

# ENERGY METER

di MATTEO DESTRO

Grazie a un modulo innovativo analizza i parametri della rete elettrica e i consumi, fornendoli via USB a un computer sul quale un apposito software consente di visualizzarli, raccogliarli e utilizzarli per varie applicazioni.

Prima puntata.





**È** diventato ormai uso comune preoccuparsi di quanta energia elettrica si consuma in casa o al lavoro. Per eseguire le misure elettriche di tensione e corrente, nonché le relative misure di potenza assorbita ed energia elettrica consumata, ci si avvale di una serie di strumenti progettati ad hoc. Può trattarsi di semplici strumenti di laboratorio come ad esempio voltmetro e amperometro, per poi calcolare a mano le varie potenze elettriche, oppure strumenti più sofisticati come i Power Meter (ad esempio il WT230 della Yokogawa o simili) che automaticamente calcolano la potenza apparente/attiva/reattiva, il  $\cos\phi$  (fattore di potenza), la frequenza di rete ecc. Inoltre in commercio si trovano diversi strumenti di misura per barra DIN (quelli, per intenderci, da montare nel vostro quadro elettrico) che effettuano le misure elettriche e calcolano le potenze apparente/attiva/reattiva e la quantità di energia elettrica assorbita dalla rete.

Lo scopo di questo articolo è di presentare un integrato della Microchip, più preci-

samente l'MCP39F511, il quale, grazie, a due convertitori analogici-digitali delta/sigma, ci permette di eseguire le misure di tensione e corrente istantanee e di calcolare le relative potenze elettriche. Per interfacciare il convertitore A/D alla rete elettrica domestica a 230Vca si farà uso rispettivamente di un TV (trasformatore di tensione per misure elettriche) e di un TA (trasformatore di corrente per misure elettriche). In questo modo saremo sicuri di essere galvanicamente isolati dalla rete a 230Vca e potremo così collegare l'integrato di cui sopra a un Personal Computer per eseguire i processi di taratura dello stesso e la lettura dei parametri elettrici.

## INTRODUZIONE

Prima di vedere il progetto facciamo un po' di teoria. L'energia elettrica viene distribuita in regime alternato sinusoidale e la tensione e la corrente sono così rappresentate:

$$u(t) = \sqrt{2} * U * \sin(2\pi ft)$$

$$i(t) = \sqrt{2} * I * \sin(2\pi ft + \phi)$$

Il prodotto tra tensione e corrente forni-

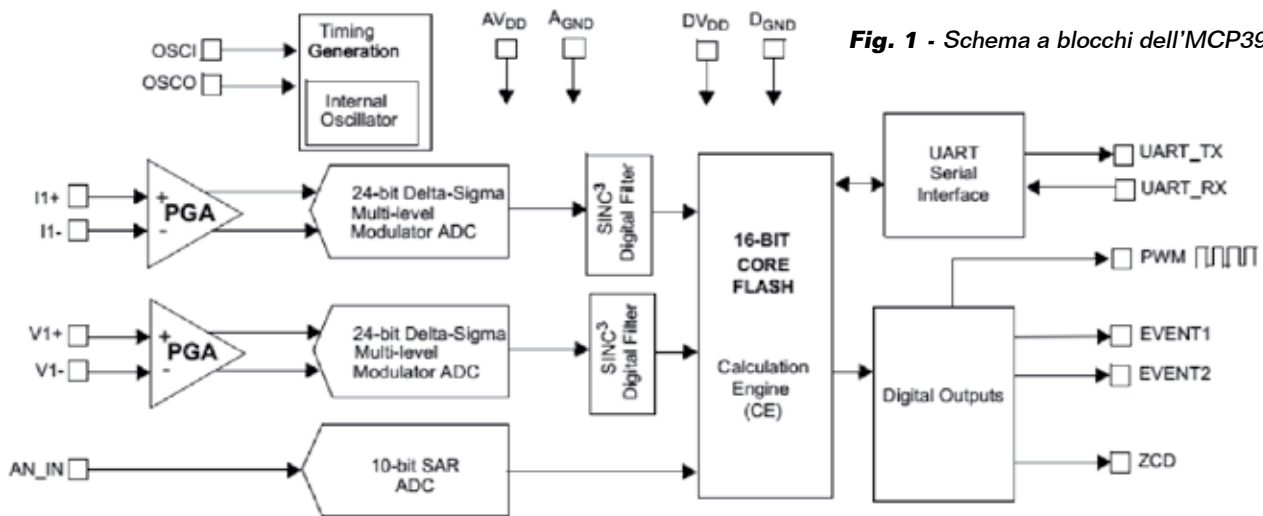


Fig. 1 - Schema a blocchi dell'MCP39F511.

