

## SECONDA PARTE

### EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI ACQUISIZIONE DATI

#### 1. CENTRALINE ANALOGICHE CON VISUALIZZATORI DIGITALI

Le centraline disponibili sul mercato agli inizi degli anni '70 sono caratterizzate da una operatività di tipo analogico:

- Centraline multicanali, con alimentazione e uscita separata per ogni trasduttore, visualizzatore digitale per ogni canale.
- Trimmer di azzeramento e di amplificazione per ogni canale.
- Controllo analogico di calibrazione.

A titolo di esempio si possono ricordare i modelli HBM e HONEYWELL di elevata affidabilità e versatilità.

I segnali di uscita sono analogici e vengono inviati a registratori grafici analogici, con possibilità di ulteriori amplificazioni.

Tutte le operazioni di taratura dei segnali dei trasduttori vengono effettuate via hardware, agendo su opportuni trimmer e selettori di amplificazione, in modo da presentare i risultati in unità fisiche sia sul display digitale che sul registratore grafico.

I limiti di questi sistemi sono sostanzialmente:

- Elevato costo (nel 1976-78 era di circa 1.000.000 L/canale)
- Impossibilità di interfacciamento a computer
- Mancanza di automazione nel rilevamento dati

Nei paragrafi seguenti si riporta la descrizione dei componenti fondamentali di questo tipo di misuratori analogici.

#### 2. CENTRALINE ANALOGICO-DIGITALI PROGRAMMABILI

Applicando i principi della logica cablata dei circuiti integrati si è avuta una certa evoluzione nella realizzazione delle centraline, introducendo alcune funzioni di acquisizione come ad esempio la stampa dei dati su una stampante numerica, con possibilità di introdurre intervalli di scansione prestabiliti. Allo stesso modo si è data la possibilità all'utente di variare il livello di alimentazione e di amplificazione oppure di modificare il settaggio del singolo canale per collegare diversi tipi di sensori (estensimetrici oppure a trasformatore differenziale).

Le varie funzioni erano tuttavia prestabilite in fase di progetto e potevano essere selezionate dall'operatore attraverso appositi selettori.

A questo livello di evoluzione dei sistemi vengono introdotte le prime porte seriali di comunicazione con i Personal Computer.

Lo sviluppo delle centraline non è stato tuttavia accompagnato da una corrispondente evoluzione dei programmi di gestione: mancano i codici e i protocolli di dialogo, e in generale il software di comunicazione con i P. C.

### 3. MICROPROCESSORE

Procedendo con la logica degli integrati si era arrivati comunque a progettare circuiti con un numero superiore a 1000 componenti. Si è arrivati cioè a scoprire il limite di applicazione di questo metodo di progettazione.

Circuiti integrati maggiori richiedevano infatti:

- maggiori dimensioni delle schede di supporto
- aumento della potenza dissipata sulle alimentazioni.

Ma la limitazione più importante dei circuiti integrati è rappresentata dall'impossibilità di modificare anche parzialmente le funzioni di progetto: la modifica anche di una sola funzione all'interno dei circuiti determina infatti rifacimenti sostanziali dell'intero progetto. L'assemblaggio degli integrati permette cioè di programmare una sola volta un determinato circuito per svolgere una certa funzione.

Per superare questa situazione di stallo a cui si era pervenuti, agli inizi degli anni '70 si arrivò alla realizzazione del microprocessore.

Sono stati così realizzati i primi modelli:

- Microprocessore 4004 a 4 Bit della Intel
- Microprocessore 8008 a 8 Bit della Intel

Il microprocessore è sostanzialmente un componente versatile, in grado di assolvere ad un numero elevato di singole funzioni, opportunamente programmabili attraverso passi di istruzioni elementari.

Con il microprocessore si è passati dalla logica cablata, caratterizzata da una struttura hardware rigida con componenti integrati collegati secondo un procedimento combinatorio o sequenziale, alla logica programmabile.

Nel 1977 la Società ZILOG introduce sul mercato un nuovo microprocessore a 8 Bit più potente dei precedenti, noto sotto la sigla di Z80, molto versatile e potente, programmabile in Assembler.

Si tratta di un linguaggio-macchina evoluto ma a basso livello, nel senso che le istruzioni devono seguire una logica elementare tale da programmare tutte le funzioni del microprocessore.

