori adibiti a questo compito. Per rispettare le caratteristiche richieste dal cliente si è scelto un sensore a circuito integrato che offre come vantaggi una linearità ottimale, un costo contenuto e una maggior facilità di utilizzo.



Come sensore si è scelto il DS18B20 prodotto dalla Maxim IC, il quale ha la capacità di rilevare la temperatura con precisione da 9 bit a 12 bit in un range che varia tra un minimo di -55°C ed un massimo di $+125^{\circ}\text{C}$ con approssimazione di $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Il protocollo utilizzato da questo sensore per comunicare con il microcontrollore è lo Unique 1-Wire; questa interfaccia richiede l'utilizzo di un solo pin. Non necessita di nessun componente esterno ed è stato prodotto anche con un package waterproof che risulta essere più adatto all'ambiente interno di una serra.

La trasmissione bi-direzionale del protocollo 1-wire è di tipo half-duplex. Non è richiesto un clock di sistema in quanto la sincronizzazione avviene con il fronte di discesa del bus pilotato dal master. È possibile collegare al bus molti dispositivi contemporaneamente in quanto ognuno di essi dispone di un proprio indirizzo univoco che permette di distinguerlo dagli altri.

Per il condizionamento serve solo una resistenza di pull-up ai 5V del valore di $4.7\text{k}\Omega$.

PRESSIONE BMP180

Per la misura della pressione si è scelto il sensore BMP180 prodotto dalla Bosch. Esso offre una gamma di misurazione da 300 a 1100mBar con una precisione fino a 0.02mBar. Il sensore fornisce anche la misurazione precisa della temperatura, dato che serve per calibrare la misurazione della pressione tramite un algoritmo, il risultato ottenuto viene salvato in una ROM.



Il BMP180 sfrutta il principio piezoelettrico dove una deformazione meccanica di un materiale genera una differenza di potenziale

SENSORI DIGITALI

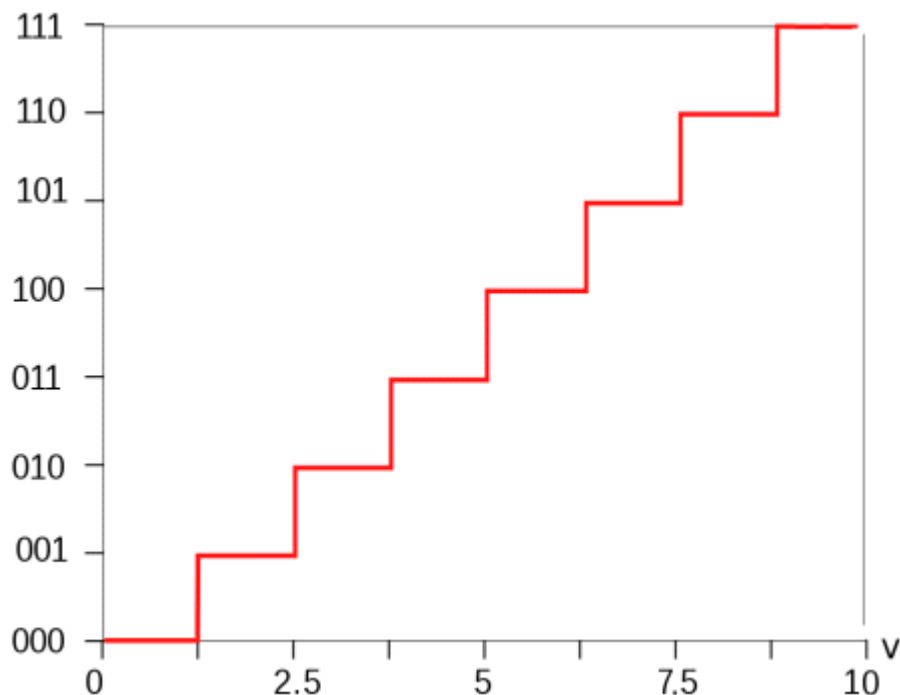
Questo sensore è stato ideato per essere connesso direttamente al microcontrollore, per questo usa il protocollo standard I²C nel quale ha indirizzo fisso 0x77.

Per la parte di condizionamento basta solo prevedere una linea di tensione a 3.3V, in questo caso realizzata con un LD1117V33, poiché non necessita di nessun componente discreto esterno in quanto il modulo si interfaccia direttamente al microcontrollore.

Convertitore analogico digitale

Il convertitore analogico-digitale è un circuito elettronico in grado di convertire un segnale analogico nel tempo e nelle ampiezze, trasformandole in stringhe parallele di bit corrispondenti.

Nella conversione analogico-digitale è inevitabile la perdita di informazioni, infatti una grandezza analogica varia con continuità all'interno del range assumendo quindi infiniti valori, mentre la grandezza numerica di uscita può assumere un numero finito di valori in dipendenza al numero di bit che compongono il dato in uscita. Ciò significa che una variazione della tensione di ingresso di quantità piccolissime non verrebbe rilevata in uscita, di conseguenza è necessario limitarsi ad un certo numero di livelli di quantizzazione. Questo legame tra ingresso e uscita può essere rappresentato con il grafico a scala riportato nell'esempio in figura.



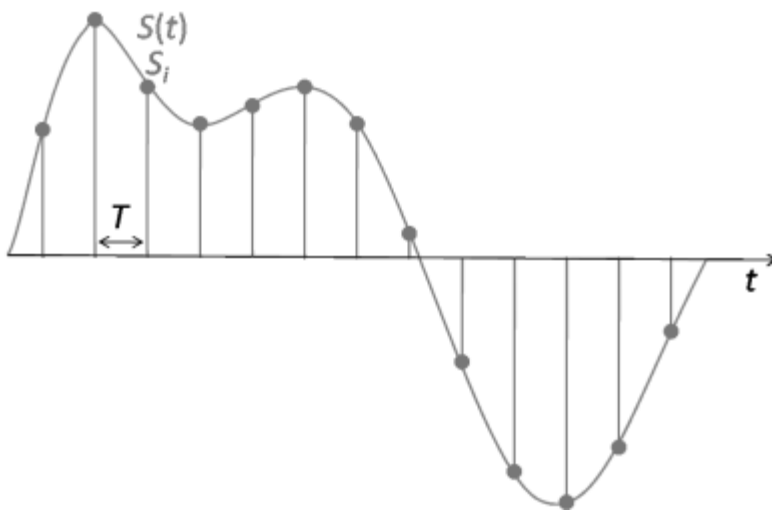
La quantizzazione indica appunto la minima variazione della tensione di ingresso che causa una variazione nel codice binario in uscita ed è data dalla formula

$$Q = \frac{VFS}{2^n}$$

Dove VFS è la tensione di fondo scala e n è il numero dei bit che il convertitore possiede. Si può facilmente notare che più il numero è grande più precisa sarà la conversione.

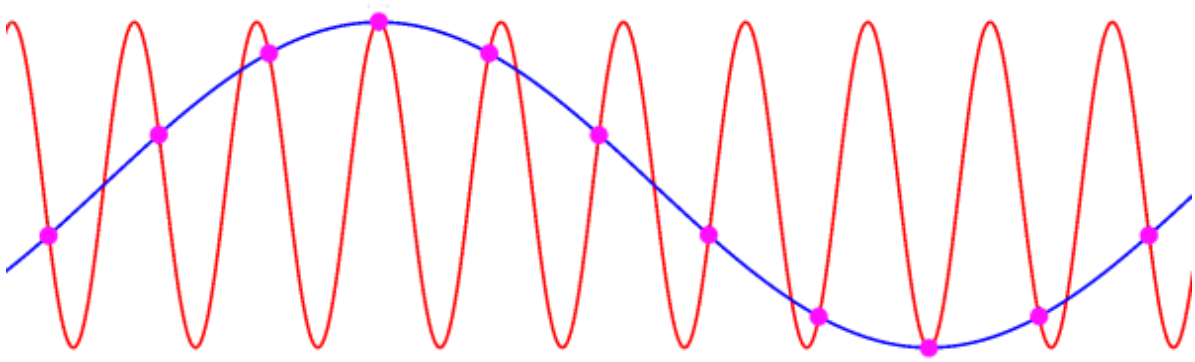
CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE

Per digitalizzare un segnale variabile nel tempo è necessario, prima di effettuare la quantizzazione, individuare istante dopo istante alcuni valori di tensione da sottoporre a conversione. Questa operazione si chiama campionamento e viene effettuata ad intervalli di tempo costanti. Più elevata è la frequenza di campionamento migliore sarà l'approssimazione; esiste però un criterio preciso per fissare questa frequenza dato dal teorema di campionamento di Nyquist-Shannon.



Il teorema definisce la minima frequenza necessaria per campionare un segnale analogico senza perdere informazioni prevedendo almeno l'acquisizione di due campioni ogni periodo del segnale. Se non viene rispettato questo teorema si possono introdurre errori chiamati aliasing.

Un esempio degli effetti dell'aliasing è mostrato in figura sottostante dove un segnale sinusoidale reale, rappresentato con la linea rossa, viene campionato con una frequenza insufficiente, ovvero solo un campione a periodo. La linea blu che passa per i punti campionati è la ricostruzione del segnale che, come si nota, appare ben diverso rispetto al segnale da acquisire.

