

MISURA DI LIVELLO DI LIQUIDO TRAMITE SENSORE DI PRESSIONE CAPACITIVO

P. Esamili, F. Cavedo, A. Pesatori, M. Norgia
Dip. di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano,
P.zza Leonardo da Vinci 32 - 20131 Milano
mail autore di riferimento: michele.norgia@polimi.it

1. INTRODUZIONE

Le misure di livello di liquido sono spesso essenziali per svariate applicazioni industriali, con elevate richieste in termini di accuratezza ma stringenti limiti di costo. Esistono varie tecniche di misura di livello, basate su principi fisici anche molto differenti [1-4]. In questo lavoro si intende dimostrare la fattibilità e studiare le prestazioni di un sensore di livello a basso costo, basato su di un sensore capacitivo di pressione. La misura di livello h è direttamente collegata alla pressione P misurata dal sensore differenziale di pressione, esposto da un lato alla pressione dovuta al livello di liquido, dall'altro alla pressione atmosferica di riferimento:

$$P = \rho gh \quad (1)$$

dove ρ è la densità e g è l'accelerazione di gravità. Per ottimizzare la sensibilità del sensore, è stata implementata una tecnica di misura sincrona, interamente gestita per via digitale, in modo da filtrare i disturbi non sincroni con il segnale di misura [5].

2. SISTEMA DI MISURA

Il sensore di pressione utilizzato è di tipo capacitivo, con portata 7.5 kPa. Una scheda di acquisizione multifunzione (Digilent-Analog discovery), dotata di DAC e due ADC a 14 bit con campionamento a 100 MHz, gestisce l'intera misura: genera un segnale sinusoidale a 100 kHz con ampiezza 1 V e acquisisce contemporaneamente il segnale forzante e il segnale di misura. La misura di variazione di capacità è ricavata dalla risposta di un semplice filtro passa basso a singolo polo (a circa 10 kHz), dove il sensore rappresenta l'elemento reattivo. Tale configurazione è resa necessaria dal fatto che l'involucro metallico del sensore è connesso elettricamente a uno dei suoi due contatti. Al fine di schermare il sistema si è preferito mettere a massa tale pin. I due segnali di ingresso e uscita del filtro sono campionati a 10 MHz e si valuta la misura sincrona di ampiezza e fase del segnale a 100 kHz elaborando una DFT su 8000 campioni, per un tempo di acquisizione complessivo di 0.8 ms. In questo modo vengono acquisiti esattamente 80 periodi del segnale, evitando problemi noti come spectral leakage. In figura 1 è mostrato lo schema a blocchi del sistema.

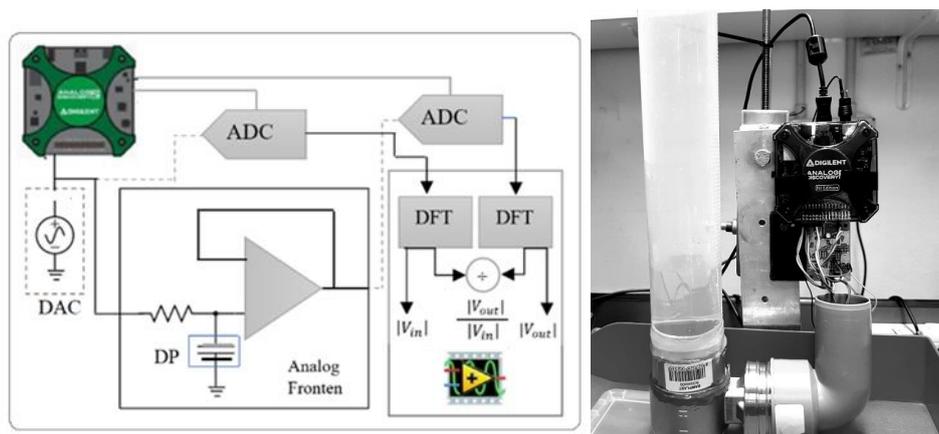


Fig.1: Schema a blocchi (sinistra) e fotografia (destra) del sistema di misura.