Questo comporta:

- tempi lunghi di realizzazione dei programmi
- difficoltà nell'effettuare modifiche
- necessità di disporre di sistemi di sviluppo complessi per la memorizzazione del programma su EPROM
- costi elevati di realizzazione, giustificabili solo sui prodotti di grande serie

Con lo Z 80 si è avuto comunque un notevole sviluppo nei sistemi di acquisizione dati, anche se non dedicati ad un settore specifico come ad esempio le prove geotecniche di laboratorio.

#### 4. PERSONAL COMPUTER

Il contemporaneo sviluppo e diffusione di P. C. a basso costo, supportati da sistemi operativi e librerie software facilmente gestibili ha modificato le direttive di sviluppo dei sistemi hardware.

Si è vista la convenienza nel limitare l'evoluzione delle centraline di acquisizione e nel lasciare tutta la programmazione al software del computer. Dalle centraline complete di tastiera multifunzione e display digitali (modello FLUKE) si è passati alle centraline (meno costose) di condizionamento di segnale programmabili da computer.

La comunicazione viene realizzata mediante schede di interfacciamento A/D e di I/O inserite all'interno del computer.

Si tratta di schede multiuso di acquisizione, non dedicate quindi a specifiche applicazioni, proponibili in diversi settori, di grossa produzione e costi non eccessivi. Tutta la parte specifica e di personalizzazione viene affidata al software gestito dal computer. Lo sviluppo si determina pertanto nei linguaggi, la cui velocità operativa diventa importante nel dialogo con la scheda e deve essere compatibile con la velocità di acquisizione.

Le schede stesse di interfacciamento si differenziano esclusivamente per la velocità di acquisizione (applicabili al rilevamento di fenomeni statici o dinamici) e per la risoluzione dei segnali acquisiti e comunicati al computer (8, 12, 16 bit).

#### 5. CENTRALINE STAND ALONE

Le ultime evoluzioni dei microprocessori, delle tecnologie di memorizzazione dei componenti hardware e soprattutto la riduzione dei costi di programmazione delle EPROM hanno nuovamente portato l'attenzione sulle centraline di acquisizione, confondendo al

computer la funzione di unità periferica. Le centraline diventano pertanto unità intelligenti, programmabili, in grado di elaborare una serie di comandi.

Comprendono quindi funzioni analogiche:

- alimentatore trasduttori
- amplificatori di segnale
- selettore di canale
- scheda A/D

e funzioni digitali:

- microprocessore
- memorie RAM non volatili (tipo NOVRAM)
- memorie EEPROM
- uscita seriale di dialogo con il computer.

I vantaggi di tale evoluzione sono i seguenti:

- la centralina può essere programmata dall'utente
- il computer diventa una periferica della centralina e viene collegato soltanto per elaborare i dati quando necessario
- la scheda I/O fa parte della centralina
- per la trasmissione dei dati è sufficiente l'uscita seriale del computer
- viene eliminata la gran parte dei problemi di compatibilità tra computer e interfaccia
- i dati rilevati vengono cumulati nella centralina
- la centralina richiede una potenza minima e può lavorare con una batteria (ad esempio batterie solari)
- i dati non vengono persi in assenza di alimentazione
- il sistema si presenta adatto per misure a distanza e per seguire fenomeni molto lenti
- il software sviluppato dal computer assolve alle sole funzioni di elaborazione e può essere aggiornato e ampliato indipendentemente dall'acquisizione.

## 6. ESEMPI APPLICATIVI

### 6.1. COMPONENTI DI UN CIRCUITO ANALOGICO DI MISURA

#### 6.1.1 Alimentatore stabilizzato (Fig. 1 )

I trasduttori secondo la loro resistenza nominale hanno una tensione massima di lavoro, oltre la quale si rischia la rottura dei componenti (ad es. le resistenze del ponte di Wheatstone nel caso di trasduttori estensimetrici) o comunque derive termiche dovute al loro surriscaldamento per effetto del passaggio di correnti eccessive. La tensione di alimentazione va dunque mantenuta entro limiti di sicurezza. Alcune centraline sono dotate

di switch di settaggio che permettono di stabilire determinati livelli di alimentazione (2 - 5 - 10 - 15 Vcc) in funzione del tipo di trasduttore utilizzato.