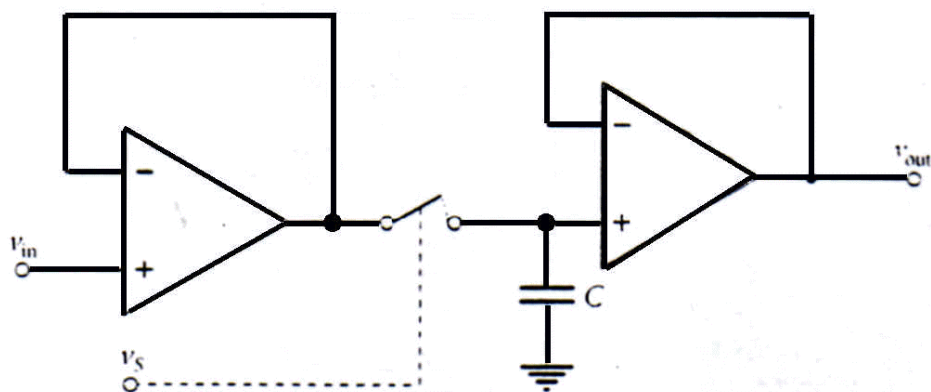


CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE

La conversione, che richiede tempi relativamente lunghi, può avvenire solo se il campione rimane costante all'ingresso del convertitore per tutto il tempo di durata del processo.

Il problema non si pone quando i dati acquisiti sono rappresentati da segnali lentamente variabili, in questi casi per tutto il tempo della conversione la grandezza fisica si può ritenere costante. Se invece i tempi di variazione del segnale sono confrontabili con quelli di conversione, occorre che il campione venga mantenuto inalterato all'ingresso del convertitore finché questo non ha compiuto la sua operazione.

Per ottenere tale risultato si usa un dispositivo chiamato SAMPLE & HOLD, si tratta di un rivelatore di picco che viene resettato da un interruttore analogico mediante un segnale impulsivo di comando (V_s). Il segnale V_a rappresenta il dato da acquisire e la tensione V_{out} , coincide istante per istante con la tensione sul condensatore.



La formula per calcolare se occorre predisporre o meno un Sample & Hold è:

$$F_i \leq \frac{1}{2^n * \pi * T_c}$$

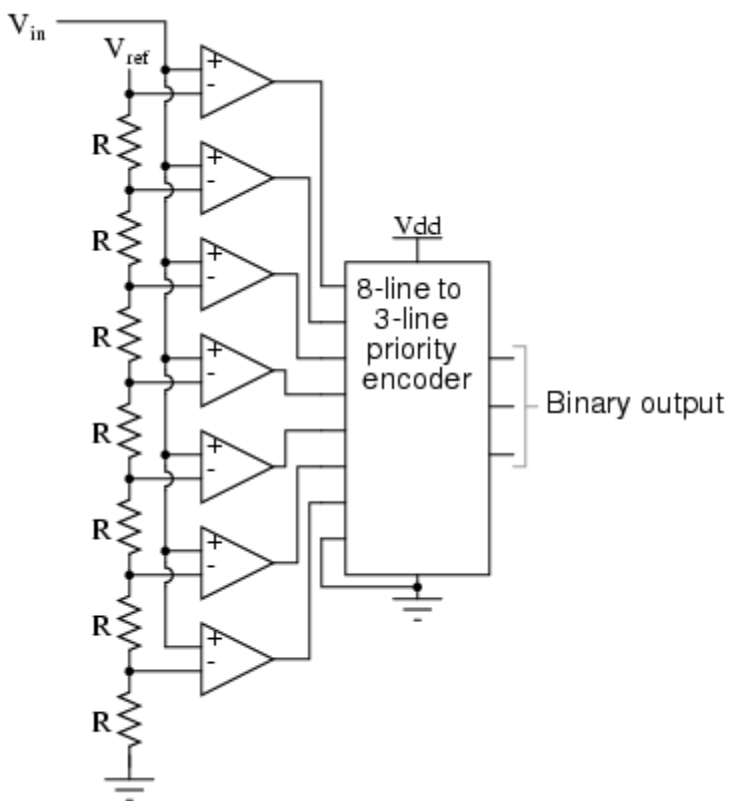
dove F_i è la frequenza di ingresso e T_c il tempo di conversione dell'ADC. Se il risultato rispetta la disequazione allora non serve predisporre tale dispositivo.

CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE

Esistono diverse tipologie di convertitore analogico digitale:

Flash

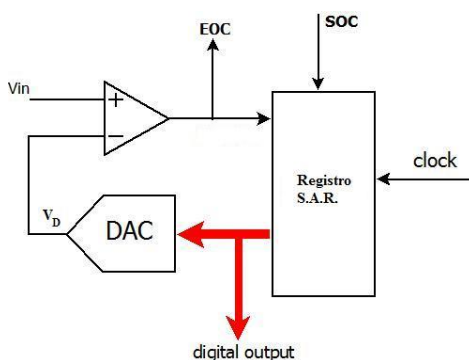
Ha un comparatore per ognuno dei livelli di voltaggio di quantizzazione. Il segnale di ingresso



arriva a tutti i comparatori e porterà in uscita un valore di saturazione positivo a tutti quelli in cui la tensione del segnale di ingresso risulti maggiore di quella di soglia per il determinato bit. Attraverso un priority encoder (encoder con priorità, ovvero che tiene conto solo del bit più significativo) solo il comparatore con il valore maggiore attiverà l'uscita, corrispondente all'encoder.

I convertitori flash sono i più veloci in assoluto e sono usati per campionare segnali in alta frequenza. Poiché il numero di comparatori necessari cresce esponenzialmente con il numero dei bit richiesti, i convertitori di questo tipo non hanno più di 8 bit.

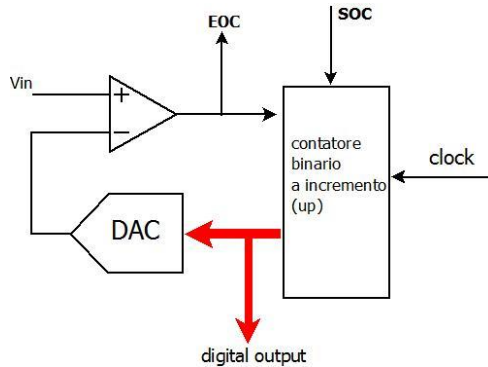
Approssimazioni successive



Usa un comparatore e un convertitore digitale-analogico; ad ogni passaggio l'ADC prova a impostare un bit partendo dal MSB e, usando il DAC, confronta il segnale campionato con il segnale di ingresso

CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE

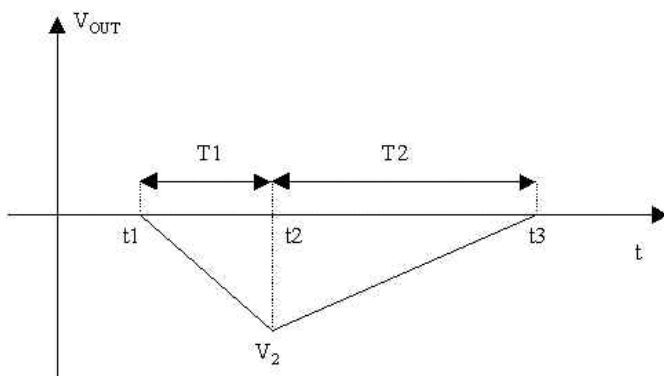
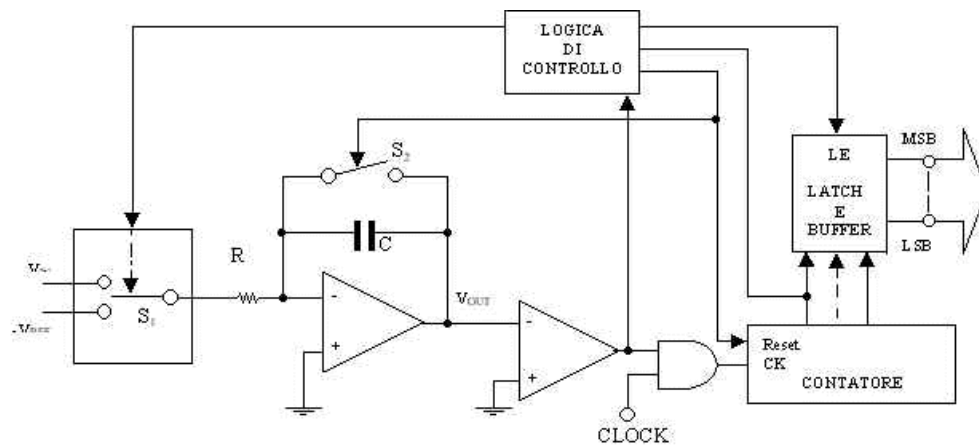
Ad inseguimento



Ha un contatore Up-down collegato ad un DAC, un comparatore confronta il segnale di uscita con il segnale di ingresso e interrompe il conteggio quando i valori sono abbastanza vicini tra loro. Questi convertitori sono usati spesso per leggere grandezze fisiche che non variano con elevata velocità ma che devono essere lette con molta precisione.

A doppia rampa

Produce un segnale a dente di sega. Il segnale di ingresso viene integrato facendo salire la rampa mentre un contatore segna il tempo. Quando la rampa raggiunge un livello noto il conteggio termina e indica il valore quantizzato del segnale.



CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE

Nel progetto si è scelto il convertitore analogico digitale presente nel microcontrollore ATmega 328P che ha le seguenti caratteristiche riportate direttamente dal datasheet:

24.1 Features

- **10-bit Resolution**
- **0.5 LSB Integral Non-linearity**
- **± 2 LSB Absolute Accuracy**
- **13 - 260 μ s Conversion Time**
- **Up to 76.9kSPS (Up to 15kSPS at Maximum Resolution)**
- **6 Multiplexed Single Ended Input Channels**
- **2 Additional Multiplexed Single Ended Input Channels (TQFP and QFN/MLF Package only)**
- **Temperature Sensor Input Channel**
- **Optional Left Adjustment for ADC Result Readout**
- **0 - V_{CC} ADC Input Voltage Range**
- **Selectable 1.1V ADC Reference Voltage**
- **Free Running or Single Conversion Mode**
- **Interrupt on ADC Conversion Complete**
- **Sleep Mode Noise Canceler**

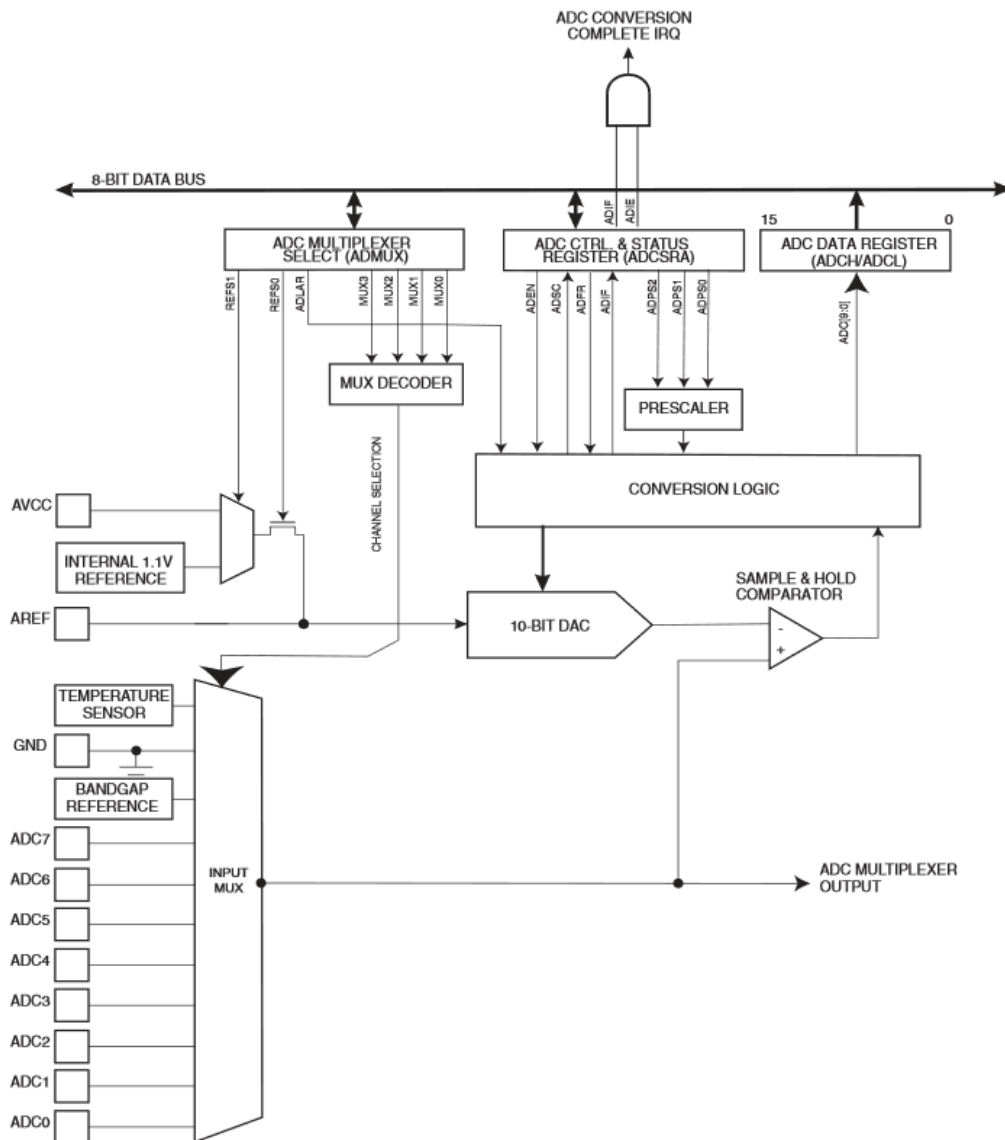
Il convertitore è un 10 bit ad approssimazioni successive avente quindi un quanto pari a 4.882mV con fondo scala di 5V, più che sufficienti per le acquisizioni che occorrono effettuare.

Si è deciso di non inserire un Sample & Hold in quanto i dati acquisiti sono segnali lentamente variabili.

CONVERTITORE ANALOGICO DIGITALE

È riportato lo schema del convertitore analogico digitale interno al microcontrollore:

Figure 24-1. Analog to Digital Converter Block Schematic Operation,



Protocolli di comunicazione

In telecomunicazioni un protocollo di comunicazione è un insieme di regole formalmente descritte, definite al fine di favorire la comunicazione tra una o più entità. Tutte queste regole sono definite mediante specifici protocolli, dalle tipologie più varie e ciascuno con precisi compiti e finalità, a seconda delle entità interessate e il mezzo di comunicazione.

I²C

I²C, abbreviazione di Inter Integrate Circuit, è un sistema di comunicazione seriale bifilare utilizzato tra circuiti integrati della stessa scheda.

Lo sviluppo del bus è iniziato negli anni ottanta dalla Philips e nel 1992 è stata rilasciata la prima versione del protocollo, che ha subito diversi aggiornamenti e generato bus simili, uno dei quali il SMBUS brevettato da Intel.

Il classico bus I²C è composto da almeno un master (“padrone”) ed uno o più slave (“schiavi”).

Trattandosi di un protocollo seriale i vantaggi che offre sono quelli di impegnare solo due linee realizzando una comunicazione semplice e sincrona, infatti tutte le regole del protocollo che bisogna rispettare per una corretta trasmissione e ricezione dei dati, vengono gestite a livello hardware il che rende più agevole l'utilizzo al progettista che non deve preoccuparsi di nulla.

L' I²C ha 7 bit di indirizzo (B1 è il più significativo, B7 il meno significativo) e quindi 128 possibili indirizzi diversi. Di questi però 16 sono riservati, per cui i dispositivi che possono essere collegati sullo stesso bus sono al massimo 112. Uno sviluppo successivo ha portato ad un indirizzamento a 8 bit e successivamente a 10 bit.

La velocità di trasmissione nel modo standard sono di 100Kbit/s o di 10Kbit/s in velocità low-speed ma nulla impedisce di scendere a velocità più basse. Una revisione del protocollo ha introdotto dispositivi in grado di lavorare in fast mode con 400Kbit/s e high-speed mode a 3.4Mbit/s.

Il numero massimo di periferiche connesse al bus, oltre ad essere limitate dal numero di indirizzi possibili è limitato dalla capacità parassite introdotte da ciascun dispositivo. La capacità totale presentata sulle linee SDA e SCL deve essere limitata a 400pF e perciò i resistori di pull-up dovranno essere dimensionati su questo dato.

Nel progetto realizzato ogni scheda viene gestita tramite bus I²C, per questo è stato scelto di inserire a bordo di ognuna un microcontrollore nel quale viene scelto in maniera univoca l'indirizzo. Nulla vieta di poter aggiungere o togliere delle periferiche al bus senza influire sul resto del circuito, facilitando così l'implementazione senza dover intervenire sull'hardware.

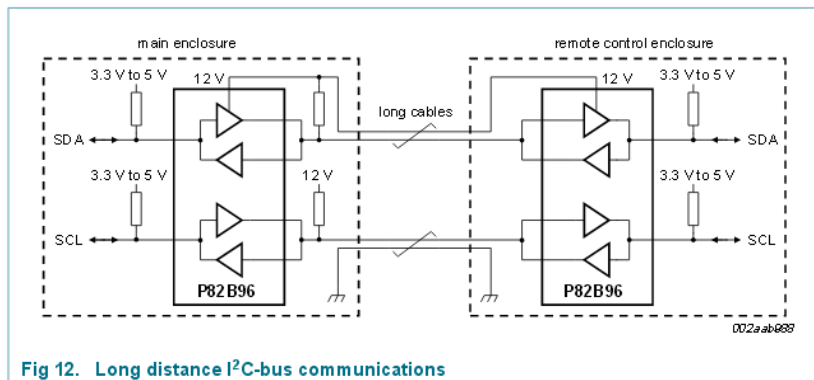
Implementazione del protocollo I²C

Dovendo sfruttare le potenzialità del microcontrollore senza incorrere in problemi di disturbo ed interpretazione errata dei segnali da parte delle schede elettroniche connesse all'unità di controllo è divenuto necessario implementare il protocollo I²C in modo da poter coprire distanze maggiori con le sole due linee del bus.

Il P82B96 è un circuito integrato, prodotto e commercializzato dalla Texas Instruments, che crea una interfaccia logica bidirezionale tra il normale bus I²C e una serie di altre configurazioni con diversi livelli di tensione e corrente senza dover modificare la velocità di comunicazione.

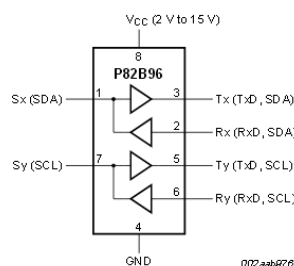
Uno dei vantaggi di questo chip è che isola l'intero bus dalla capacità di ogni singolo cavo e dispositivo in modo tale che si riesca a coprire distanze maggiori e non si abbiano limiti di inserimento di nuovi dispositivi che andrebbero a caricare il bus.

Si tratta di un integrato bidirezionale, i pin Sx e Sy vengono utilizzati per collegare, rispettivamente, i segnali SDA e SCL mentre i pin Tx, Rx e Ty, Ry sono gli omonimi per la parte di segnale isolato. Per ogni uscita troviamo due terminali perché è necessario garantire la bidirezionalità del segnale. Nel collegamento tutte le uscite Tx e Rx vengono collegate assieme con una resistenza di pull-up connessa ai 12V, similamente anche per le uscite Ty e Ry.



