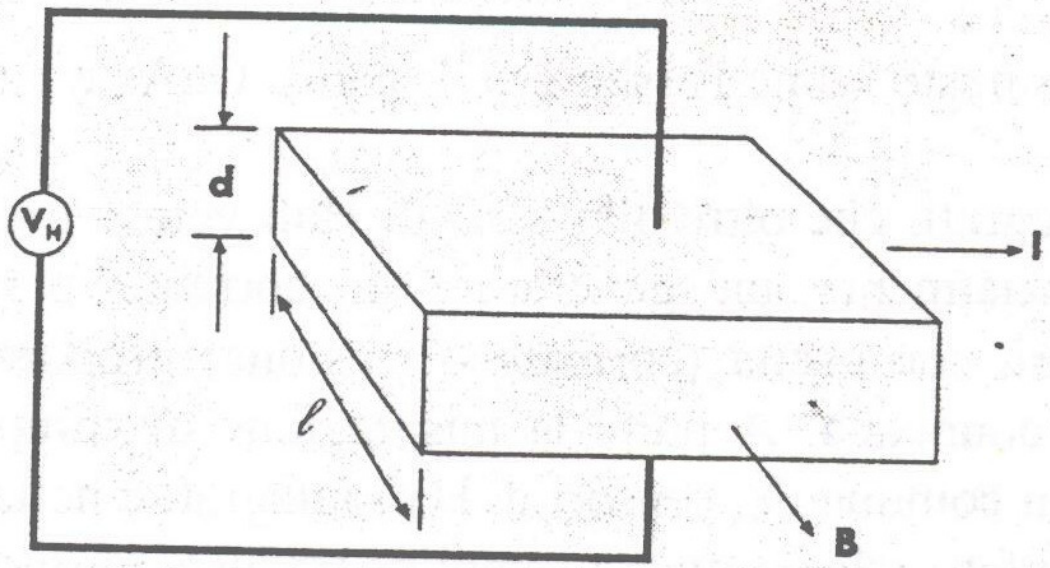
Trasduttori a effetto Hall

Un campione di metallo o di semiconduttore percorso da una corrente I e immerso in un campo magnetico di induzione B perpendicolare al verso della corrente presenta un gradiente di potenziale Vo in direzione ortogonale alla corrente e al campo.

Il fenomeno è chiamato effetto Hall dal nome dei suo scopritore. Per comprenderne l'origine fisica è necessario ricordare che su una carica q in moto con velocità v in un campo magnetico B si esercita una forza, detta forza di Lorentz, data da: $F = q\ v \wedge B$ ($\wedge$ indica prodotto vettoriale) (fíg.32)

Il principio dell'effetto Hall. Fig. 32



La forza di Lorentz è l'espressione di una interazione fondamentale. non riconducibile cioè ad altri tipi di forze; per le proprietà del prodotto vettoriale essa è orientata perpendicolarmente al piano individuato da v e B, con verso dipendente dal segno di q e ha modulo $F = q\ v\ B \text{ sen } \alpha$ dove α è l'angolo compreso fra velocità e campo magnetico.

L'effetto Hall è appunto causato dalla forza di Lorentz che si esercita sui portatori mobili di carica nel materiale percorso da corrente. Il loro accumulo su facce opposte genera una d.d.p. V tra faccia inferiore e faccia superiore: $V = v\ B\ d$ con d = spessore del campione

Il materiale più utilizzato è a semiconduttore composto come l'arseniuro di gallio GaAs o l'arseniuro di indio InAs, le cui tecnologie sono relativamente recenti.

Sono reperibili sul mercato numerosi sensori integrati, che oltre alla cella di Hall vera e propria incorporano un'opportuna circuiteria di alimentazione (sostanzialmente un generatore di corrente per la cella) e di condizionamento del segnale; possono essere lineari, con uscita (corrente o tensione) proporzionale al campo magnetico, oppure con una isteresi più o meno pronunciata. A parte la misurazione di campi magnetici, che ovviamente richiede sensori lineari, l'applicazione più comune dei sensori di Hall integrati è nella realizzazione di trasduttori secondari, segnatamente di posizione: è infatti relativamente semplice tradurre un movimento relativo in una variazione di campo magnetico.

