

**Contratto tra il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" e l'Università di Pisa – Dipartimento di Neuroscienze**

## **Sistema per misure con camera anteriore artificiale**

*Edoardo Bozzi, Massimo Chimenti*

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione – CNR, Pisa

## Specifiche di progetto

E' stata richiesta la realizzazione di un sistema per l'esecuzione di misure tonometriche e di pressione interna.

Il sistema comprende una camera in grado di alloggiare senza deformazioni cornee espianate; la cornea ha mediamente un raggio di curvatura di  $\approx 8.5$  mm ed è fornita con una corona circolare di sclera, con raggio di curvatura di  $\approx 12$  mm: l'insieme è assimilabile ad un disco con diametro di  $\approx 15$  mm.

La camera viene riempita col liquido di conservazione delle cornee, in modo che non rimangano bolle d'aria all'interno di essa. Le camera dev'essere a tenuta e la pressione del liquido dev'essere regolabile in maniera fine tra 5 e 35 mm Hg. Il sistema deve consentire l'impiego della camera in due posizioni ortogonali; la posizione orizzontale per il trattamento della cornea mediante laser, quella verticale per l'esame mediante lampada a fessura e tonometro.

In conformità a queste specifiche è stato individuato un apposito misuratore di pressione per liquidi, si è utilizzata camera portacornee fornita dall'Istituto di Clinica oculistica e sono stati realizzati un regolatore micrometrico di pressione, un adattatore per il collegamento del misuratore al circuito idraulico ed un opportuno supporto per i componenti.

## Misuratore di pressione

Il misuratore scelto è costituito da un traduttore piezoelettrico di precisione e da uno strumento di misura con pannello digitale.

### Trasduttore

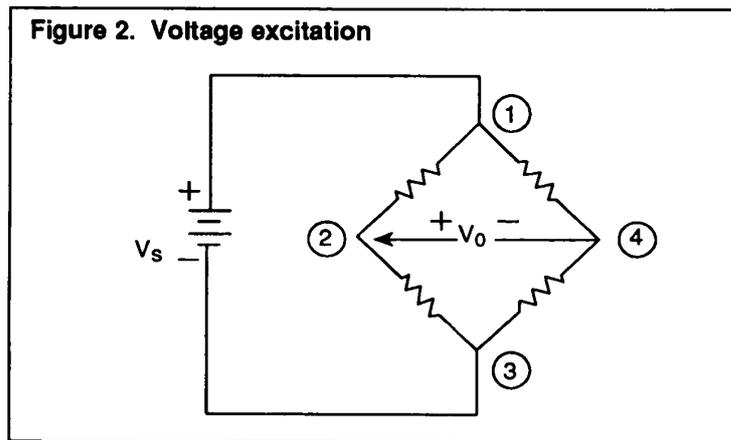
Il trasduttore impiegato è un sensore di pressione differenziale 170PC RSm modello 396-285. La figura 1 riporta le specifiche tecniche del dispositivo.

Supply voltage	10±0.01V = Typ.
Max. power supply	16V =
Output type	Ratiometric
<b>Pressure ranges</b>	<b>RS stock no. Range O/P (typ.)</b>
FSO (typ.)mV	395-279 0-7"H <sub>2</sub> O 28
	<b>395-285 0-14"H<sub>2</sub>O 35</b>
	395-291 0-28"H <sub>2</sub> O 42
Null offset	0±2mV
Null output shift	±3mV = typ.
25 to 0°C, 25 to 50°C	
Sensitivity shift	0-7" & 0-14" = ±4%FSO
25 to 0°C, 25 to 50°C	0-28" = ±3.5%FSO
Repeatability and hysteresis	±0.25%FSO (typ.)
Response time	1 ms max.
Temperature range	
Compensated	0-50°C
Operating	-40 to +85°C
Storage	-55 to +125°C
Weight	7 grams (typ)
Shock rating	MIL-STD-202, Method 213 (150g, half sine, 11ms)
Overpressure	5 p.s.i. max.
<b>Note:</b> Media compatibility.	
	P2 port. Wetted materials; polyester housing, epoxy adhesive, silicon, borosilicate glass, and silicon to glass bond.
	P1 port dry gases only.

Figura 1. Specifiche tecniche del sensore di pressione 170PC RS.

