

2° Convegno Nazionale

IL VIVAISMO ORTICOLO

Pietro PICUNO, Giacomo SCARASCIA MUGNOZZA, Giuliano VOX

LA PROGETTAZIONE DI SISTEMI AUTOMATICI DI  
CONTROLLO E REGOLAZIONE DELLE SERRE

Foggia, 2 - 3 - 4 maggio 1991



2° Convegno Nazionale  
**IL VIVAISMO ORTICOLO**

TEMA A.3 - SISTEMI DI REGOLAZIONE E CONTROLLO.

**PICUNO P.** <sup>(1)</sup>, **SCARASCIA MUGNOZZA G.** <sup>(2)</sup>, **VOX G.** <sup>(2)</sup>

- 1) Istituto di Genio rurale e forestale, Università degli Studi della Basilicata - Potenza
- 2) Istituto di Costruzioni rurali, Università degli Studi - Bari

**LA PROGETTAZIONE DI SISTEMI AUTOMATICI DI CONTROLLO E  
REGOLAZIONE DELLE SERRE**

Palazzo dei Congressi - Quartiere Fieristico  
Foggia, 2-3-4 maggio 1991



## LA PROGETTAZIONE DI SISTEMI AUTOMATICI DI CONTROLLO E REGOLAZIONE DELLE SERRE

Picuno P.<sup>(1)</sup>, Scarascia Mugnozza G.<sup>(2)</sup>, Vox G.<sup>(2)</sup>

1) Istituto di Genio rurale e forestale, Università degli Studi della Basilicata - Potenza

2) Istituto di Costruzioni rurali, Università degli Studi - Bari

ABSTRACT: L'esigenza di ottenere produzioni di elevata qualità e disponibili sul mercato nel momento più idoneo ha comportato un notevole incremento nell'allestimento di serre dotate di dispositivi per il controllo del microclima interno; l'evoluzione dell'elettronica in tempi recenti ha condotto all'affermazione di sistemi di controllo automatico di tipo digitale basati sull'utilizzo dei microprocessori grazie alla loro capacità di adattamento alla complessità di gestione del sistema, alla velocità di risposta, alla ormai acquisita elevata affidabilità nonchè alla progressiva diminuzione dei costi.

Allo scopo di valutare l'efficacia dei sistemi di gestione automatizzata degli apprestamenti per colture protette sono state esaminate alcune aziende pugliesi dotate di elaboratori elettronici per la regolazione ed il controllo del microclima delle serre; dall'esame delle diverse architetture dei sistemi impiegati e del grado di utilizzo da parte degli operatori derivano considerazioni circa la necessità di una progettazione tanto della componente hardware che di quella software che tenga conto delle specifiche peculiarità degli apprestamenti protetti.

### 1. INTRODUZIONE

Gli apprestamenti protetti rappresentano un ideale campo di applicazione dei sistemi di gestione basati sull'utilizzo di elaboratori elettronici in virtù della limitata inerzia termica e, quindi, della velocità di risposta all'azionamento degli impianti di regolazione del microclima interno.

Grazie a tale prerogativa, oltre che ai migliori risultati produttivi ottenibili rispetto alle soluzioni tradizionali e ad una crescente disponibilità di componenti elettronici di elevata affidabilità a basso costo, si è andata registrando negli ultimi anni una diffusione sempre più consistente nell'impiego di computers per il controllo e la regolazione automatica delle serre (6), (14).

L'ampia differenziazione produttiva e tecnologica esistente nell'ambito delle colture protette richiede un diverso grado di informatizzazione dei processi produttivi, per cui si possono sinteticamente identificare tre fasce di utenza:

- ) a bassa tecnologia, quali la gran parte delle colture orticole e le floricole microterme;
- ) a media tecnologia, quali le colture orticole più pregiate, le floricole da fiore reciso e le microterme da vaso;

-) ad alta tecnologia, quali la gran parte di colture di specie da vaso e le attività vivaistiche e di propagazione.

E' in quest'ultima fascia che si riscontrano attualmente le applicazioni informatiche, senza peraltro escludere che in futuro anche le prime due categorie di utenza possano impiegare soluzioni innovative commisurate alla loro realtà tecnico-economica.