La prerogativa fondamentale dell'alimentatore è rappresentata dalla stabilità nel tempo della tensione di alimentazione, dalle caratteristiche elettriche dei suoi componenti (resistenze, trimmer, condensatori ecc.) e dalle caratteristiche dell'impianto elettrico all'interno del quale lo strumento viene installato (stabilità della tensione di rete, affidabilità della messa a terra, assenza di disturbi elettromagnetici).

### 3.1.3 Amplificatore

Il segnale proveniente dal ponte estensimetrico ha generalmente un valore di pochi mV, che dipende dal livello del segnale di uscita del trasduttore. Ad esempio, nel caso di trasduttori estensimetrici tale uscita è dell'ordine di 2-3 mV per V di alimentazione; questo significa che un trasduttore alimentato a 5 V ha un segnale di uscita a fondo scala di 10-15 mV. Tale segnale deve quindi essere amplificato per essere misurato con gli strumenti di misura correnti (voltmetri analogici o digitali) che arrivano ad apprezzare il decimo di millivolt. Da tale osservazione emerge anzitutto che conviene alimentare i trasduttori ad un livello di tensione relativamente alto (ad esempio 10 V), in modo da ridurre il range di guadagno dell'amplificatore.

Si può adottare un amplificatore di segnale con un guadagno massimo di 1000, dotato di una serie di comandi esterni per il bilanciamento (Fig. 1):

- Trimmer di bilanciamento BAL  
Permette l'azzeramento iniziale del segnale del trasduttore attraverso il bilanciamento del ponte estensimetrico.
- Trimmer di amplificazione GAIN  
Permette di aumentare il segnale di uscita, amplificandolo fino a 1000 volte.
- Pulsante di calibrazione CAL  
Applica una tensione di sbilanciamento sul circuito del ponte estensimetrico del trasduttore (generalmente dell'ordine di 1 mV/V), che può essere misurata all'uscita dell'amplificatore. Da tale segnale è possibile risalire alla grandezza fisica note le caratteristiche del trasduttore. Il pulsante CAL permette in pratica di simulare una grandezza fisica applicata al trasduttore e di semplificare così le operazioni di taratura:

$$GF = \frac{FS \times CAL}{UF}$$

con:

FS = fondo scala del trasduttore in unità fisiche  
 CAL = segnale di calibrazione (mV/V)  
 UF = segnale del trasduttore a fondo scala (mV/V)

### 6.1.3 Visualizzatore digitale

Per la visualizzazione delle misure estensimetriche si adottano generalmente indicatori digitali a 4-1/2 digit a cristalli liquidi (LCD) oppure a LED (light emitting diode):

fondo scala ..... 19999 digit (2.0000 Volt)  
 sensibilità ..... 0.1 mV  
 deriva termica ..... 0.001 mV/ C

## 6.2 SCHEDA DI INTERFACCIAMENTO A/D

Parte logica di settaggio dei trasduttori assolve a funzioni interattive di comunicazione con i trasduttori

Sistema di protezione sul circuito di dialogo con l'esterno che impedisce l'ingresso di picchi dannosi per l'amplificatore, derivanti da sbalzi di tensione sulla rete

Amplificatore dei segnali analogici: unità intelligente di basso livello che può essere pilotata dal P.C. per selezionare il livello di amplificazione.

Multiplexer per selezionare la comunicazione del singolo canale al convertitore A/D

Convertitore A/D per trasformare il segnale analogico, proveniente dal canale selezionato, in livello digitale a 12 Bit.

Area di dialogo con il BUS del computer (insieme di piste che consente il dialogo con la CPU del computer. In essa i dati in arrivo, sottoforma di Bit vengono inviati alla CPU su 12 linee parallele di comunicazione.

### 6.3 CENTRALINA INTELLIGENTE STAND ALONE

A titolo di esempio vengono descritte la scheda del microprocessore e la scheda analogica di Fig. 2 e 3.

La scheda del microprocessore comprende:

- Microprocessore quarzato a 11 MHz con basic esteso residente per consentire una programmazione economica anche da parte dell'utente senza sistemi di sviluppo.
- Memoria ROM da 8 Kbyte, dotata di programma residente per la gestione del sistema di misura.
- Memoria RAM non volatile da 8 kbyte, espandibile a 24 Kbyte per la memorizzazione di tutte le letture strumentali (la RAM da 24 Kbyte permette di memorizzare fino a circa 600-700 acquisizioni).
- Orologio e datario dotato di batterie al litio con autonomia di 10 anni.
- Interfaccia seriale RS 232 per la comunicazione con un P.C.