sce la potenza istantanea (lavoro nell'unità di tempo):

$$p(t) = u(t) * i(t) = U * I * \cos(\varphi) - U * I * \cos(4\pi ft + \varphi)$$

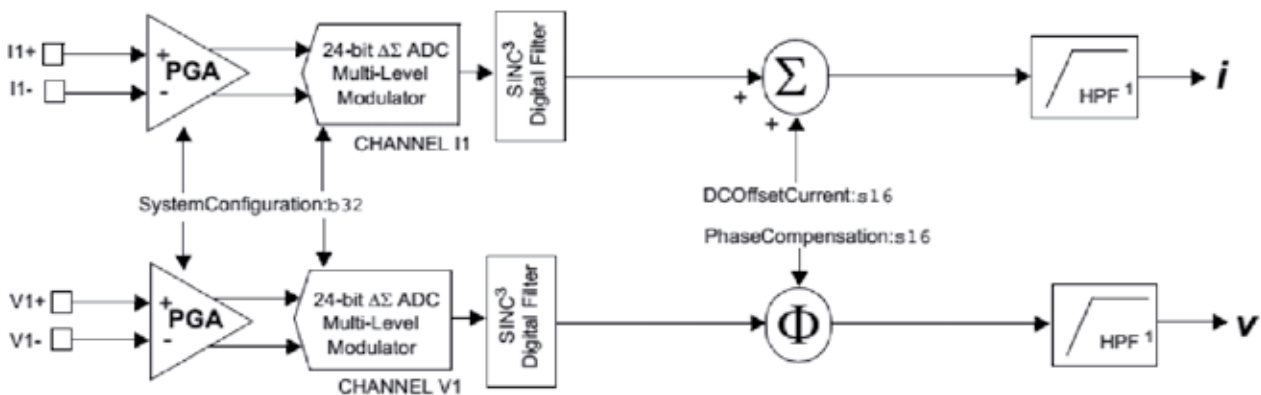
Il primo termine è costante e rappresenta il lavoro medio che il sistema è in grado di compiere nel periodo (potenza attiva) mentre il secondo è oscillante e rappresenta la potenza istantanea scambiata tra il campo magnetico e il dielettrico: il suo valore massimo viene detto potenza reattiva. Il termine  $\cos(\varphi)$  è il fattore di potenza,  $\varphi$  è l'angolo di sfasamento tra la corrente e la tensione in un sistema elettrico in corrente alternata.

Se il carico è puramente resistivo lo sfasamento sarà nullo e quindi il fattore di potenza sarà pari a uno. Se invece è di tipo induttivo, con componente resistiva non nulla (ad esempio un motore elettrico), l'angolo di sfasamento sarà compreso tra  $0$  e  $\pi/2$  (corrente in ritardo sulla tensione). Se invece il carico è capacitivo, lo sfasamento sarà compreso tra  $0$  e  $-\pi/2$  (corrente in anticipo sulla tensione). Se il fattore

di potenza assume valore unitario, la potenza apparente corrisponde alla potenza attiva e la potenza reattiva è nulla.

Solitamente la potenza reattiva è indesiderata e quindi si tende sempre ad avvicinare il fattore di potenza al valore unitario.

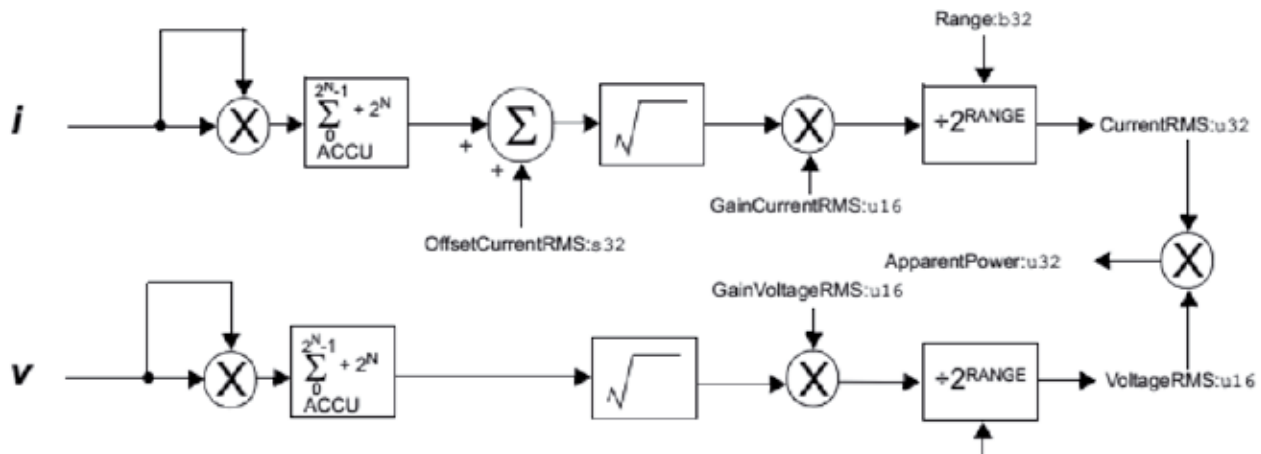
I sistemi moderni di misura sono di tipo numerico e quindi convertono le misure analogiche di cui sopra in numeri che possono essere elaborati da sistemi a microcontrollore e visualizzati in cifre su display, o inviati a un PC per eventuali ulteriori elaborazioni. La Fig. 1 propone lo schema a blocchi dell'integrato MCP39F511 utilizzato per rilevare tensione e corrente nel nostro progetto; come si può notare, abbiamo due ingressi differenziali indipendenti per le misure di corrente e tensione, i quali fanno capo a due amplificatori PGA (Programmable Gain Amplifier = amplificatori con guadagno programmabile) uno per ogni canale; seguono i convertitori delta-sigma a 24bit, i filtri digitali e infine un core di elaborazione dei segnali acquisiti il quale ci restituisce le seguenti misure:



Note 1: High-Pass Filters (HPFs) are automatically disabled in the absence of an AC signal on the voltage channel.

Fig. 2 - La sezione di ingresso dell'MCP39F511.





**Fig. 3** - Sezione di misura della potenza elettrica dell'MCP39F511.

- potenza attiva, reattiva e apparente;
- valore RMS di tensione e corrente;
- frequenza di linea;
- fattore di potenza;
- energia attiva importata e esportata;
- energia reattiva importata e esportata.

Come interfaccia di comunicazione abbiamo la consueta UART, che è molto comoda per l'interfacciamento verso un microcontrollore, ma anche, tramite convertitore RS232/USB, ad un PC. Se necessario, l'interfaccia UART può essere optoisolata. I campi di applicazione tipici per questo integrato sono:

- monitoraggio della potenza in ambiente domestico;
- monitoraggio dei consumi dell'illuminazione in ambito commerciale e industriale;
- misura in tempo reale della potenza assorbita nei sistemi di alimentazione AC/DC;
- sistemi di distribuzione intelligente dell'energia, ad esempio controllo carichi.

### FUNZIONAMENTO DELL'MCP39F511

L'integrato MCP39F511 utilizza un algoritmo di campionamento che sfrutta un numero finito di campioni per ciclo di linea. L'intervallo di accumulo dei campioni è dato dal valore intero  $2^N$ , il quale identifica il numero di cicli di linea su cui si vuole campionare e di conseguenza eseguire i calcoli: ad esempio, con  $N$  fissato a 5 si ha che i cicli di linea su cui si eseguiranno campionatura e computazione saranno 32.

Più cicli di campionamento si sfruttano e più precise saranno le misure, tuttavia all'aumentare del numero di cicli aumenterà il numero di campioni allungandone i tempi di calcolo. Il ciclo di computazione è inoltre dipendente dalla frequenza di linea, di conseguenza ogni variazione sulla frequenza di

linea darà origine a una variazione sulla velocità di aggiornamento dei dati in uscita.

### Calcolo di tensione e corrente RMS

Cominciamo la rassegna delle misure con i valori di tensione e corrente RMS; la Fig. 2 e la Fig. 3 evidenziano il flusso di conversione eseguito da MCP39F511. Nello specifico, la Fig. 2 mostra il blocco di ingresso il quale influisce su tutte le misure elettriche in uscita (Corrente RMS, tensione RMS, potenza attiva ecc.), quindi è di fondamentale importanza configurare correttamente i vari registri di controllo, come ad esempio il guadagno dei due amplificatori in ingresso PGA. I registri atti alla configurazione di tali parametri sono detti "System Configuration Register" e "MCP39F511 Calibration Register". Il calcolo della corrente RMS viene quindi eseguito come indicato in Fig. 3 ed in formula è espresso da:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{2^N-1} (i_n)^2}{2^N}}$$

Lo stesso discorso è applicato alla tensione RMS:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{2^N-1} (v_n)^2}{2^N}}$$

I valori che si vedono nello schema a blocchi di Fig. 3, come ad esempio "OffsetCurrentRMS" o "GainVoltageRMS", sono tutti dei registri configurabili. L'operazione di configurazione viene fatta in sede di calibrazione ed è dipendente dall'applicazione.

### Calcolo potenza apparente, attiva, reattiva e cosφ

La misura della potenza apparente avviene alla fine

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

# Elettronica In

[www.elettronica.in.it](http://www.elettronica.in.it)

oltre l'elettronica