Il sensore è nominalmente lineare per pressioni sino a 14"H<sub>2</sub>O = 355 mm H<sub>2</sub>O = 26,1 mm Hg; la sovrappressione massima sopportabile è di 5 psi = 3510 mm H<sub>2</sub>O = 257 mm Hg.

Il sensore è dotato di 4 terminali di I/O; la figura 2 mostra la struttura del sensore e i relativi piedini di collegamento. La tensione di alimentazione di 10 V è applicata ai piedini 1 e 3; il segnale d'uscita Vo è presente sui piedini 2 e 4.

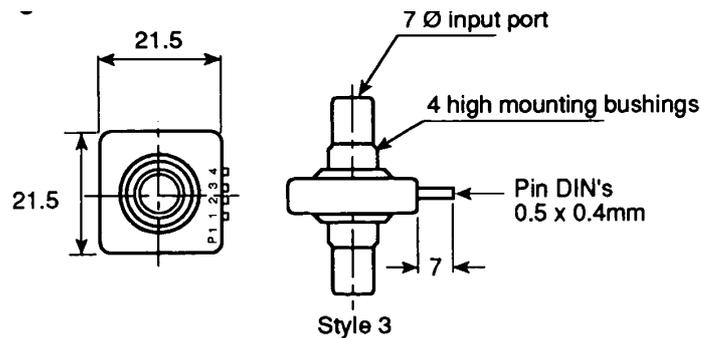


- Notes:**
1. Circled numbers refer to sensor terminals (interface pins).
  2.  $V_o$  increases with pressure difference.
  3.  $V_o = V_2 - V_4$  (referenced to pin 3).

Figura 2. Struttura e terminali del sensore di pressione 170PC RS.

La figura 3 riporta le caratteristiche meccaniche del sensore.

Figura 3. caratteristiche meccaniche del sensore di pressione 170PC RS.



La porta P1 è lasciata libera in aria, la porta P2 è collegata al liquido di cui si deve misurare la pressione.

## Strumento

Lo strumento di misura con display numerico è costituito da un dispositivo Digitron VAP P445/448 della SIFAM Instrument Ltd, alimentato a 220 V. La tabella 1 riporta la configurazione del connettore di I/O.

piedino	descrizione
1	+ VE
2	+ Vi
3	- Vi
4	GND

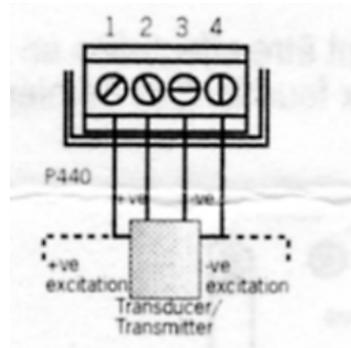


Tabella 1. Configurazione del connettore di I/O del VAP P445.

VE è una tensione continua di eccitazione di 10V, applicabile al trasduttore; Vi è la tensione continua da misurare, minore di 100 mV, prodotta dal trasduttore.

Lo strumento fornisce la misura della tensione d'ingresso in mV con segno e 3 cifre; l'accuratezza di misura è  $0.2\% \pm 1$  conteggio.

## Misure sperimentali

La caratteristica di risposta del trasduttore è stata verificata usando la struttura mostrata in figura 4: il trasduttore è collegato allo strumento di misura ed una colonna d'acqua è applicata alla porta P2, mentre la porta P1 è in aria.

