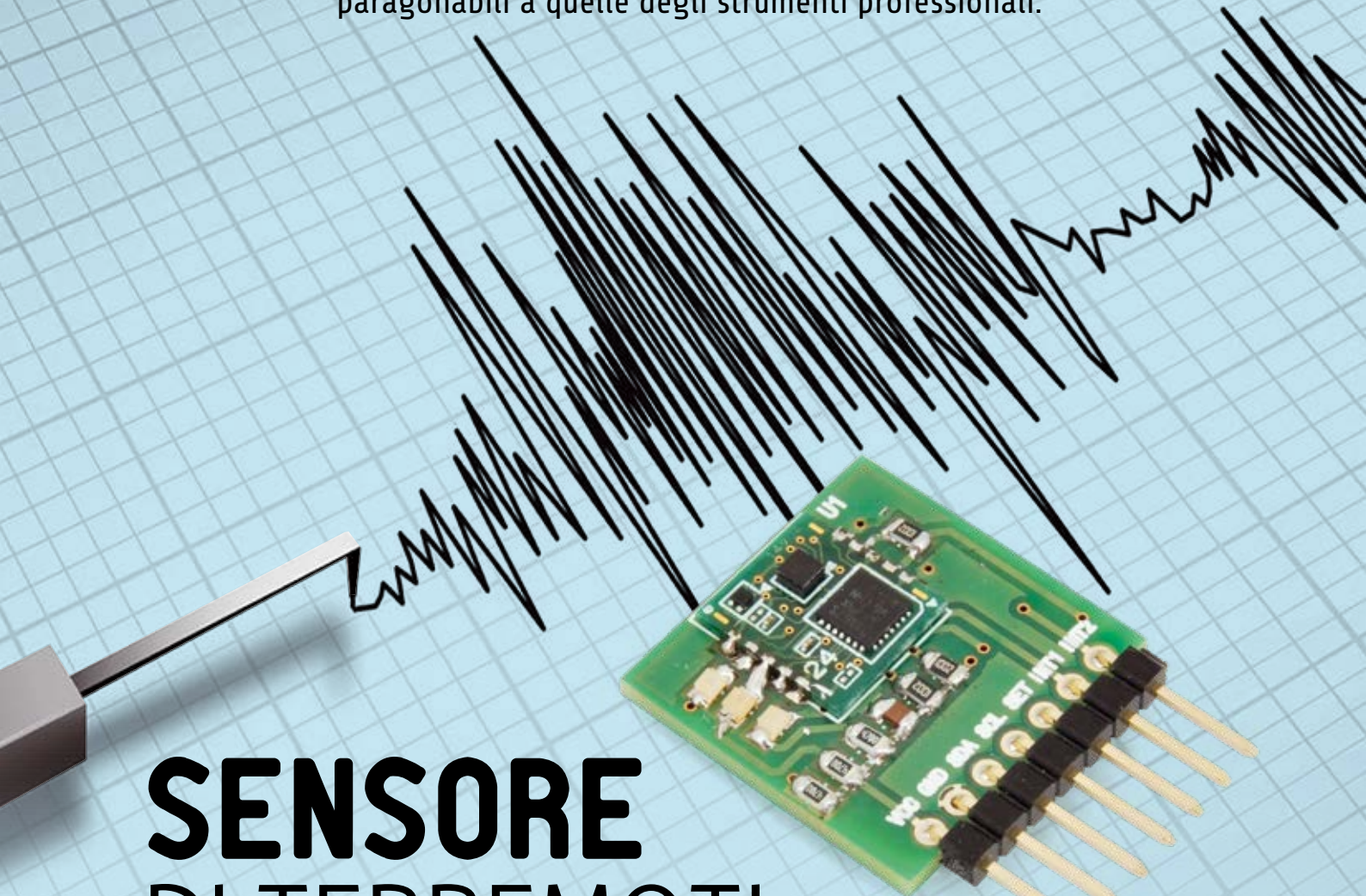


Sperimentiamo con il D75 della Omron, il più piccolo trasduttore sismico al mondo, realizzando un sismografo capace di sensibilità e precisione paragonabili a quelle degli strumenti professionali.