1 sensori utilizzati possono essere lineari oppure on/off, a seconda che sia richiesto un rilevamento continuo della posizione (entro certi limiti) o un'azione di tipo switching (come nel fine corsa). In particolare, i trasduttori di posizione angolare a sensori di Hall possono essere più convenienti, se non si richiedono risoluzioni estremamente elevate, degli stessi encoder ottici, perché

maggiormente economici e robusti. In questa veste, una loro applicazione attualmente molto importante è nel sistema di commutazione degli avvolgimenti nei motori brushless in corrente continua; sono anche utilizzati in sostituzione delle puntine nei sistemi di accensione di motori d'automobile.
Un'applicazione interessante dei sensori di Hall lineari è la misura delle correnti, esistono in commercio moduli già pronti con uscita in tensione calibrata, che sostituiscono i classici trasformatori amperometrici, a un costo minore e con una maggiore compattezza.
Es. di valori di sensibilità: si arriva intorno a 0.7 mV/G (G = Gauss: 1G = 10^{-4} T - Tesla = 1 Wb/m^2) e sono sensibili a campi unidirezionali. Per misurare campi bidirezionali ce ne vogliono due orientati in verso opposto.
Il tempo di salita con Vcc = 12 V e carico di 820 Ω e 20 pF è tipicamente di 40 ns, quello di discesa nelle stesse condizioni di 180 ns.

Trasduttori di portata
Solitamente le misure di portata vengono effettuate in modo indiretto, misurando la velocità v del fluido attraverso una sezione A nota, in quanto la portata Q non è altro che il volume Vol del fluido che attraversa la sezione A di una condotta nell'unità di tempo: Q = Vol / t = v A. Essi si distinguono in magnetici, a turbina e ad ultrasuoni. Quelli magnetici si usano solo per liquidi conduttori, es. acqua con sali, con uscita che va da 0,1 a 20 mV (bassa sensibilità), presentano problemi di elettrolisi se la bobina è alimentata in continua, oppure di risposta in frequenza se alimentata in alternata con f_{al} < 10 fp di variazione di portata, non presentano parti in movimento o perdite di carico, ìncertezza 0.5 - 1 %, usato in aziende alimentari, acque sporche, sangue, adatto a tutti i diametri. Quelli a turbina (sia per liquidi che per gas) si basano sulla spinta rotativa che provoca un fluido urtando le pale di una turbina: la velocità del fluido è proporzionale alla velocità di rotazione dell'albero della turbina che può essere calettata su una dinamo, producendo una proporzionale tensione, oppure su un disco con settori alternati opaco-trasparenti (encoder) o metallo - non metallo (sensore di prossimità magnetico), in modo da rilevare la frequenza proporzionale alla portata (modulazione di frequenza); alle basse portate è influente l'attrito sui supporti dell'albero, alle alte vi è il distacco della vena fluida dal profilo delle pale (cavitazione: fenomeno per cui all'interno di un liquido, dove si verifichi una forte depressione fino ad un,yalore più basso della tensione di vapore, si ha un violento sviluppo di vapore sotto forma di minute bollicine); incertezza 0,1 - 1 %. Quelli ad ultrasuoni sfruttano la proprietà che hanno i fluidi di propagare il suono in funzione della loro velocità (la frequenza degli ultrasuoni è modulata dai vortici), essi presentano un generatore di ultrasuoni (0.5 - 5 MHz) ed un ricevitore: dal confronto, basato sul tempo intercorso, sulla variazione di frequenza o quella di fase, tra il segnale emesso e quello ricevuto, si ricava la velocità del liquido.
Vi è poi il trasduttore di flusso per solidi granulati, che opera sul principio dell'effetto Doppler (fig.33): le microonde emesse vengono riflesse dal materiale verso l'apparecchio; lo sfasamento dell'onda di ritorno rispetto all'onda di partenza dipende dalla velocità del materiale; si può anche risalire al peso del materiale trasportato ed al numero di grani.