3. MISURA DI LIVELLO

Il sistema è stato caratterizzato attraverso la misura di livello di acqua, realizzata come mostrato nella fotografia di figura 1. Il sensore è risultato estremamente lineare, come mostrato in figura 2°, con sensibilità di 40 ppm/mm. Per una prima valutazione di accuratezza e ripetibilità del misuratore, sono state effettuate due campagne di misura in giornate diverse, che hanno fornito i risultati mostrati in figura 2B. L'errore massimo della misura di livello è rimasto sempre inferiore a 0.3 mm, per livelli di acqua fino a 80 cm.

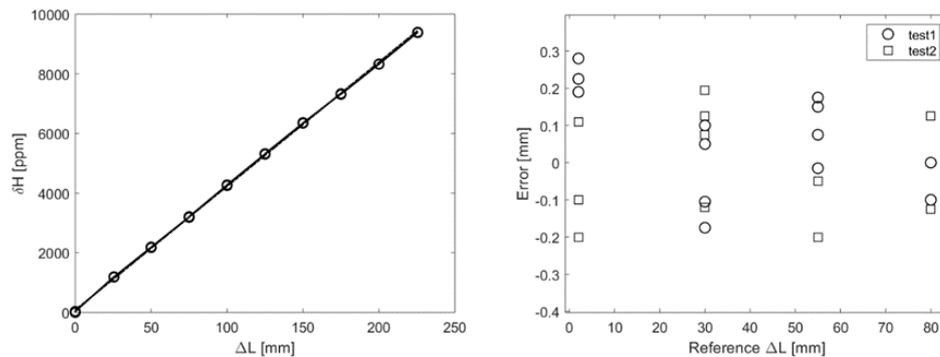


Fig.2: A) Caratterizzazione del sensore; B) Misura della ripetibilità della misura di livello.

L'attuale sistema di misura è in grado di effettuare circa 1000 misure al secondo, date le scelte di campionamento effettuate, inoltre può essere replicato facilmente su un sistema a microcontrollore a basso costo, accettando di diminuire leggermente le frequenze di campionamento. La scelta di impostare il polo del filtro a 10 kHz e misurare a 100 kHz fornisce un'ottima linearità della misura capacitiva, a scapito di una riduzione del segnale di uscita, che non crea però problemi di rapporto segnale-rumore, grazie alla misura sincrona.

4. RISULTATI E SVILUPPI FUTURI

È stato sviluppato un sensore di livello di liquido basato sulla misura differenziale di pressione. La caratterizzazione di un sensore capacitivo ha dimostrato la reale applicabilità di tale approccio a misure di livello per applicazioni industriali, fornendo un errore di misura limitato a 0.3 mm. Le attività di sviluppo attualmente in corso riguardano la caratterizzazione in temperatura e la stima della accuratezza del sistema, tenendo in conto le variabili ambientali e condizioni non stazionarie del liquido.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] S. Bera, H. Mandal, S. Saha and A. Dutta, "Study of a Modified Capacitance-Type Level Transducer for Any Type of Liquid", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 63, no. 3, pp. 641-649, 2014.
- [2] D. Zou, M. Yang, X. Zhan, R. He and X. Li, "Assessment of air entrainment in stirred tanks using capacitive sensors", Sensors and Actuators A: Physical, vol. 216, pp. 92-101, 2014.
- [3] Peng Li, Yulei Cai, Xiaolong Shen, S. Nabuzaale, Jie Yin and Jiaqiang Li, "An Accurate Detection for Dynamic Liquid Level Based on MIMO Ultrasonic Transducer Array", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 64, no. 3, pp. 582-595, 2015.
- [4] D. Melchionni and M. Norgia, "Optical system for liquid level measurements", Review of Scientific Instruments, vol. 85, no. 7, p. 075113, 2014.
- [5] M. L. Meade, *Lock-in Amplifiers: Principles and Applications*. London: Peter Peregrinus Ltd, 1983.
- [6] Huayao Zheng, Yunqian Huang and Yinzong Ye, "New level sensor system for ship stability analysis and monitor", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 48, no. 6, pp. 1014-1017, 1999.