A seguito dell'affermazione commerciale dei componenti elettronici nei molteplici settori dell'attività produttiva si è peraltro riscontrata, attraverso l'analisi di alcune serre automatizzate, la tendenza alla realizzazione di sistemi per la gestione degli apprestamenti per colture protette non concepiti allo scopo specifico; appare quindi importante stabilire criteri di progettazione dei sistemi di controllo automatico delle serre, tanto per la parte software che per quella hardware.

Inoltre a causa dell'importanza rivestita dal microprocessore quale componente fondamentale del sistema elettronico, appare necessario esaminarne i principali costituenti e le caratteristiche che essi devono avere nel caso di utilizzo per un sistema automatico di controllo e gestione di serre.

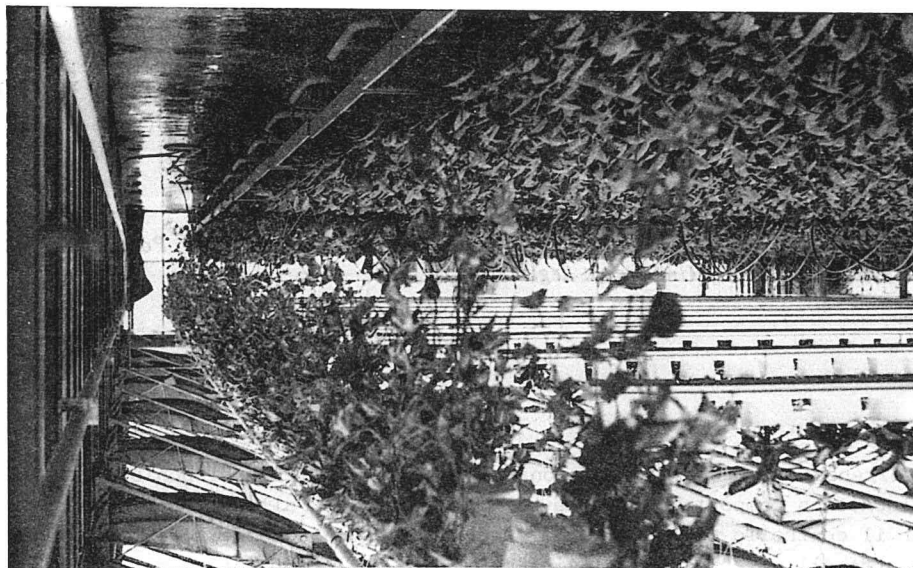


Fig. 1 : Vista interna di una serra automatizzata per la produzione di piante ornamentali.

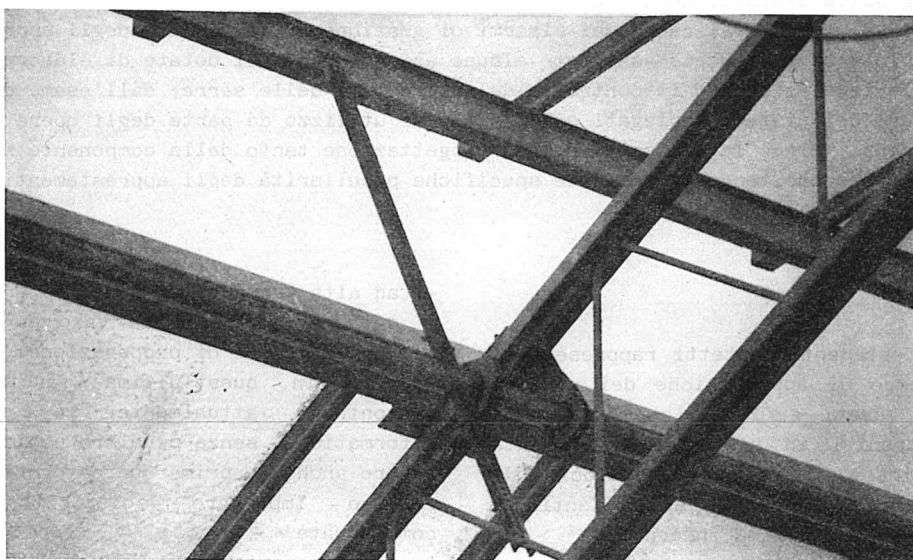


Fig. 2 : Meccanismi di apertura e chiusura delle sportellature laterali.



Fig. 3 : Teli interni di ombreggiamento e schermo termico.