SENSORE DI TERREMOTI

..... di ALESSANDRO PASQUALINI

Ogni giorno il nostro pianeta è soggetto in media a migliaia di terremoti, solo che la maggior parte di essi è impercettibile da parte della popolazione (può essere rilevata solo dagli strumenti) e fortunatamente solo una piccola parte determina scosse abbastanza forti da essere percepite dall'uomo ed ancor meno da causare danni rilevanti. I terremoti hanno diverse origini, ma la causa più accreditata risiede nel modello della tettonica a zolle, secondo cui la Terra in origine era formata da un unico continente (ciò spiega la presenza di

specie animali uguali in continenti tra loro staccati) che si è poi separato dividendosi in quelli che oggi conosciamo e che sono cinque; tecnicamente si parla di "deriva dei continenti" ed è accertato che i continenti si muovono ancora oggi. Quando il continuo e impercettibile movimento delle placche si arresta improvvisamente, accumulando energia e tensione nelle zone coinvolte per decenni o addirittura centinaia di anni, ad un certo punto la tensione di rottura viene superata e tutta l'energia immagazzinata viene rilasciata nell'arco di qualche

secondo, generando un repentino scostamento della massa di roccia interessata e di conseguenza dando origine al fenomeno che noi e gli studiosi chiamiamo terremoto. Anche l'attività lavica sotto la crosta terrestre è collegata ai terremoti.

Il rilevamento dell'attività sismica, un tempo effettuato prettamente tramite apparati elettromeccanici detti sismografi (composti da una massa collegata a un pennino montato su un bilanciere, capace di tracciare

oscillazioni pari alla forza del movimento tellurico), negli ultimi tempi è stato affidato proficuamente all'elettronica, grazie all'esistenza di sensori come i MEMS, in grado di rilevare accelerazioni sui tre assi con estrema precisione. Sensori del genere hanno permesso la creazione di sismografi elettronici che possiamo considerare "allo stato solido" sebbene in realtà i chip su cui si basano integrano componenti che subiscono micromovimenti. Il progetto che descriviamo in

questo articolo è basato proprio su un sensore del genere e, nello specifico, su un componente della Omron per il quale abbiamo realizzato una breakout board di pronto utilizzo, ideale per prototipare applicazioni e per sperimentare con esso.

IL SENSORE D7S

Il dispositivo che presentiamo è ad oggi il più piccolo sensore sismico al mondo, è prodotto dalla Omron ed è siglato D7S.

Una delle sue caratteristiche più importanti è la segnalazione, attraverso il pin INT1, di eventi sismici che potrebbero avere effetti catastrofici sulle apparecchiature elettroniche; questa funzione permette ad esempio di spegnere le apparecchiature prima che le vibrazioni causate dal terremoto possano effettivamente causare tali danni. La salvaguardia delle apparecchiature è fondamentale per riuscire, dopo un evento sismico, ad avere ancora apparati funzionanti per prevenire ulteriori eventi dannosi. Peraltro la segnalazione ottenibile dal contatto INT1 potrebbe servire ad innescare allarmi e, perché no, ad attivare forme di protezione meccanica di strumenti di misura e locali che li ospitano.

I segnali che il sensore emette sono due: shutoff e collasso del terreno; la prima situazione si verifica se il terremoto è giudicato di intensità uguale o superiore a 5 nella scala di intensità del JMA (Japan Meteorological Agency) e rispetta le condizioni definite da JEWA (Japan Electrolyzed Water Association standard JWA) nello standard JWDS 0007, appendice 2, mentre la seconda si verifica se il terreno subisce un'inclinazione approssimabile a 20°.

Il sensore possiede anche una memoria interna nella quale sono immagazzinati i dati relativi agli