Vengono riportate in basso le possibili applicazioni del circuito integrato come descritte dal datasheet:

3. Applications



- Interface between I²C-buses operating at different logic levels (for example, 5 V and 3 V or 15 V)
- Interface between I²C-bus and SMBus (350 μ A) standard
- Simple conversion of I²C-bus SDA or SCL signals to multi-drop differential bus hardware, for example, via compatible PCA82C250
- Interfaces with opto-couplers to provide opto-isolation between I²C-bus nodes up to 400 kHz

UART

L'UART, abbreviazione di Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, è un dispositivo hardware di uso generale o dedicato, il quale converte flussi di bit di dati da un formato parallelo a un formato seriale asincrono o viceversa. Nei Personal Computer o nei microcontrollori questa periferica ha il compito di gestire le comunicazioni delle interfacce seriali RS-232, che consistono in una interfaccia seriale a bassa velocità di trasmissione per lo scambio di dati tra dispositivi digitali.

Lo standard EIA RS-232 nasce negli anni sessanta per opera della Electronic Industries Association come mezzo comunicativo tra terminali. Nel corso di oltre 40 anni lo standard si è evoluto, pur mantenendosi in gran parte invariato e nel primo decennio del 2000, sebbene essa fosse presente su quasi tutti i PC, è stata soppiantata dall'interfaccia USB che risulta essere più veloce.

Rimane tutt'ora largamente utilizzato per la comunicazione a bassa velocità, nell'ambito industriale ed in altri circuiti relativamente semplici.

L'UART definisce un'interfaccia di livello fisico del modello ISO/OSI, (acronimo di International Standardization Organization/Open System Interconnection) per la trasmissione seriale, sia in modalità sincrona che asincrona, stabilito nel 1978.

È costituito da una pila di protocolli attraverso i quali viene ridotta la complessità implementativa di un sistema di comunicazione per il network e sono previsti 7 livelli, 3 di rete che si suddividono in fisico, link e rete, e 4 livelli utente che sono trasporto, sessione, presentazione e applicazione.

Livello 1: Fisico

Trasmette un flusso di dati non strutturati attraverso un collegamento fisico, occupandosi della forma e dei livelli di tensione del segnale.

Livello 2: Datalink

Permette il trasferimento affidabile di dati attraverso il livello fisico, invia frame di dati con la necessaria sincronizzazione ed effettua un controllo degli errori e delle perdite di segnale.

Livello 3: Network

Rende i livelli superiori indipendenti dai meccanismi e dalle tecnologie di trasmissione usate per la connessione e prendersi carico della consegna a destinazione dei pacchetti.

Livello 4: Transport

Permette un trasferimento di dati trasparente e affidabile.

PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE

Livello 5: Session

Controlla la comunicazione tra applicazioni. Instaura, mantiene e abbatte sessioni tra applicazioni cooperanti. Si occupa anche della sincronia di invio e ricezione dei messaggi.

Livello 6: Presentation

Trasforma i dati forniti dalle applicazioni in un formato standardizzato e offre servizi di comunicazione comuni, come la crittografia, la compressione del testo e la riformattazione.

Livello 7: Applicazione

Interfaccia utente e macchina

Nel progetto realizzato il protocollo è stato implementato per la comunicazione tra il microcontrollore e il computer, per uno scambio di dati bidirezionale, per acquisire i valori da visualizzare e gestire le uscite di comando per gli attuatori.

Come sopra accennato lo standard RS-232 è caduto in disuso nell'ambito civile e quindi un suo utilizzo da parte del cliente risulterebbe poco pratico per ciò si è deciso di utilizzare un chip commercializzato dalla FTDI che converte i protocolli UART con quelli più recenti USB.

Si tratta di un integrato molto semplice dove non vengono richieste componenti esterne discrete, i pin USBDM e USBDP sono collegati direttamente ai rispettivi cavi D+ e D- della porta USB mentre in uscita si trovano i pin TXD e RXD che vengono collegati rispettivamente alle uscite di trasmissione e ricezione. Sono presenti anche i segnali di handshaking quali CTS, DTR, DSR e DCD.

Microcontrollori

The microprocessor is a chip with a memory which can store list of coded instructions. The microprocessor use a logic to decode instructions and manipulate data, the result can then be stored in the memory or sent to other devices such as display screens.

There are two basic kinds of memory circuits: read-only-memory (ROM) which can be neither erased and random-access-memory (RAM) which can be added to or erased.

Electronics circuits process informations by combining inputs in different ways to produce new informations. They work with digital signals. In digital processing, all the input informations is translated in to a code of binary numbers, the code is called binary because it uses only two digits; 1 and 0. All numbers, letters and other types of data are represented by different combinations of just these two digits. In this way, any number can be represented inside the processor by a particular combinations of circuits, each of which is either "on", signifying binary 1, or "off" which signifying binary 0. Each 1 or 0 is called a bit, a contraction of "binary digit".

Many systems work with bits in groups called words. A word that consists of 8 bits is called a byte, the maximum word length that a microprocessor can handle helps determine how rapidly it can operate. The earliest microprocessor used 4 bit words, and advanced microprocessor were able to handle longer words 8,16,32 and 64 bits.

MICROCHIP

La Microchip Technology è una società produttrice di semiconduttori di vari generi, da amplificatori operazionali a EEPROM, ma essa è nota soprattutto per essere la produttrice dei microcontrollori PICmicro (Programmable Interface Controller), famiglia derivati dal PIC1650 originariamente sviluppato dalla General Instrument.

Attualmente produce diverse famiglie di microcontrollori ognuna caratterizzata dall'aver più o meno memoria, dall'essere equipaggiata da un certo numero di interfacce.

Per la realizzazione di questo progetto è stato scelto come controllore principale un PIC della famiglia 18F, per la precisione il 4455 che offre un'ampia varietà di interfacce per la comunicazione, anche se quelle richieste dal progetto sono l'I²C e l'UART e una memoria per la programmazione di 24Kb che essendo sovradimensionata rispetto alle specifiche richieste consentirà di non cambiare MCU in caso di modifiche future.

ATMEL

Atmel Corporation è anch'essa una società produttrice di semiconduttori specializzata nella realizzazione di microcontrollori derivanti dall'Intel 8051, basati sull'architettura ARM (Advanced RISC Machine). Ha due famiglie di microcontrollori, gli Atmel AVR ad 8 bit e gli AVR32 ad appunto 32 bit.

Per il progetto si è scelto di usare il microcontrollore ATMEGA 328P, della famiglia a 8 bit, per ogni scheda slave dell'I²C. Infatti presenta già integrato questo protocollo, insieme a 8 convertitori analogici-digitali con risoluzione di 10 bit.

È stato scelto proprio questo integrato perché offre due funzionalità sulla stessa scheda, converte i segnali analogici provenienti dai sensori e li comunica sul bus I²C con indirizzamento scelto dal progettista fra i 127 disponibili.

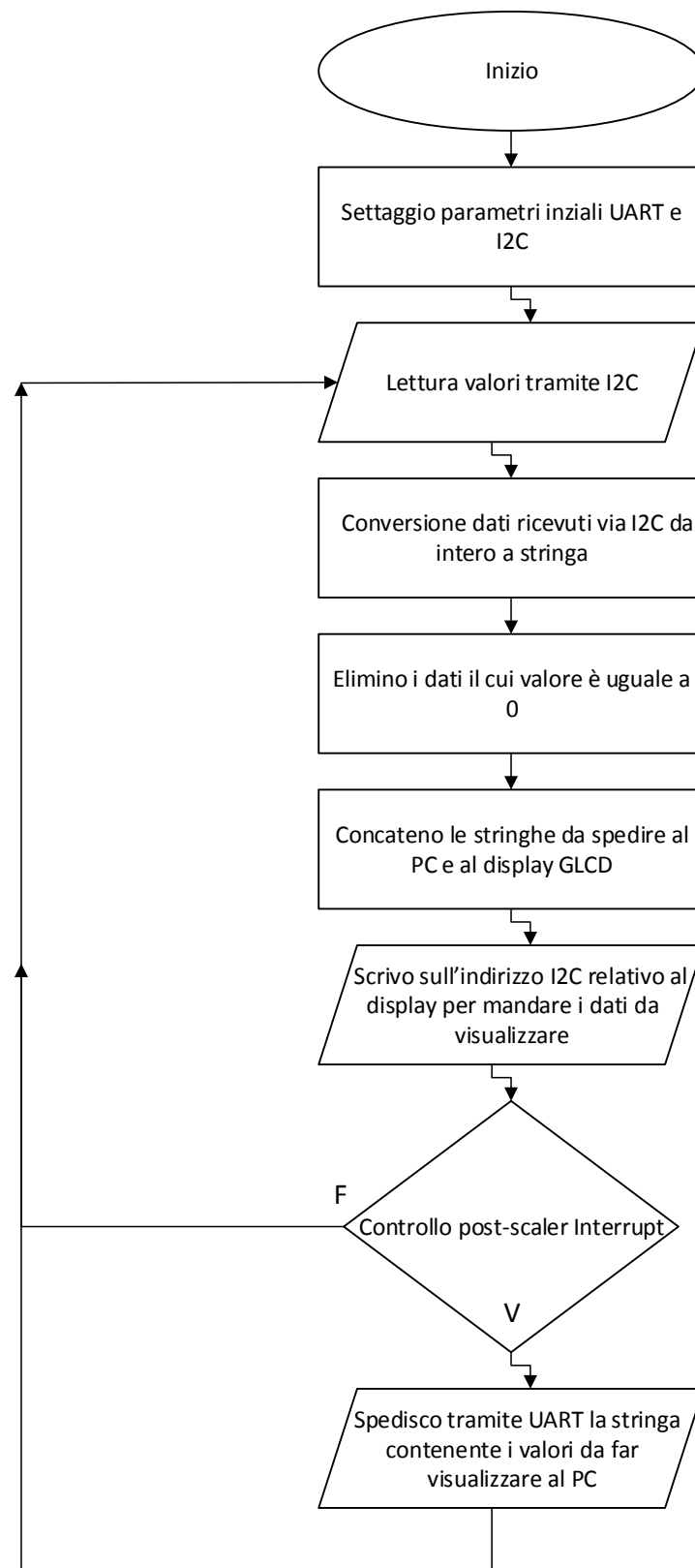
Software

FLOW CHART PIC

Per la programmazione del microcontrollore PIC18F4455 si è usato il compilatore mikroC della MikroElektronica insieme alla scheda di sviluppo EasyPIC v6.