## 2. ANALISI DELLE REALIZZAZIONI DI SERRE AUTOMATIZZATE IN PUGLIA

Allo scopo di esaminare criticamente l'effettivo utilizzo dei sistemi di controllo delle serre mediante elaboratori elettronici, è stata condotta un'indagine su diverse aziende serricole pugliesi dotate di un sistema computerizzato.

### 2.1. Rilievi effettuati

Le aziende interessate sono localizzate nelle Province di Bari e Foggia e riguardano produzioni floricole (fig.1) ed ortovivaistiche; esse sono tutte dotate dei principali impianti: riscaldamento, ventilazione naturale tramite sportellature motorizzate laterali e di colmo (fig.2), raffrescamento mediante filtri evaporativi o impianto di nebulizzazione, irrigazione e, in molti casi, ombreggiamento con teli esterni o schermi termici interni (fig.3), concimazione carbonica ed illuminazione artificiale.

I sistemi di gestione automatizzata riscontrati, tutti differenti tra loro, impiegano architetture di sistemi informatici molto diverse, che si possono schematizzare come segue:

- ) un unico elaboratore, dotato di software avente scarsa accessibilità da parte dell'utente, cui afferiscono le informazioni dai sensori e da cui partono i comandi verso gli attuatori degli impianti;
- ) sistemi organizzati su diversi livelli funzionali con una serie di processori di controllo, ciascuno dedicato alla gestione di una sottostazione (una o più serre), asserviti ad un'unica unità centrale che raccoglie le informazioni provenienti dai singoli elaboratori periferici e dai sensori esterni ottenendo un monitoraggio centralizzato della situazione di tutta l'azienda;
- ) configurazioni costituite da una o più unità periferiche dislocate in contiguità agli apprestamenti protetti, che raccolgono i dati climatici interni ed esterni e regolano gli impianti autonomamente sulla base dei parametri impostati dall'operatore. La gestione del software di regolazione e controllo può avvenire direttamente tramite le unità periferiche o attraverso un personal computer ubicato in posizione remota rispetto alle serre, con cui le unità periferiche sono collegate, e mediante il quale l'operatore può anche organizzare archivi di dati storici per una serie di

parametri climatici e colturali ed effettuare un controllo a distanza delle condizioni di funzionamento delle diverse unità produttive.

Allo scopo di rilevare alcuni dati sperimentali che consentano un'analisi dell'effetto che la regolazione automatica dei teli di schermo interno ha sul terreno, in una serra per floricoltura con copertura in vetro (10) localizzata in provincia di Bari e dotata di quest'ultimo tipo di sistema di controllo e regolazione, sono state disposte delle sonde PT100 per il rilievo delle temperature a diverse profondità nel terreno interno alla serra (1, 5, 10, 50 cm) ed esterno (1, 10 cm). I valori di temperatura dell'aria interna ed esterna e della radiazione globale incidente sono stati rilevati rispettivamente mediante sonde PT100 e un solarimetro Kipp & Zonen. I dati sono stati acquisiti con scansioni orarie attraverso un data-logger PHILIPS PR2011 e registrati su nastro.

### 2.2. Risultati e discussione

Dall'esame dei diagrammi di figg. 4, 5, 6 si può evincere l'effetto di stabilizzazione che la regolazione automatizzata degli impianti e l'azionamento dei teli ombreggianti ha sul valore di temperatura del terreno, particolarmente importante per un corretto sviluppo dello apparato radicale delle colture. Infatti, facendo riferimento al mese di novembre 1990, i livelli termici del terreno interno alle profondità di 1 e 10 cm sono risultati superiori a quelli delle corrispondenti profondità del terreno esterno rispettivamente di 7,6°C e 7,0°C, per quanto riguarda i valori medi, con punte massime di 11,6°C e 9,5°C, con evidenti benefici in termini di forzatura e di produzione. Inoltre si può osservare come la regolazione automatizzata ha prodotto variazioni molto limitate intorno al valore ottimale preimpostato di temperatura dell'aria interna nel periodo notturno.