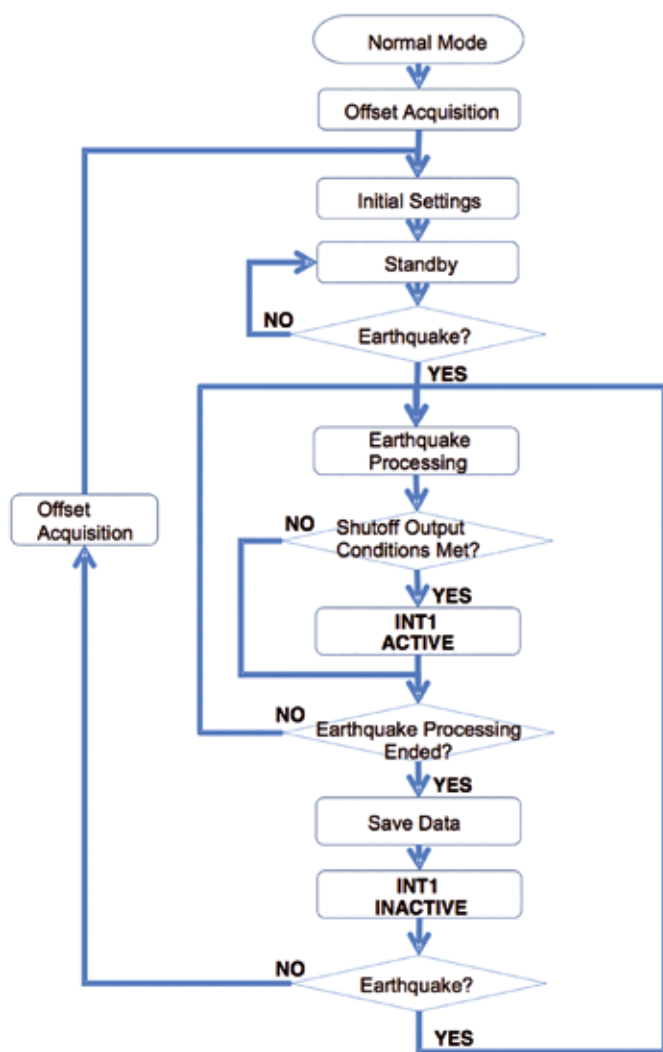


Fig. 1 - Schema del ciclo di rilevazione dei terremoti, dove normal mode corrisponde alla modalità di standby.

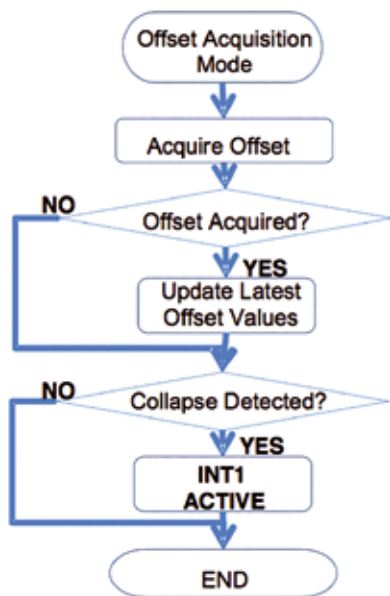


Fig. 2 - Flusso di determinazione della condizione di collasso forzando l'acquisizione degli offset.

ultimi cinque terremoti registrati e i cinque di più grande entità, oltre, naturalmente, a tutte le impostazioni di configurazione. Il D7S è composto da un accelerometro a tre assi, dei quali solamente due sono utilizzati durante la rilevazione di un sisma e sono selezionabili sia dall'utente sia automaticamente rispetto all'inclinazione del sensore. La presenza di un bus I²C permette di modificare le impostazioni del sensore, oppure leggere i dati relativi ai terremoti, da parte di qualsiasi microcontrollore che sia dotato di tale bus ed anche da Arduino. Il sensore D7S dispone in tutto di tre pin funzione, di cui due (INT1 e INT2) sono pin di segnalazione ed il terzo (SET) è una linea utilizzata per variare lo stato di funzionamento. Prima di utilizzare il sensore è necessario eseguire la procedura di installazione iniziale, ovvero il sensore deve rilevare gli offset degli assi selezionati e salvarne il valore nella memoria interna; questi offset verranno utilizzati per discriminare la condizione di collasso, confrontandoli con

quelli attuali al momento della rilevazione dell'evento sismico. Dopo la fase di installazione iniziale il sensore entra in standby fino all'inizio di un terremoto, quando inizia il calcolo dei dati relativi al sisma; rimane in questo stato fino a quando non è stato giudicato il termine del terremoto. A questo punto viene aggiornata la memoria interna con i dati di recente rilevazione. Ogni volta che viene alimentato, il sensore si porta in modalità di rilevazione degli offset e determina se la condizione di collasso si è verificata e, in caso affermativo, varia la condizione logica del pin INT1 portandola al livello basso. Se la condizione non è verificata, il sensore entra in modalità standby ed ha inizio il ciclo di