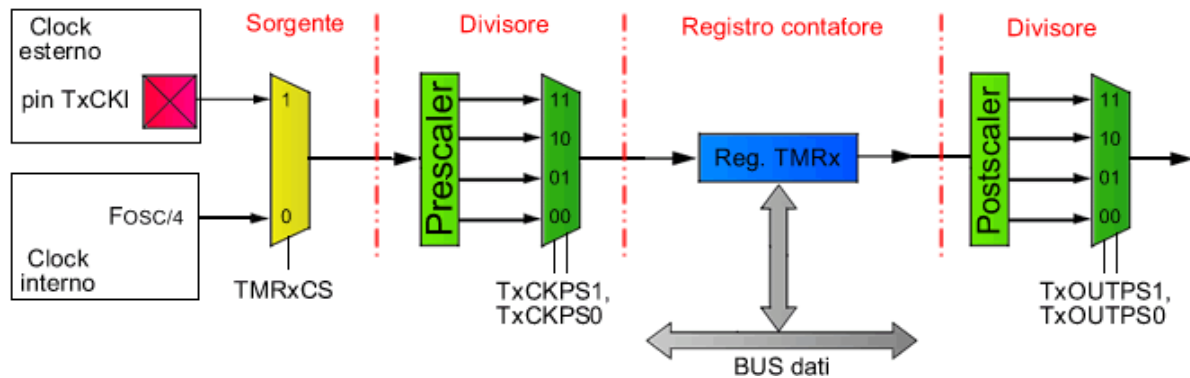
Questa è una scheda di prototipazione contenente già tutto quello che serve, ovvero una porta seriale, un quarzo, un connettore di alimentazione, un regolatore di tensione e la possibilità di poter programmare qualsiasi microcontrollore con package differenti grazie alla predisposizione di tutti i DIP.

Inoltre ha la possibilità di debug, è cioè possibile l'individualizzazione da parte del programmatore della porzione di codice errata facendo eseguire al microcontrollore istruzione dopo istruzione il programma e controllando in tempo reale i settaggi.



Tra le periferiche di questi microcontrollori sono disponibili dei moduli, chiamati timer, che hanno il compito di effettuare conteggi in maniera regolare, ve n'è almeno uno per ogni microcontrollore.

Sono caratterizzati in primo luogo da un sorgente di segnale, il quale potrebbe essere il clock sincrono fornito dall'oscillatore o da un evento non propriamente periodico.

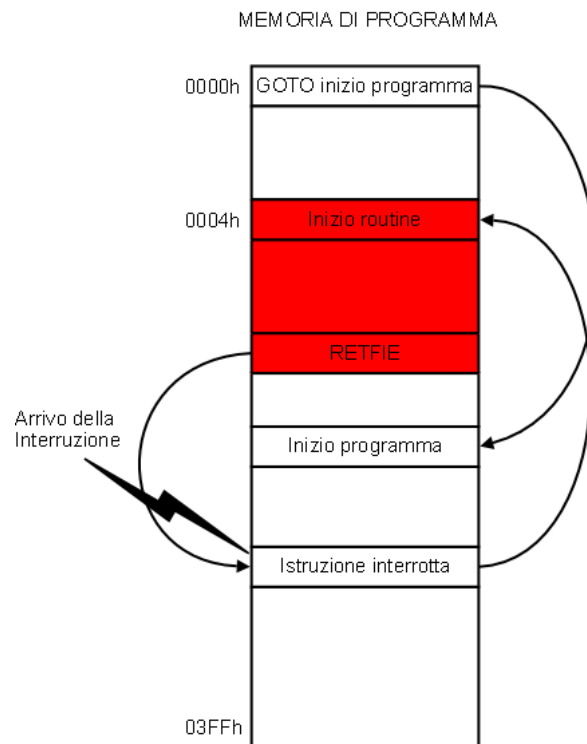


Il valore del conteggio è memorizzato in un registro che si trova all'interno di una memoria dati, ad 8 o 16 bit a seconda del tipo di timer utilizzato.

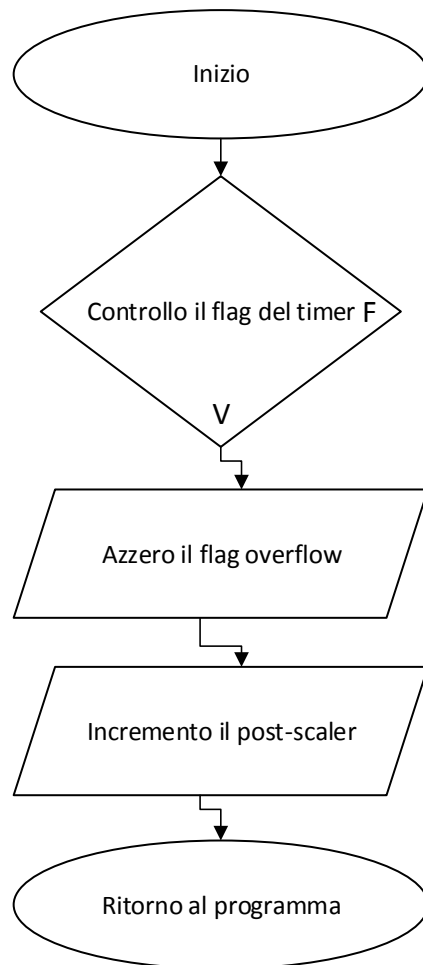
Infine il modulo timer avrà almeno un divisore di frequenza (scaler) che si potrà trovare prima (prescaler) o dopo (postscaler) il registro.

Qualora si riempisse il registro si verificherebbe una condizione di interrupt, essa è un segnale asincrono che indica il verificarsi di una particolare richiesta da parte di una periferica.

L'interrupt richiede al processore di fermarsi per eseguire la parte di codice speciale la quale viene definita nella funzione omonima; una volta terminata l'istruzione il processore riprenderà a lavorare da dove si era interrotto.



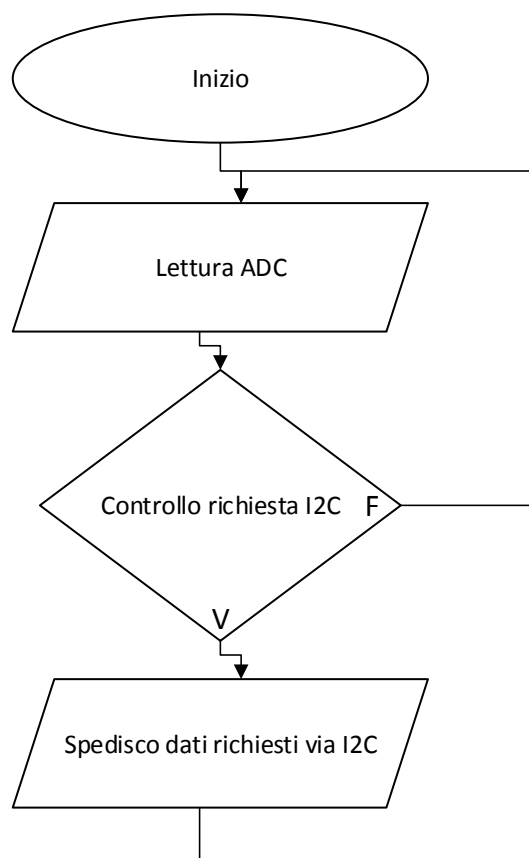
Se non è voluto l'interrupt crea molti disagi, per questo sono mascherabili, cioè possono essere abilitati singolarmente agendo sui bit di alcuni registri di controllo.



FLOW CHART ATMEGA

Per la programmazione dei microcontrollori ATmega si è usato l'IDE dell'Arduino avendo come unico limite il pre-caricamento del bootloader, sviluppato sempre dalla casa Arduino, all'interno dell'integrato.

Si è scelto questo modo di programmazione perché molto intuitivo e l'unico di mia personale conoscenza.



La libreria principalmente utilizzata nel programma è la Wire che dispone di tutte le funzioni necessarie alla realizzazione di una comunicazione Master-Slave tra due o più dispositivi.

Le funzioni principali sono:

begin()/begin(address)

Questa funzione permette di inizializzare la libreria e attribuire il ruolo di Master o Slave alla scheda. Se non viene specificato nessun indirizzo l'ATmega prenderà il ruolo di master sul bus, mentre se si indica un indirizzo, sarà quello corrispondente come Slave.

requestFrom(address, count)

Questa funzione viene usata solo se il microcontrollore è stato definito come Master, con essa si può chiedere allo Slave con indirizzo address di inviargli un numero count di bytes.

beginTransmission(address)

Sempre come Master, questa funzione inizializza la procedura di trasmissione di dati dal dispositivo di indirizzo address caratterizzato sul bus

write()

Con questa funzione si scrive in un buffer un byte alla volta; questo permette di creare l'intero vettore di byte da trasmettere in modo sincrono al dispositivo destinatario senza che ci siano pause fra i byte.

read()

Questa è la funzione con cui vengono letti i byte ricevuti come Master o come Slave. In entrambi i casi, i byte sono prelevati dal buffer di ricezione.

endTransmission()

Quando viene invocata questa funzione, la libreria provvede a inoltrare i byte scritti nel buffer di trasmissione al dispositivo Slave il cui indirizzo address è stato definito con la funzione *beginTransmission(address)*.

LABVIEW

LabVIEW, abbreviazione di Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench è l'ambiente di sviluppo integrato per il linguaggio di programmazione visuale di National Instruments.