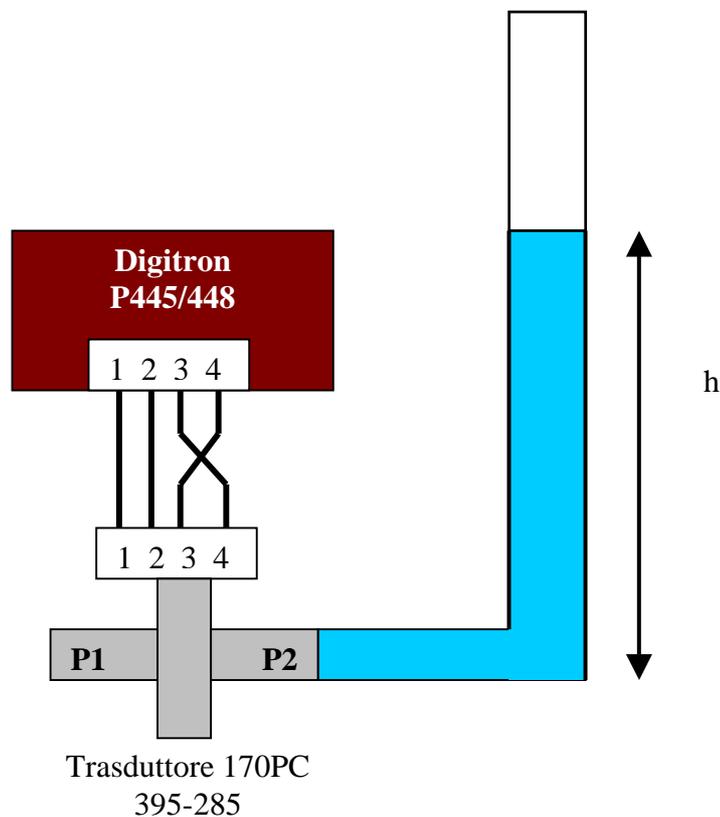


Figura 4. Apparato per la misura della risposta del sensore di pressione 170PC RS.

La tabella 2 riporta i risultati delle misure U (mV) indicate sul display in funzione dell'altezza della colonna d'acqua; i valori in mm Hg sono ricavati mediante la relazione:

$$1 \text{ mm Hg} = 13.596 \text{ mm H}_2\text{O}.$$

<b>h</b> <b>mm H<sub>2</sub>O</b>	<b>h</b> <b>mm Hg</b>	<b>U</b> <b>mV</b>
0	0.0	-0.05
22	1.7	1.4
77	5.9	6.7
123	9.5	11.5
168	12.9	16.5
214	16.5	21.2
263	20.2	26.4
310	23.8	31.6
371	28.5	37.5
427	32.8	43
475	36.5	47.6
527	40.5	52.3
591	45.5	58.2
658	50.6	64
727	55.9	69.8
755	58.1	72.1
833	64.1	78.5

**Tabella 2. Dati di misura della risposta del trasduttore.**

Eseguendo una regressione lineare sui dati di misura si ottiene:

$$U = 0,5002 + 1,2516 \times \text{mm Hg}$$

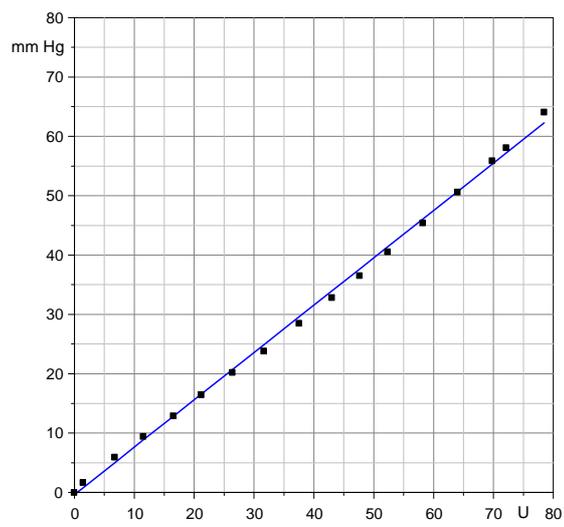
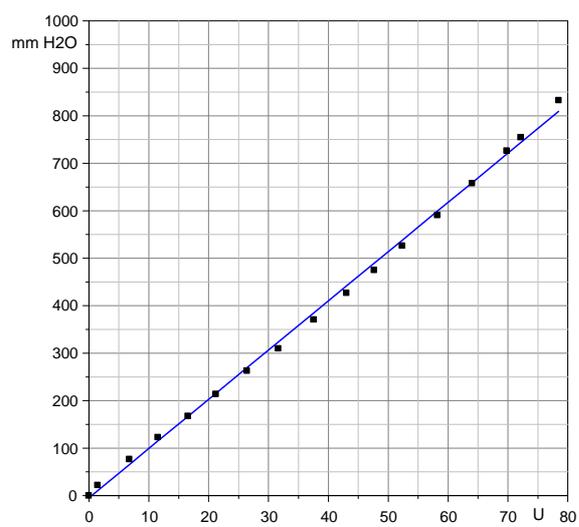
$$U = 0,5002 + 0,0963 \times \text{mm H}_2\text{O}$$

La pressione in mm H<sub>2</sub>O o in mm Hg è dunque ricavata dal valore U indicato sul display mediante le relazioni:

$$\text{mm H}_2\text{O} = -4,4726 + 10,3675 \times U \quad (1)$$

$$\text{mm Hg} = -0,3440 + 0,7975 \times U \quad (2)$$

La figura 5 mostra i grafici di conversioni tra valori di U e pressione in mm H<sub>2</sub>O o in mm Hg.