rilevazione dei terremoti (Fig. 1). È bene specificare che la discriminazione della condizione di collasso non avviene solamente all'accensione del sensore ma ogniqualvolta il sensore entra in standby; rimane, infatti, possibile forzare il controllo della condizione di collasso portando il sensore nella modalità di acquisizione offset (Fig. 2). I dati che il sensore calcola per ogni evento sismico sono PGA (Peak Ground Acceleration), SI (Spectral Intensity) e la temperatura ambientale media alla quale l'evento si è verificato. Durante il calcolo, ovvero nel corso di un sisma, è possibile leggere il valore istantaneo di PGA e SI accedendo ad alcuni specifici registri. All'interno del sensore è stata

| Registro | Accesso | Descrizione | Valori |
|------------------------|---------|---|---|
| STATE (0x1000) | R | Stato corrente | - 0x00 standby - 0x01 rilevazione terremoti - 0x02 installazione iniziale - 0x03 acquisizione offset - 0x04 autodiagnostica |
| AXIS_STATE (0x1001) | R | Assi utilizzati per la rilevazione | - 0x00 assi YZ - 0x01 assi XZ - 0x02 assi XY |
| EVENT (0x1002) | R | Eventi generati | Bit 0 1 se viene generato shutdown Bit 1 1 se viene generato collasso Bit 2 1 se si verifica un errore in autodiagnostica Bit 3 1 se si verifica errore in acquisizione offset |
| MODE (0x1003) | R/W | Modo corrente | - 0x01 standby - 0x02 installazione iniziale - 0x03 acquisizione offset - 0x04 autodiagnostica È possibile cambiare il modo corrente solamente se il sensore si trova nello stato standby. |
| CTRL (0x1004) | R/W | Assi da utilizzare durante la rilevazione | Bit da 4 a 6 - 0x00 usa assi YZ - 0x01 usa assi XZ - 0x02 usa assi XY - 0x03 scegli automaticamente gli assi da utilizzare - 0x04 scegli automaticamente gli assi da utilizzare durante l'installazione iniziale |
| | | Soglia per il segnale di shutdown | Bit 3 - 0 per la soglia alta - 1 per la soglia bassa |
| CLEAR_COMMAND (0x1005) | R/W | Comandi di cancellazione della memoria | Bit 0 Se 1 vengono cancellati dati dei terremoti |
| | | | Bit 1 Se 1 vengono cancellate le informazioni di autodiagnostica |
| | | | Bit 2 Se 1 vengono cancellate le ultime informazioni relative agli offset |
| | | | Bit 3 Se 1 vengono cancellate le informazioni relative all'installazione iniziale |

Tabella 1 - Descrizione riassuntiva dei registri di stato e configurazione.

| # | Indirizzo (ultimi 8 bit) | Nome | Accesso | Descrizione |
|----|--------------------------|-----------------|---------|---|
| 1 | 0x00 | MAIN_OFFSET_X_H | R | Offset sull'asse X. |
| 2 | 0x01 | MAIN_OFFSET_X_L | R | |
| 3 | 0x02 | MAIN_OFFSET_Y_H | R | Offset sull'asse Y. |
| 4 | 0x03 | MAIN_OFFSET_Y_L | R | |
| 5 | 0x04 | MAIN_OFFSET_Z_H | R | Offset sull'asse Z. |
| 6 | 0x05 | MAIN_OFFSET_Z_L | R | |
| 7 | 0x06 | MAIN_T_AVE_H | R | Temperatura a cui si è verificato il sisma. |
| 8 | 0x07 | MAIN_T_AVE_L | R | |
| 9 | 0x08 | MAIN_SI_H | R | Valore di SI registrato. |
| 10 | 0x09 | MAIN_SI_L | R | |
| 11 | 0x0A | MAIN_PGA_H | R | Valore di PGA registrato. |
| 12 | 0x0B | MAIN_PGA_L | R | |

Tabella 2 - Descrizione riassuntiva del blocco di registri contenenti le informazioni sui terremoti.

implementata una funzione di autodiagnostica, molto utile per verificare se il D7S funziona correttamente, ma la stessa deve essere attivata manualmente attraverso la scrittura di un registro usando il bus I²C. Ad ogni operazione di acquisizione degli offset, il sensore determina automaticamente se l'operazione è andata a buon fine, altrimenti aggiorna uno specifico registro, segnalando di conseguenza il guasto.