Originalmente realizzato per Apple Macintosh nel 1986, LabVIEW viene utilizzato principalmente per acquisizione e analisi dei dati, controllo di processi, generazione di rapporti o più generalmente per tutto ciò che concerne l'automazione industriale su diverse piattaforme.

Il linguaggio di programmazione usato si distingue dai linguaggi tradizionali perché grafico e per questa ragione battezzato G-Language. Un programma o sottoprogramma G, denominato VI (Virtual Instruments), non esiste sotto forma di testo, ma può essere salvato solo come un file binario, visualizzabile e compilabile solo da LabVIEW.

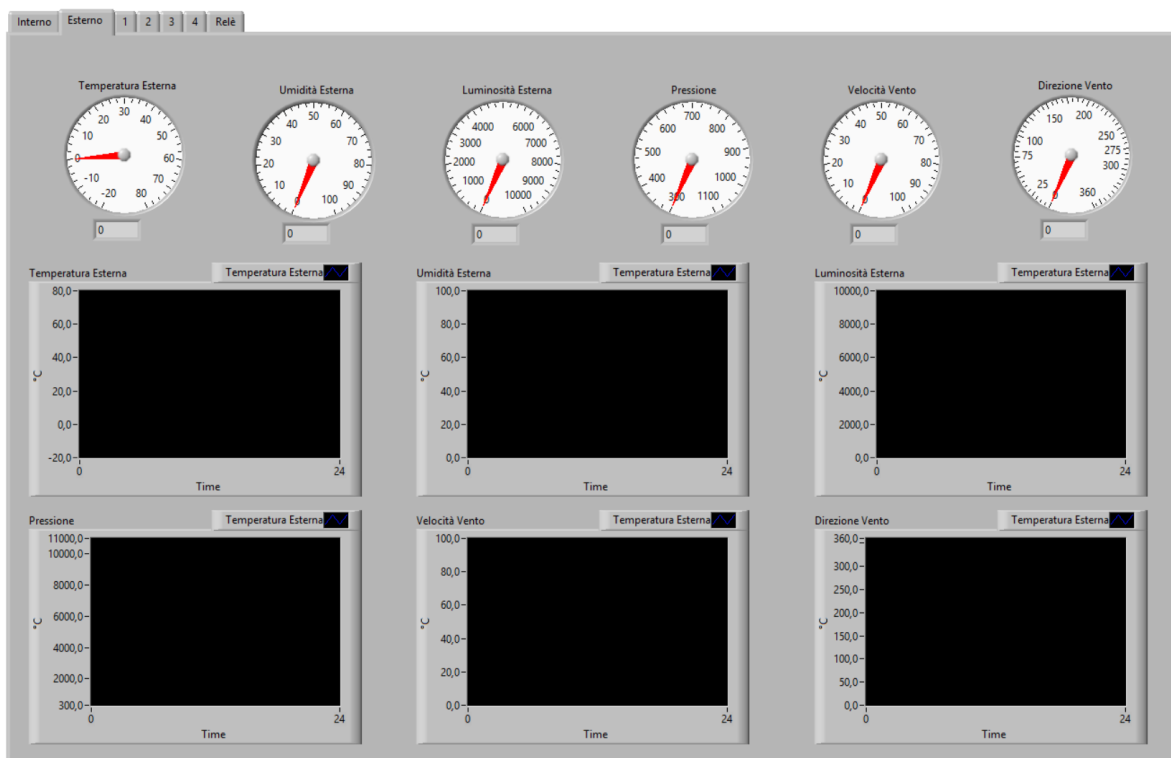
Ha riscontrato un forte successo per la semplicità di programmazione molto intuitiva in quanto modellata su un diagramma di flusso, la semplicità di utilizzo e la grande versatilità. È determinante anche la velocità di realizzazione del software, che si limita spesso al semplice

SOFTWARE

collegamento di blocchi già pronti, grazie alla vasta libreria di funzioni predefinite e driver per la gestione dell'hardware.

Questo software è stato implementato nel progetto per la visualizzazione dei dati raccolti e il salvataggio di essi in un file Excel creando così un data logger.

Di seguito è mostrato il pannello frontale che è l'interfaccia utente del VI, realizzata con controlli e indicatori che costituiscono i terminali interattivi.



Essendo LabVIEW un compilatore a 32 bit, a partire dal programma si è creato un eseguibile dello stesso, facilitando così all'utente finale l'utilizzo consistente nel solo programma terminato e non nell'intero ambiente di sviluppo.

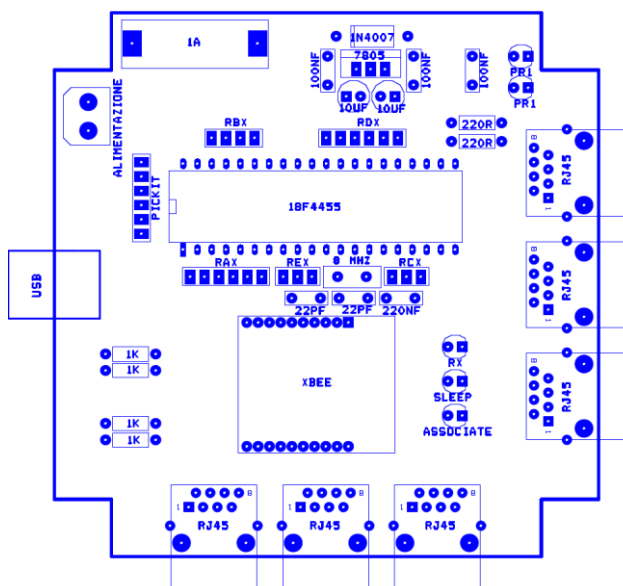
Si è anche implementato il web server per poter gestire la serra anche a distanza avendo a disposizione un computer collegato ad internet.

Schemi elettrici

Di seguito sono riportati gli schemi elettrici disegnati con il programma OrCAD Capture sviluppato dalla Cadence Design System. Sempre dalla stessa casa è stato usato anche il tool per lo sviluppo dei circuiti stampati OrCAD Layout.

SCHEDA MASTER

Il modulo master è l'unico che può funzionare in maniera indipendente. Il connettore a morsetto dove vengono messi in ingresso 12V provenienti da un alimentatore esterno, alimenta tutta la scheda master e tutti i moduli slave ad esso collegati.



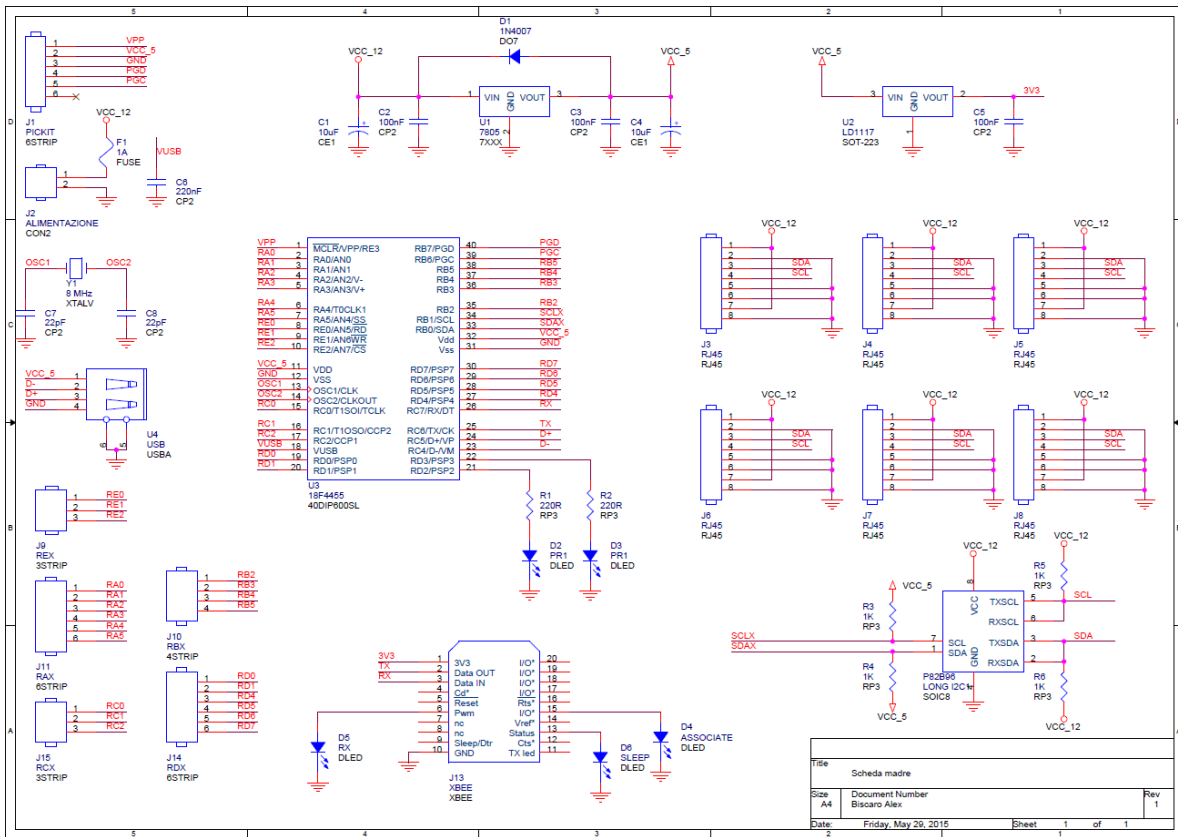
Il modulo master ospita anzitutto il microcontrollore PIC 18F4455, componente principale del progetto. Affinché venga alimentato ad una tensione corretta di esercizio, è presente un regolatore di tensione 7805 che stabilizza a 5Vdc.