**Figura 5. Pressioni in mmH<sub>2</sub>O e mm Hg in funzione dell'indicazione dello strumento.**

## Camera

Il sistema usa una Artificial Anterior Chamber, prodotta dalla Barron (vedi figura 6).

Ruotando la ghiera superiore della camera si accede alla sede per l'alloggiamento della cornea; il successivo bloccaggio della ghiera assicura la tenuta della camera.

La camera è dotata di due tubicini con rubinetto per l'introduzione del liquido nello spazio sottostante la cornea e per l'eliminazione di bolle d'aria,



Figura 6. Camera artificiale anteriore Barron, usata nel sistema.

## Regolatore di pressione

La pressione del liquido nel sistema è regolata mediante una siringa opportunamente modificata, In una siringa normale di 3 cc il sistema originale di avanzamento dello stantuffo mediante è stato modificato, usando un trasduttore T da movimento circolare a movimento lineare, una barra filettata B con passo 5 ma, un dado di regolazione D e una leva di bloccaggio L ed un pomello P (vedi figura 7).



Figura 7. Regolatore di pressione nello stato di caricamento (vedi testo).

Il regolatore può funzionare in due modi

### Caricamento

Questo modo è usato per riempire di soluzione il circuito idraulico, eliminando al contempo le eventuali bolle d'aria.

In questo caso, si deve:

- sganciare la leva di bloccaggio
- portare il dado in prossimità del pomello

Il funzionamento della siringa diventa così normale e si può procedere al riempimento ed allo svuotamento della siringa mediante la traslazione del pistone

## Controllo

Questo modo è usato per regolare la pressione idraulica.

In questo caso, si deve:

- tenere fermo il dado e ruotare il pomello fino a che il dado si alloggia nella siringa
- ruotare la leva per bloccare il dado

A questo punto si può regolare in maniera fine la pressione nel circuito mediante rotazioni del pomello: si hanno aumenti di pressione con rotazioni in senso orario e diminuzioni di pressione con rotazioni in senso anti-orario.

La figura 8 mostra il regolatore nello stato di controllo.



**Figura 8. Regolatore di pressione nello stato di controllo.**

## Adattatore

E' stato realizzato in cilindro adattatore tra il trasduttore di pressione e il circuito idraulico (vedi figura 9).. L'adattatore è collegato ad un rubinetto a 4, usato per il riempimento del circuito ed il suo isolamento una volta regolata la pressione.



**Figura 9. Trasduttore di pressione con adattatore per il raccordo ad un rubinetto a 4 vie.**

## Supporto

I componenti sopra descritti sono alloggiati su un supporto basculante.

La figura 10 mostra una vista complessiva del sistema con la camera portacornea in posizione orizzontale, adatta all'ablazione mediante laser.

La camera è collegata al regolatore ed al trasduttore mediante il rubinetto a 4 vie; il trasduttore è collegato mediante una coppia di cavi allo strumento indicatore.

In figura si nota anche il tubetto per lo scarico d'aria della cavità corneale durante la fase di riempimento.

La figura 11 mostra una vista complessiva del sistema con la camera portacornea in posizione verticale, adatta alla misura monometrica.

Il passaggio da una posizione all'altra è fatto ruotando il piatto di supporto; appositi fermi sulle colonne del basamento assicurano il corretto posizionamento della camera.



Figura 10. Sistema con camera in posizione orizzontale.