I pin funzionali del sensore sono INT1, INT2 e SET: il primo corrisponde, come già evidenziato, alla segnalazione delle condizioni di shutoff e collasso mentre INT2 permette di conoscere se il sensore si trova in standby, se il sensore è in fase di rilevazione di un terremoto, se è in corso un'operazione di acquisizione degli offset oppure se è stata attivata la funzione di autodiagnostica. L'ultimo pin, SET, permette di portare il sensore, attraverso un impulso esterno, in modalità di installazione iniziale, senza dover necessariamente ricorrere all'utilizzo del bus I²C.

Quando il pin INT1 viene portato al livello logico basso da un evento shutoff o collasso, il valore predefinito, ovvero l'1 logico, può essere ripristinato solamente leggendo il registro EVENT (vedi prossimo paragrafo), eseguendo la procedura di installazione

iniziale oppure togliendo l'alimentazione al sensore.

LA MEMORIA INTERNA

Per poter utilizzare il D7S è necessario conoscere come programmare i principali parametri di configurazione, oltre che l'ubicazione dei dati che il sensore calcola per ogni terremoto. La memoria interna è configurata in registri di 8 bit indirizzabili

con indirizzi di 16 bit. Dunque, utilizzando, ad esempio, la libreria Wire di Arduino, è necessario inviare prima gli 8 bit più significativi dell'indirizzo, seguiti dagli 8 bit meno significativi.

Non tutti i registri risultano accessibili e il produttore dichiara esplicitamente di fare attenzione a non accedere a quelli il cui accesso è proibito per evitare di pregiudicare il corretto funzionamento del sensore stesso.

I primi tre registri che si incontrano nella memoria sono STATE, AXIS_STATE ed EVENT (accessibili solamente in lettura) e contengono le informazioni sullo stato corrente del sensore e le sue attuali configurazioni: il registro STATE contiene nei suoi 3 bit meno significativi lo stato, il registro AXIS_STATE è composto da 2 bit in cui sono indicati gli assi utilizzati per le rilevazioni, mentre il registro EVENT è

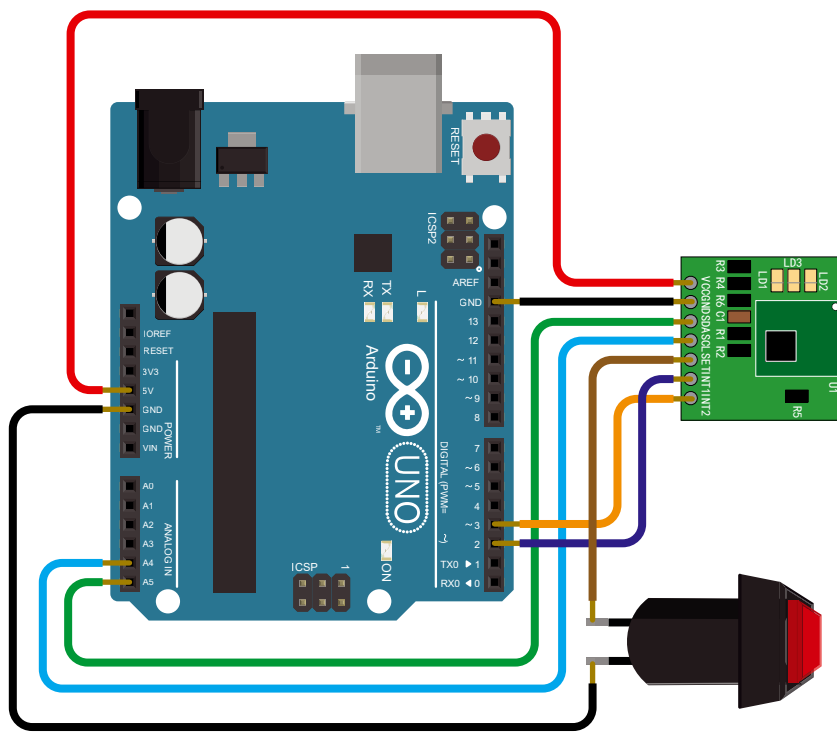


Fig. 3 - Schema di collegamento del sensore D7S con Arduino UNO. Il pulsante (di tipo normalmente aperto) è opzionale.

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

Elettronica In

www.elettronica.in.it

oltre l'elettronica