

# POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI

INGEGNERE

I SESSIONE - ANNO 1997

Ramo: Elettronica

TEMA N. 1

Si vuole realizzare un trasduttore di distanza basato sulla misurazione del tempo di

volo di un segnale sonoro. Lo schema di principio è indicato in figura 1: un generatore di segnali, quando il trasduttore riceve dall'esterno il comando di inizio acquisizione di un campione di distanza, invia un opportuno segnale elettrico ad una capsula piezoelettrica (le caratteristiche principali della capsula sono riportate nella tabella), che, funzionando come trasmettitore, a sua volta invia un segnale sonoro,

proporzionale al segnale ricevuto, ad un bersaglio; l'eco è rilevata da una capsula identica alla precedente, che opera da ricevitore, posizionata vicino al trasmettitore, sullo stesso asse rispetto al bersaglio. Il segnale elettrico in uscita dal ricevitore è elaborato da circuiti di rilevamento, che operano la stima del tempo di volo. Un sistema di elaborazione esegue il calcolo della distanza, secondo la formula:

$$d = k \cdot v \cdot T$$

dove  $d$  è la distanza cercata,  $k$  è un coefficiente costante che dipende dalla geometria dell'apparato (è previsto che il valore - circa 0,5 - sia determinato in sede di taratura del sistema),  $v$  è la velocità del suono nel mezzo tra sistema e bersaglio e  $T$  è il tempo di volo.

Il sistema invia poi la misura all'utilizzatore sotto forma di segnale digitale codificato.

Si richiede il progetto di massima dei circuiti elettronici (non della struttura meccanica, che si suppone progettata in modo adeguato) che compongono il sistema quando sia utilizzato come rilevatore della distanza da terra di un punto della scocca di un veicolo in movimento (il sistema fa parte di un impianto di 'sospensioni intelligenti'). Le

specifiche richieste sono dunque:

- misura di distanze fra 0,3 m e 0,8 m
- incertezza tipo della misura dell'ordine del millimetro
- campo di temperatura fra -20 °C e 60 °C (fra 0 °C e 50 °C per i circuiti elettronici)
- campo di frequenze del movimento della scocca rispetto al terreno limitato a qualche hertz

- basso costo dell'intero sistema.

Suggerimenti per lo svolgimento del tema.

1. È opportuno disegnare uno schema a blocchi dell'intero sistema (più dettagliato di quello indicato in figura 1), mettendo in evidenza i moduli funzionali che lo compongono; di ogni modulo sarà indicato poi anche lo schema circuitale.

2. Massima frequenza di campionamento consentita. È legata al campo di frequenze richieste; si fissi tale frequenza e poi si svolga il progetto in modo che il sistema

soddisfi a tale specifica.

3. Generatore di segnali. Il segnale da applicare può essere un 'burst' di impulsi. In figura 2 in alto è riportato tale segnale sia l'andamento del segnale in uscita dalla capsula ricevente; nella figura l'ampiezza del segnale in uscita corrisponde all'attenuazione che si ha quando la distanza dal bersaglio (asfalto) è 80 cm, mentre

il ritardo dovuto alla propagazione del segnale sonoro è stato considerato nullo. In basso nella figura 2 è riportato, in scala amplificata, parte del segnale in uscita. Si disegni lo schema elettrico del generatore.

4. Stima della distanza. Si usi la formula sopra indicata e si analizzino le cause di incertezza. Si fissi l'incertezza desiderata per la misura del tempo di volo e nella conoscenza di  $v$ .
5. Rilevamento del tempo di volo (deve essere definito l'intervallo di tempo che si considera). Si può pensare innanzi tutto ad un poco costoso rilevatore a soglia fissa (se ne disegni il circuito). Si svolga l'analisi dell'incertezza mettendone in evidenza le principali cause. Per ciascuna si ipotizzino valori ragionevoli. Se il rilevatore non fornisce l'incertezza desiderata, si indichino e si disegnino gli eventuali circuiti aggiuntivi necessari. Ad esempio, per ridurre alcuni effetti, si può pensare ad un sistema di correzione della stima: si individuino gli algoritmi ed i componenti del sistema di correzione. Se è necessaria una elaborazione complessa dei dati, si pensi all'uso di un microprocessore o di un DSP. Si scriva in linguaggio C il sottoprogramma che realizza l'algoritmo di elaborazione o di correzione.
6. Grandezze di influenza nella stima della distanza. Si consideri l'effetto sulla velocità del suono  $v$ . Tra le varie cause (temperatura, umidità, pressione atmosferica, velocità del veicolo,...) si consideri solo l'effetto della temperatura (si trascurino i gradienti di temperatura lungo il percorso del segnale sonoro), utilizzando la relazione fra temperatura e velocità del suono in aria

$$v = 20,055 \sqrt{\Theta} \quad \text{m/s}$$

ove è indicata con  $\Theta$  la temperatura assoluta.