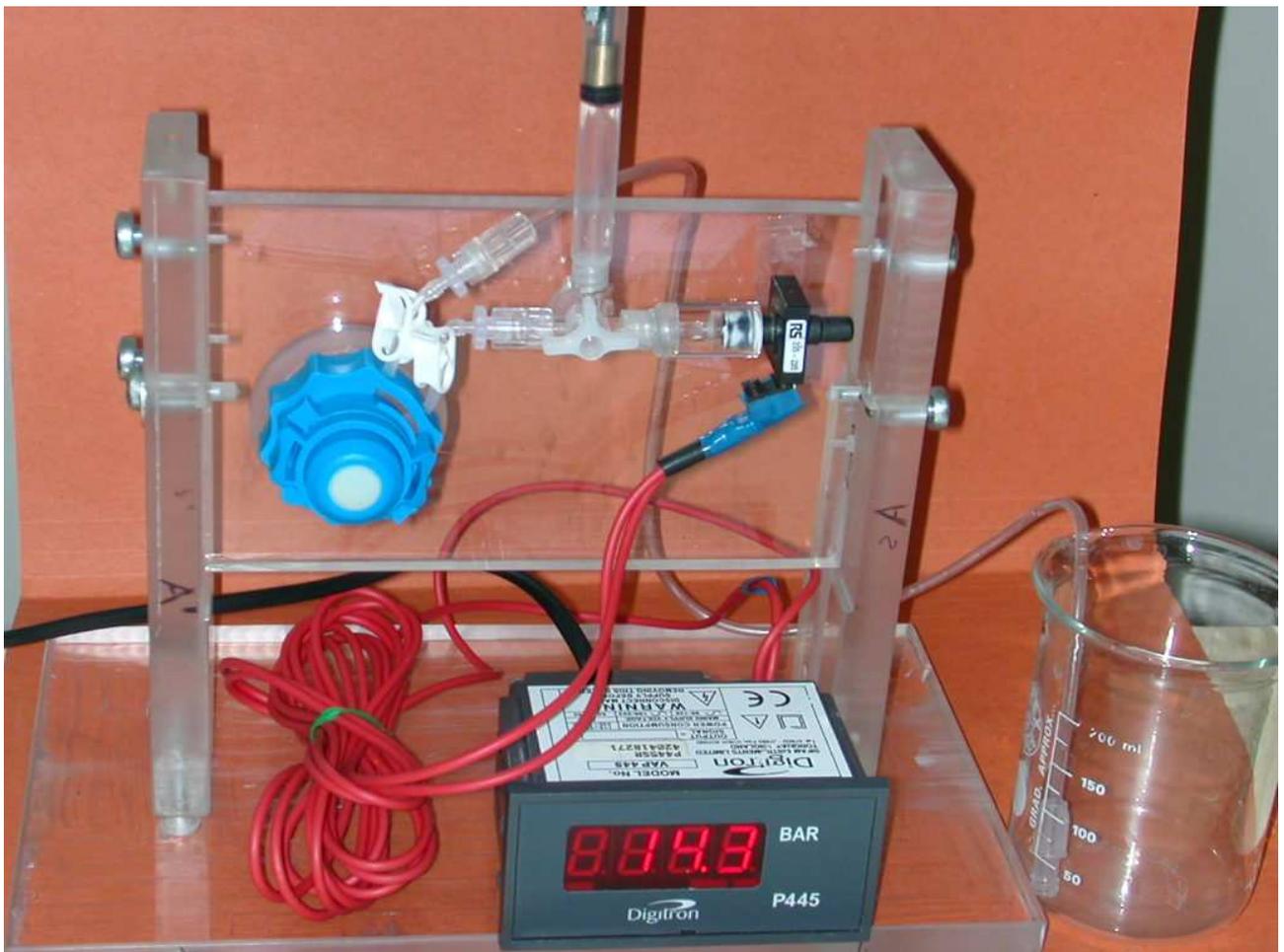


Figura 11. Sistema con camera in posizione verticale.

## Modalità d'impiego

Nella fase di caricamento si devono eseguire le seguenti operazioni:

- ruotare il supporto in modo che la camera sia in posizione verticale
- aprire i rubinetti dei tubi collegati alla camera
- collegare il tubo superiore della camera al tubo di sfiato, la cui uscita è sistemata nel bicchiere di raccolta
- mettere il rubinetto a 4 vie nella posizione tutto aperto
- mettere il regolatore nello stato di caricamento
- riempire il circuito fino alla fuoriuscita della soluzione dal tubo di scarico
- chiudere il rubinetto del tubo di sfiato
- mettere il regolatore nello stato di controllo

Nella fase di controllo la pressione viene impostata mediante il regolatore come descritto in precedenza.

In entrambe le fasi è necessario evitare di superare una pressione di 40 mm Hg: è quindi necessario controllare l'indicazione fornita dallo strumento e fare in modo che il valore indicato non superi i 50 mV.

Si ricorda che il valore della pressione viene mostrato indirettamente dal display; la misura in mm H<sub>2</sub>O o in mm Hg è ottenuta usando le equazioni 1 e 2, oppure i grafici di conversione.