La scheda analogica comprende:

- Convertitore A/D a 12 Bit.
- Multiplexer a 8 canali differenziali (16 semplici), espandibile a 16 canali differenziali (32 semplici).
- Amplificatore di segnale per ogni blocco di 8 canali, definito in base alla configurazione del sistema e modificabile facilmente.

I livelli di guadagno possono essere definiti, selezionando una delle configurazioni seguenti:

Guadagno	Fondo scala	Risoluzione
1	4 V	1.0 mV
10	400 mV	0.1 mV
50	80 mV	0.02 mV
100	40 mV	0.01 mV
200	20 mV	0.005 mV
500	8 mV	0.0025 mV

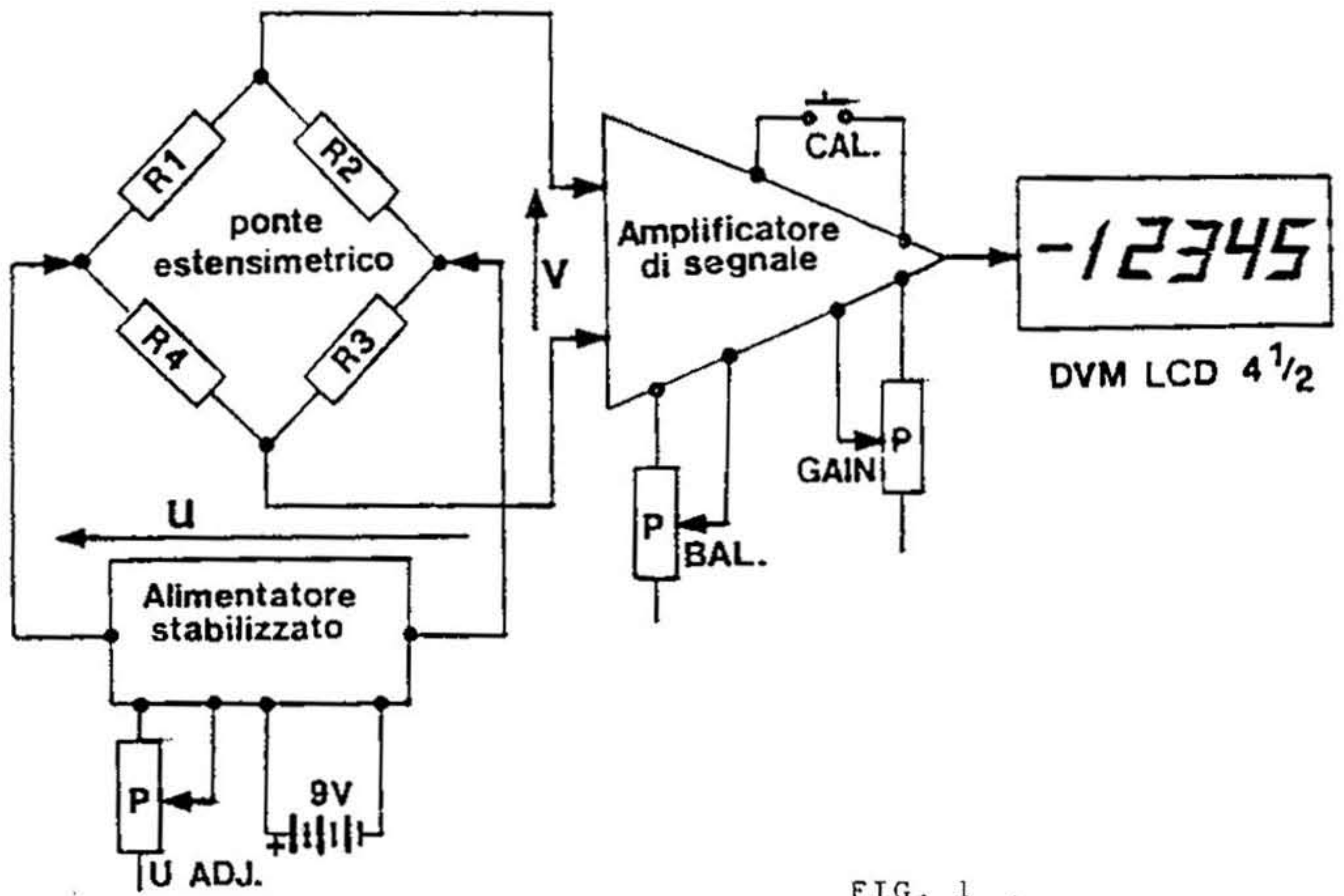
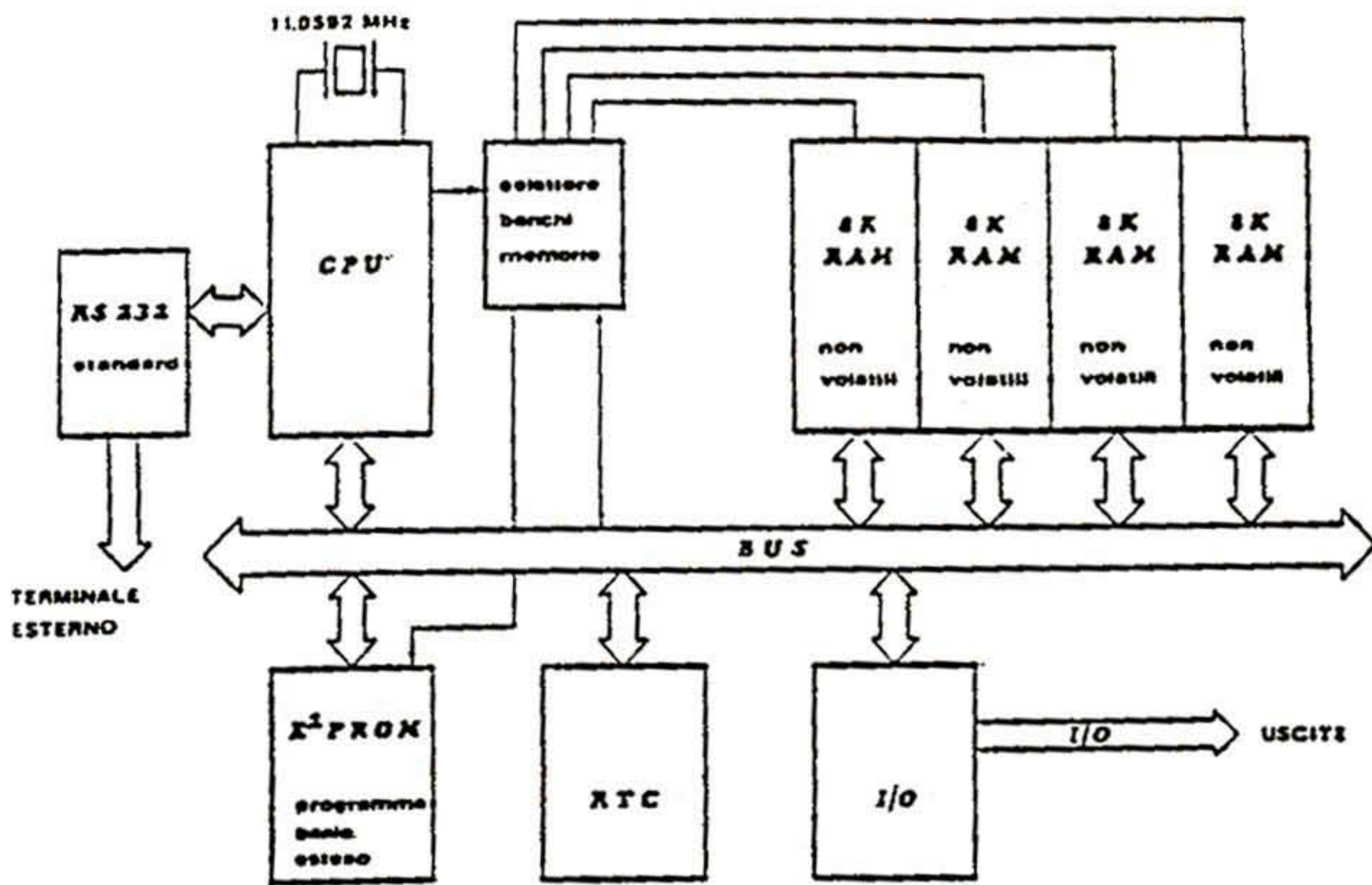