Se l'incertezza desiderata non è raggiungibile, si pensi ad un sistema ausiliario di misura della temperatura, con correzione sulla base della formula. Si progetti il sistema e si disegnino i relativi circuiti.

7. Presentazione dei risultati. Si pensi ad una linea di comunicazione seriale; si decida il formato dei dati e si indichino i componenti che realizzano la funzione richiesta.

Domanda aggiuntiva:

Si indichino le principali specifiche e si disegni lo schema a blocchi di un apparato automatizzato per la taratura del sistema di misurazione.

Principali caratteristiche delle capsule piezoelettriche (trasmettitore e ricevitore)

Caratteristica	Valore	Unità
Frequenza di lavoro	40	kHz
Capacità	2200	pF
Tensione massima	20	V (rms)
Campo di temperatura	-20 - 85	°C
Smorzamento <sup>(1)</sup>	0,01	

<sup>(1)</sup> Un modello adeguato della capsula fa riferimento ad un filtro passa banda con uno zero nell'origine e due poli alla frequenza di lavoro e con lo smorzamento indicato.

Figura 1

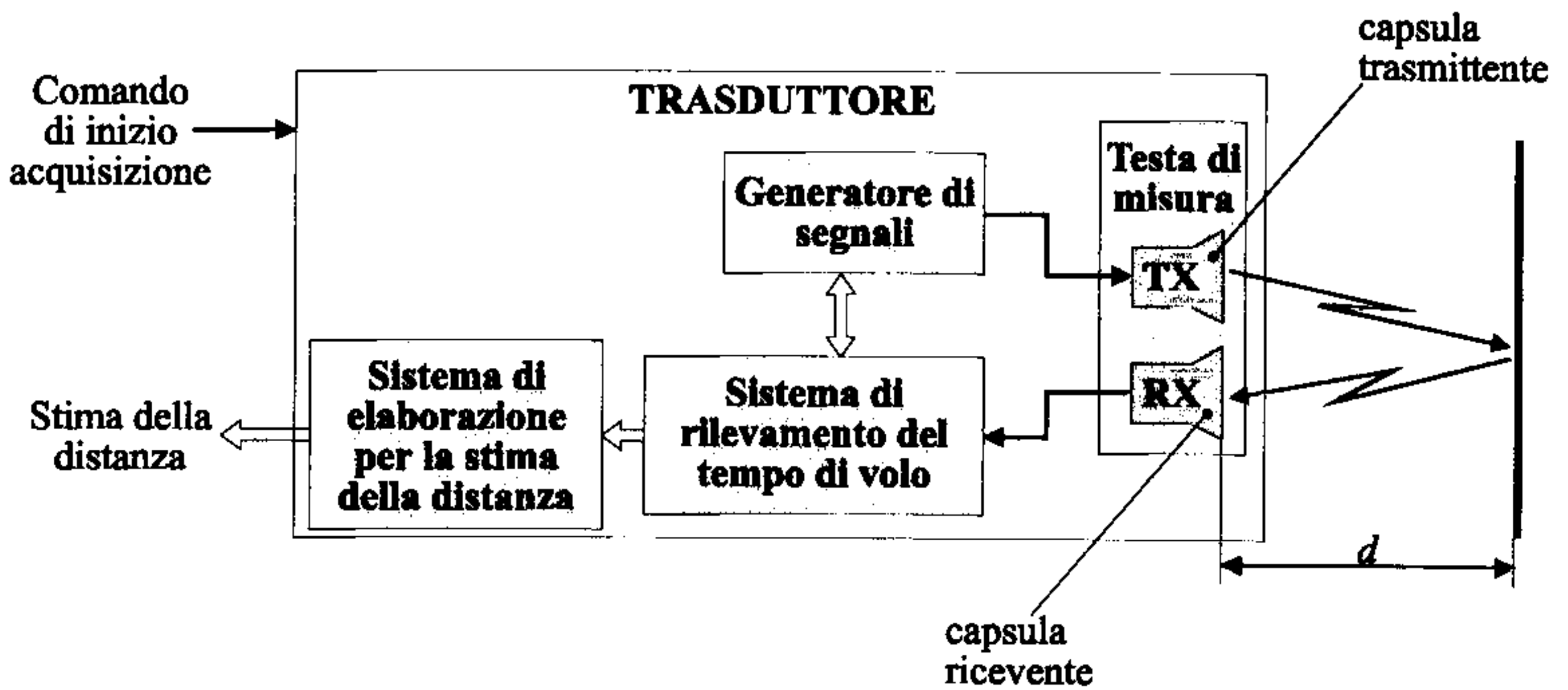


Figura 2