È presente l'integrato bidirezionale P82B96 al quale sono portati i segnali SDA e SCL aventi una resistenza di pull-up

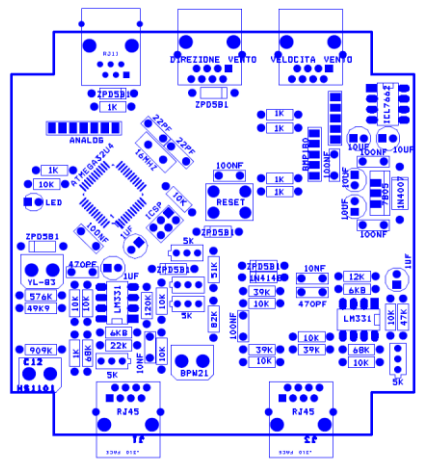
connessa ai 5V. Successivamente i segnali traslati e amplificati a 12V, insieme alle alimentazioni, sono portati a otto connettori RJ45 da circuito stampato che permettono la connessione del modulo master con i moduli slave tramite cavo di rete twistato.

L'uscita UART è portata ad un socket da 20pin, compatibile con i moduli xbee per un'eventuale implementazione successiva, dove per il momento è collegata un'altra scheda con a bordo il convertitore USB-RS232.

SCHEMI ELETTRICI



SCHEDA ACQUISIZIONE SENSORI

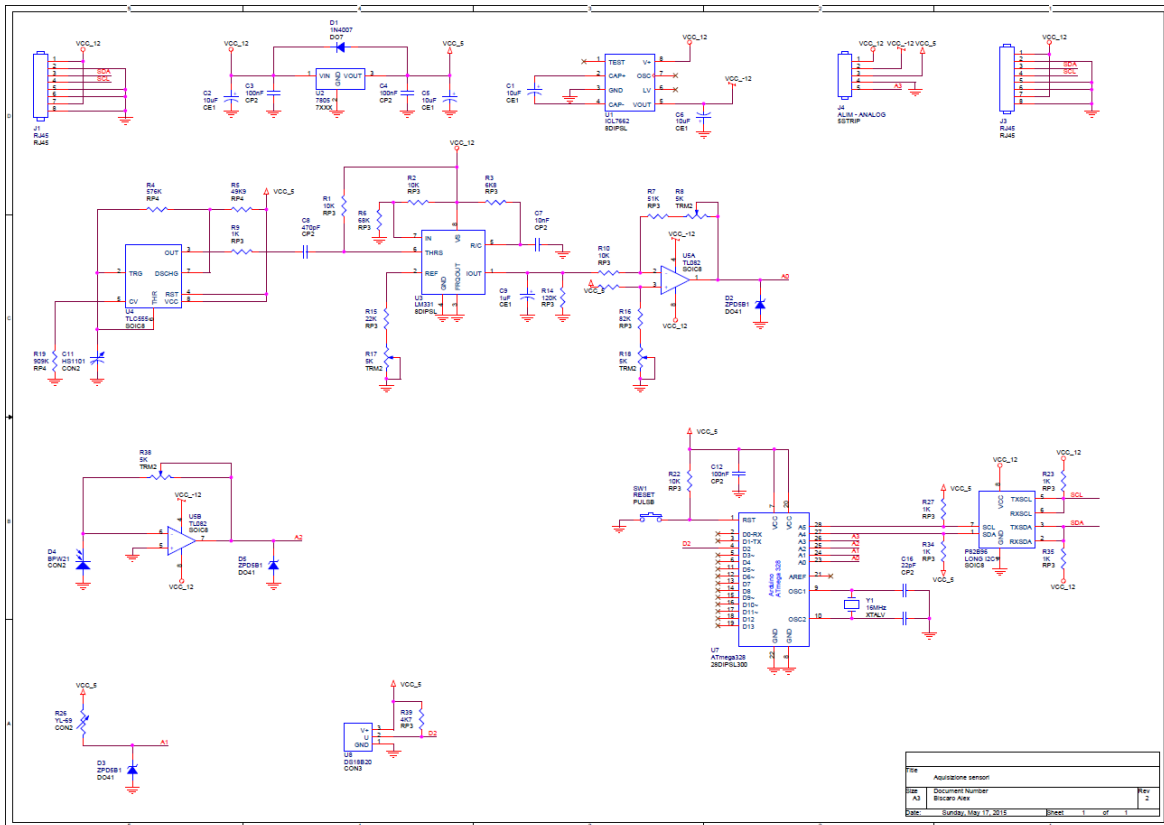
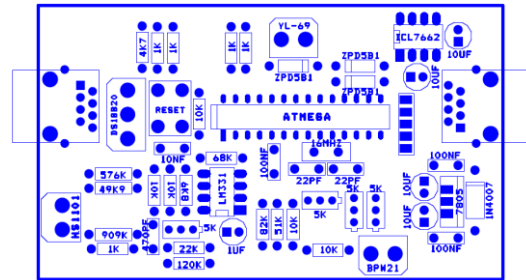


Le schede acquisizione sensori sono equipaggiate ognuna con due porte RJ45 nel quale arrivano l'alimentazione a 12V e il bus I²C, ne sono state messe due in modo da poter collegare qualsiasi scheda direttamente in cascata senza andare a riempire i connettori della scheda master.

All'interno della scheda trova posto il microcontrollore che ha la duplice funzione di acquisire i dati attraverso i canali ADC integrati, i quali, come precedentemente detto, hanno una risoluzione a 10 bit e l'instradamento nel bus I²C dove l'indirizzo viene scelto dal progettista durante la fase di programmazione.

SCHEMI ELETTRICI

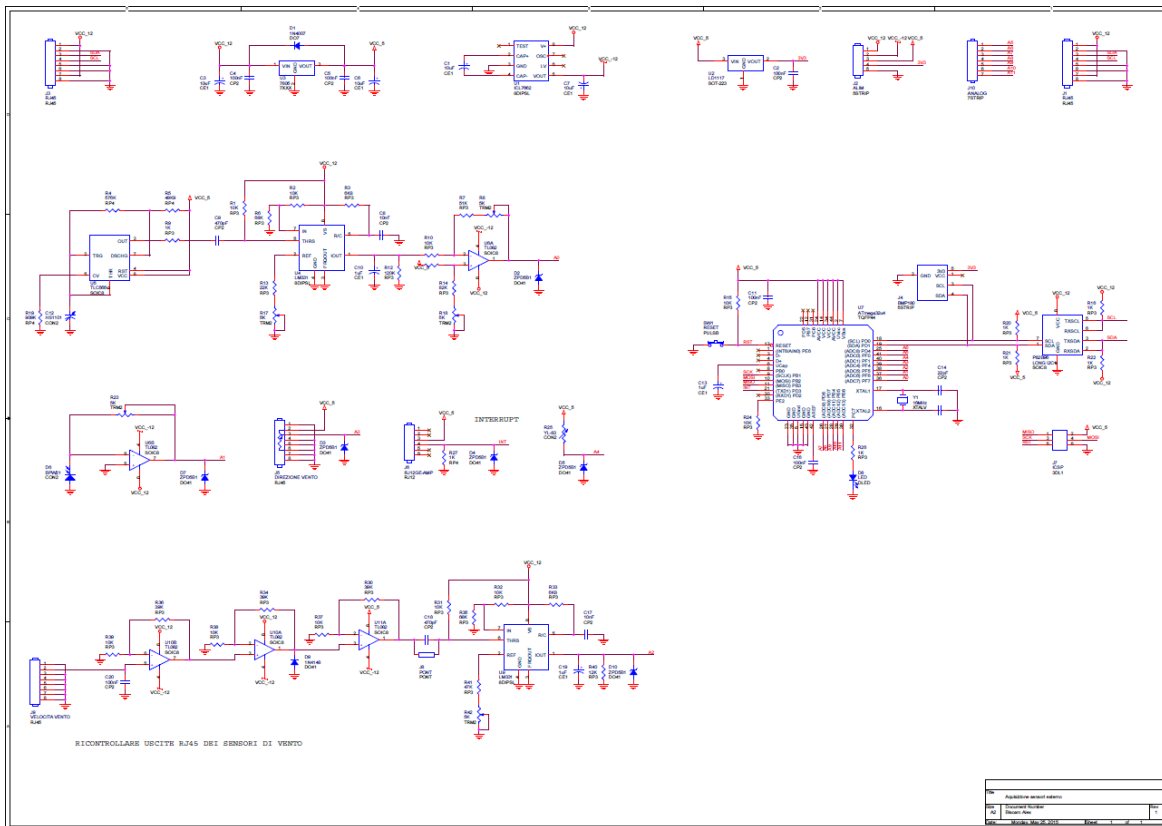
Si sarebbe potuto usare un DAS (Data Acquisition System) come il MAX127 prodotto dalla Maxim Integrated, il quale acquisisce i segnali analogici e li converte con una risoluzione a 12 bit trasmettendo il risultato anch'esso via I²C. Esso però ha solo una selezione dell'indirizzo che occupa basato sul cambiamento del valore logico di 3 piedini avendo così la possibilità di inserire soltanto 8 DAS all'interno del bus. Per questo si è scelto un microcontrollore dove l'indirizzo può essere impostato tra quelli a disposizione senza alcun vincolo.



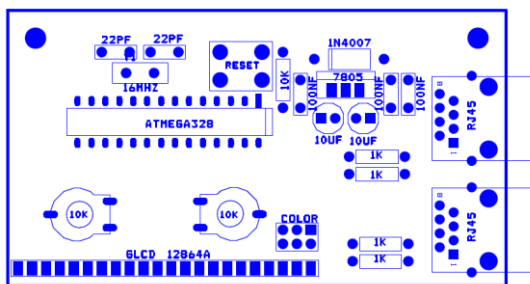
Le schede di acquisizione sono tutte uguali ad esclusione di quella adibita all'acquisizione dei valori esterni, dove il microcontrollore è stato sostituito da uno della stessa famiglia avente solo un numero maggiore di convertitori analogico-digitale.