FIG. 1



SCHEDA MICROPROCESSORE

FIG 2

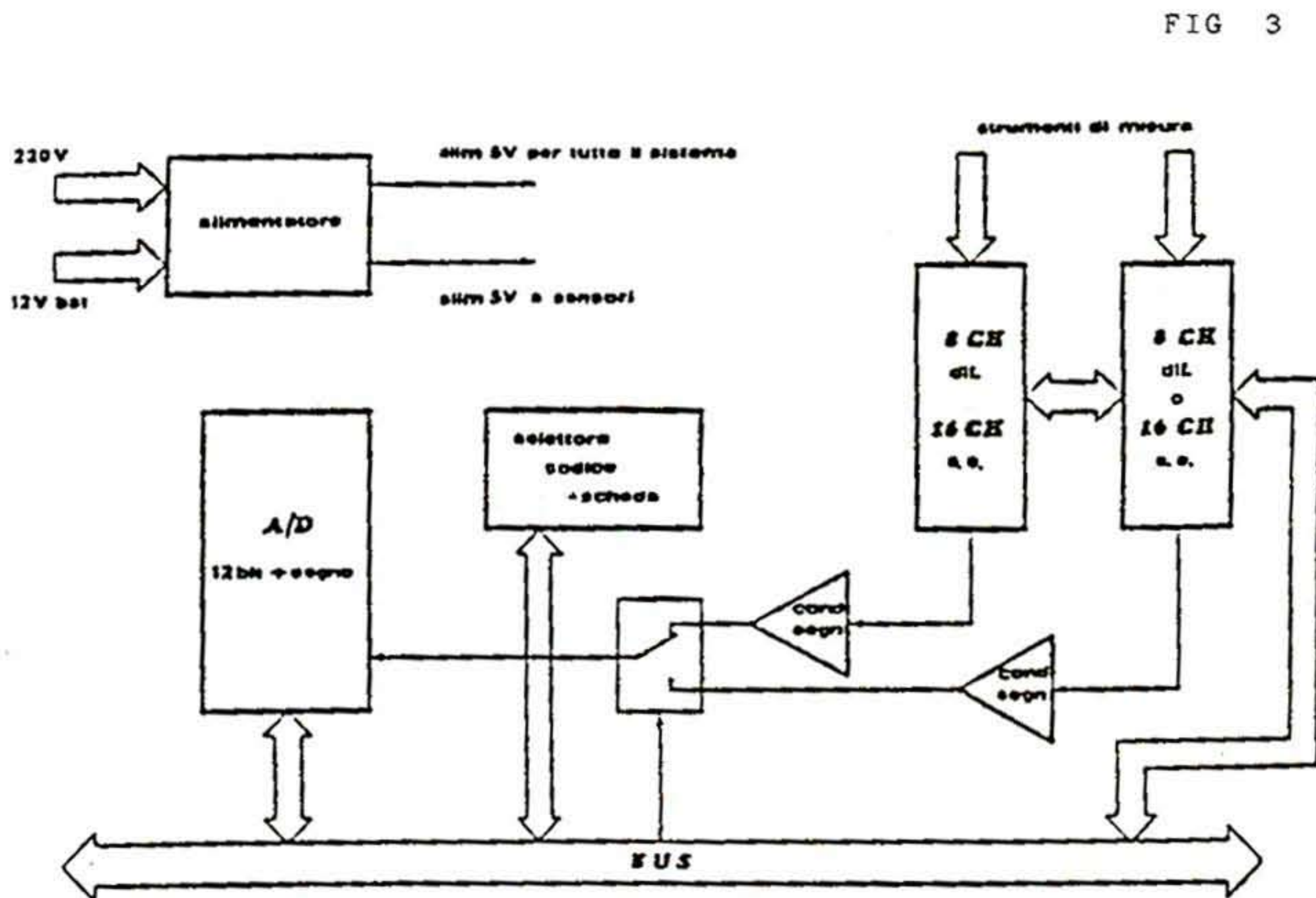


FIG 3