Al di là dei risultati ottenuti dai rilievi sperimentali condotti si è notato, per quanto riguarda i sistemi informatici esaminati, un diffuso interesse da parte degli operatori verso le potenzialità offerte da tale tipo di realizzazioni e le prestazioni produttive che attraverso di essi si riesce a raggiungere. A tale interesse, tuttavia, corrispondono dei risultati in termini di grado di utilizzo che non appaiono adeguati agli sforzi compiuti dai serricoltori per dotarsi di moderne

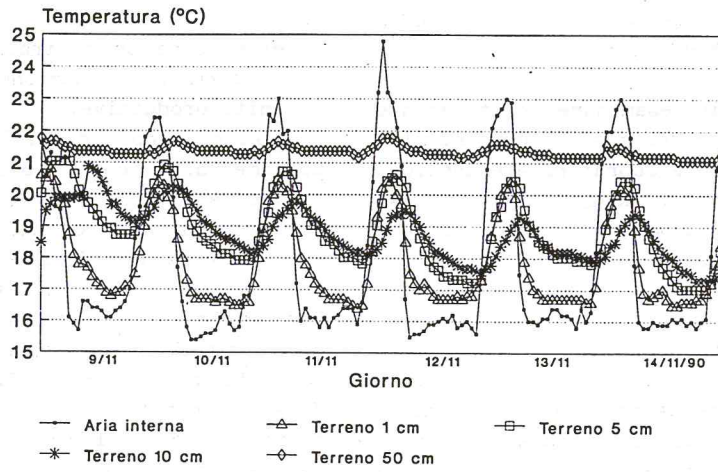


Fig. 4 : Valori di temperatura dell'aria interna alla serra e degli strati di terreno alle profondità 1, 5, 10 e 50 cm per il periodo 9-14/11/90 in una serra automatizzata in provincia di Bari.

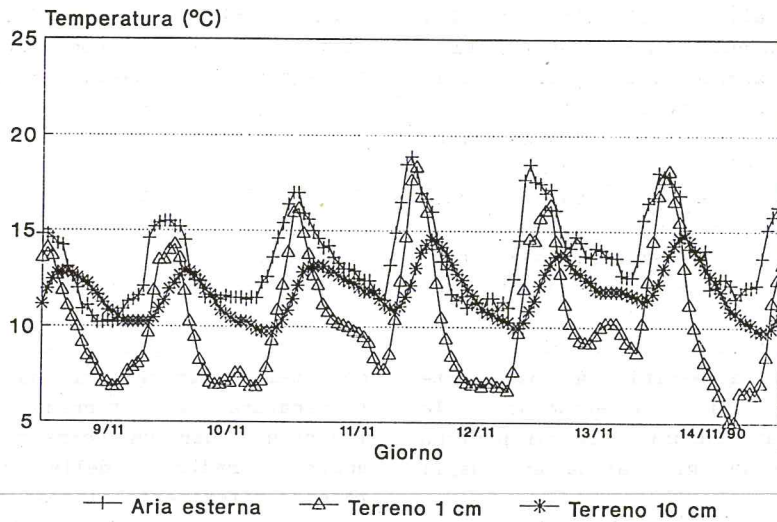


Fig. 5 : Valori di temperatura esterna e degli strati di terreno esterno alle profondità 1 e 10 cm per il periodo 9-14/11/90 in una serra automatizzata in provincia di Bari.

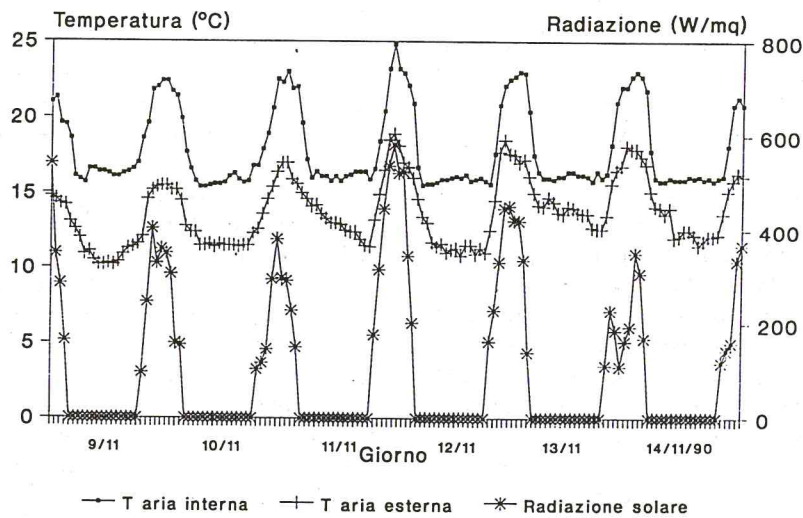


Fig. 6 : Valori della radiazione solare e delle temperature dell'aria esterna ed interna ad una serra automatizzata in provincia di Bari relativamente al periodo 9-14/11/90.



tecnologie di gestione.