Siccome l'ATmega 32U4 è prodotto solo in versione SMD sono state portate fuori tramite strip i pin per la programmazione.

SCHEMI ELETTRICI



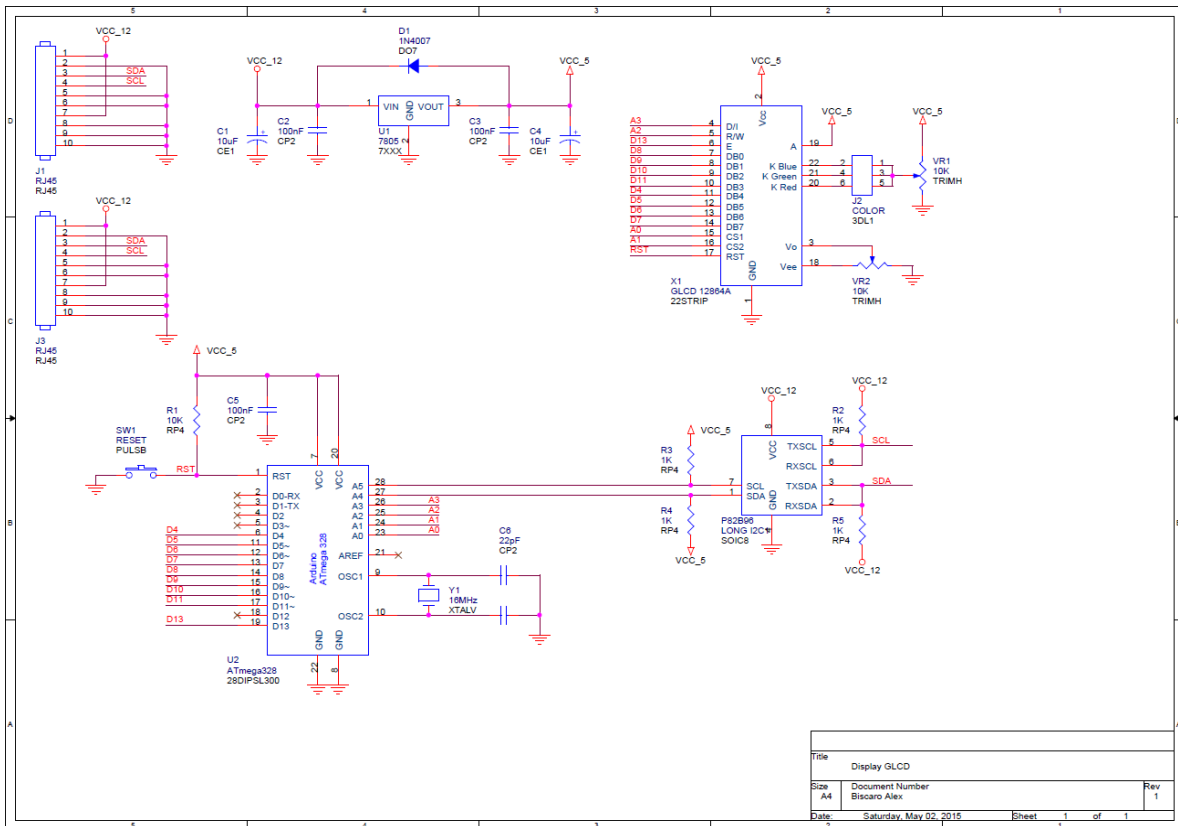
SCHEDA VISUALIZZAZIONE



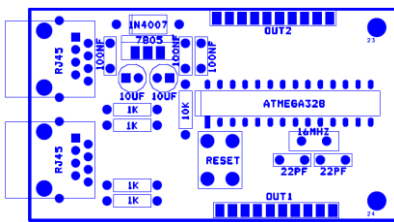
Anche nella scheda di visualizzazione è stato utilizzato lo stesso microcontrollore ATmega 328P che come più volte detto ha la peculiarità di poter scegliere liberamente l'indirizzo.

Ha anche il vantaggio di aver delle librerie per la gestione del display GLCD sviluppate dalla comunità nata attorno al progetto open source e open hardware che è Arduino, facendone risultare quindi più agevole l'utilizzo.

SCHEMI ELETTRICI



SCHEDA ATTUATORI



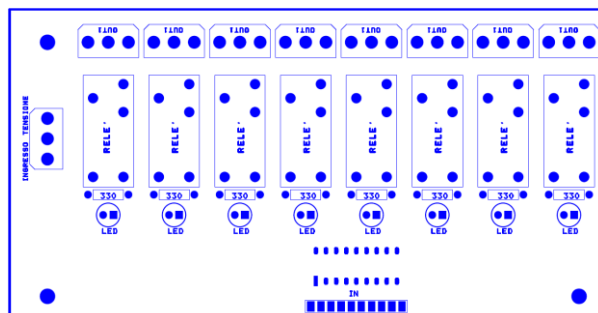
Anche nella scheda attuatori è stato utilizzato l'ATmega 328P insieme all'IC ULN2803ADW.

Largamente utilizzato nel pilotaggio di relè e carichi che richiedono correnti relativamente elevate, esso consiste in 8 transistor darlington di tipo NPN e 8 diodi di protezione della corrente nel caso di carichi induttivi, il tutto contenuto in un

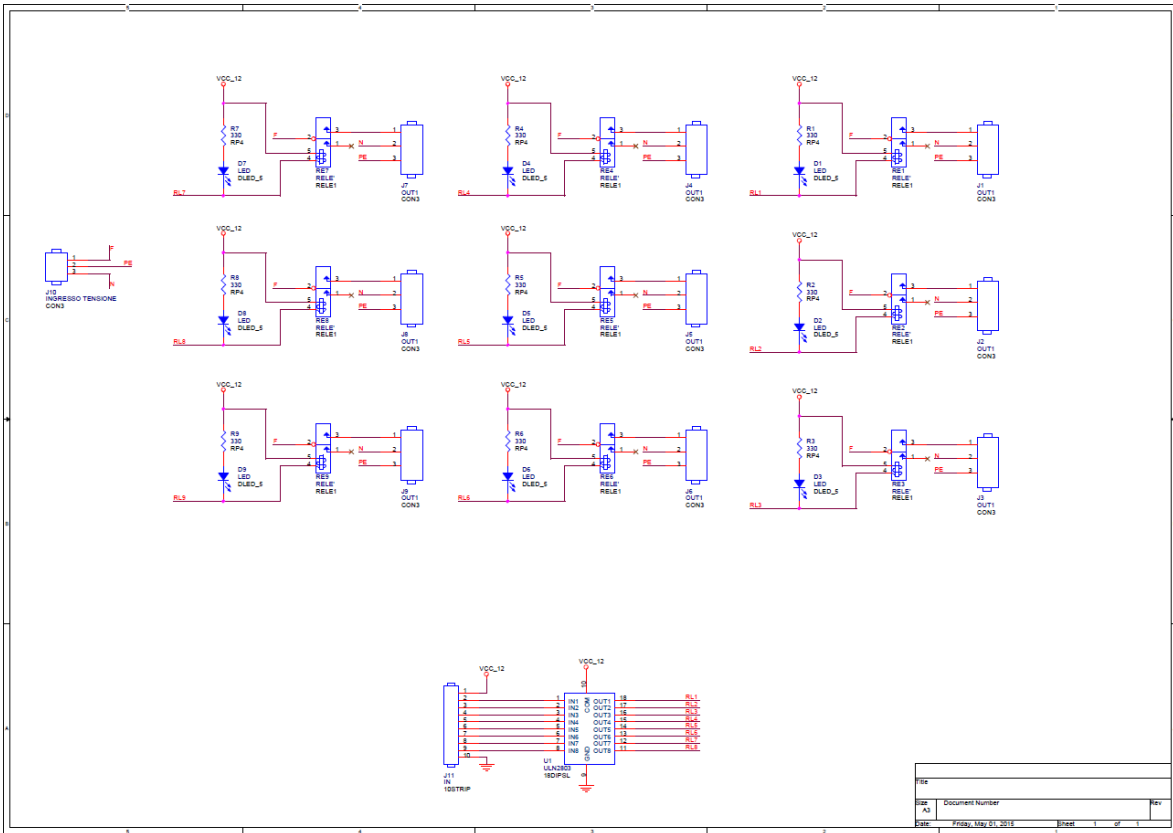
package DIP di 18 pin.

I relè utilizzati hanno la tensione nominale della bobina a 12V, essi permettono di gestire carichi più elevati nei contatti COM e NO dell'ordine dei 220V 16°.

Lo schema elettrico è stato diviso in due parti, una a bassa potenza e una ad alta potenza, in questo modo si garantisce una maggiore sicurezza.



SCHEMI ELETTRICI



Migliorie e implementazioni successive

Come già accennato, il progetto può essere migliorato sul livello comunicativo aggiungendo un dispositivo in grado di comunicare via etere. Nella scheda è già predisposto quello commercializzato dalla Digi che offre una semplicità di impiego ed una portata che va da 100m a circa 2 Km in base al modulo scelto.

Un'altra implementazione futura è l'uso di un modulo fotovoltaico con batteria di accumulo e regolatore di carica così da poter utilizzare l'intero progetto in una zona non coperta dal servizio nazionale di distribuzione dell'energia elettrica ed essere totalmente indipendenti.

Si potrebbe anche riscrivere il programma del microcontrollore PIC 18F4455 in modo da poter usufruire della porta USB creando uno storico dei valori acquisiti slegato dalla comunicazione con PC. Così facendo si avrebbe la sicurezza di salvare i dati rilevati anche nel caso in cui il computer non sia raggiungibile.