Nel caso di alcune aziende, infatti, l'insufficiente accessibilità della interfaccia utente-computer è tale da determinare una sottoutilizzazione del sistema automatizzato ridotto, ad esempio, a svolgere una funzione limitata alle sole operazioni di semplice comando per l'accensione e spegnimento degli impianti.

E' stato rilevato, inoltre, che spesso il computer non viene attivato per il monitoraggio dello stato degli impianti nè per la valutazione dei consumi energetici; vengono regolati e correlati solo alcuni parametri, trascurando varie funzioni quali l'irrigazione, la fertirrigazione, la concimazione carbonica, ecc.; la memorizzazione negli archivi storici dei dati meteorologici, microclimatici, produttivi e commerciali viene effettuata solo raramente senza alcuna ricaduta sulla politica aziendale.

In altri casi, addirittura, si è giunti alla decisione dell'operatore di disattivare l'impianto di regolazione automatica e ritornare alla gestione manuale, con una pressochè totale rinuncia alle possibilità offerte dal sistema a causa di una carente assistenza tecnica e della inadeguatezza dell'impianto alla situazione specifica dell'azienda serricola.

Sulla scorta di tali considerazioni, si deve dedurre che la progettazione dei sistemi informatici per il controllo e la gestione delle serre va effettuata in base ad un'approfondita conoscenza delle problematiche peculiari degli apprestamenti protetti, e non basandosi su un mero assemblaggio di componenti elettronici di largo utilizzo.

Esigenza prioritaria in tale fase progettuale dovrebbe essere la correlazione di tutti i parametri microclimatici e culturali, allo scopo di consentire una gestione dell'apprestamento protetto che sia razionale e basata su un rapporto fortemente interattivo tra il computer e l'operatore serricolo, attraverso un frequente scambio di informazioni tra i due ad un livello di complessità non eccessivo per gli operatori agricoli, che consenta a questi ultimi di poter anche facilmente intervenire nei programmi di gestione inserendo proprie valutazioni, circa lo stato delle colture, molte volte frutto di un'esperienza maturata negli anni.

### 3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DI SISTEMI DI CONTROLLO AUTOMATICO

Lo studio dei sistemi di controllo e regolazione del microclima interno delle serre rientra nella più generale categoria dei controlli automatici (8).

Nel caso degli apprestamenti protetti, il sistema da controllare è caratterizzato da grandezze fisiche variabili nel tempo (13),(14); di esse quelle dipendenti (temperatura ed umidità relativa dell'aria interna, luminosità interna ecc.) assumono valori che sono funzione di quelle indipendenti (energia erogata dall'impianto di riscaldamento, stato dell'impianto di ombreggiamento ecc.) al variare dei parametri caratterizzanti la situazione esterna (condizioni meteorologiche).

Il sistema serra è pertanto schematizzabile come illustrato in fig. 7. Sulla base di tale schematizzazione, il sistema può venire rappresentato attraverso un modello matematico che consenta di descrivere l'andamento nel tempo delle variabili dipendenti in funzione delle variabili indipendenti e dei parametri climatici esterni.

Diversi Autori (1),(3),(12) hanno proposto algoritmi matematici in grado di descrivere l'insieme dei meccanismi di scambio energetico che avvengono nel sistema serra, tanto in condizioni diurne che notturne. L'introduzione di un software articolato anche mediante un modello matematico (7) consente al sistema un funzionamento ispirato a criteri previsionali di gestione; così facendo il sistema potrebbe modulare l'intervento degli impianti consentendone un funzionamento più razionale, dando luogo a risparmi di energia, segnalando situazioni anomale e, in definitiva, contribuendo ad un'ottimizzazione nella gestione dell'apprestamento protetto.

L'utilizzo di tali formulazioni può essere di ausilio (10),(14) per una progettazione razionale dell'apparato di controllo e regolazione dell'apprestamento protetto.

In sede di scelta del sistema di controllo, si presentano due possibilità (8):

- controllo in azione diretta;
- controllo in retroazione.

Nel caso degli apprestamenti protetti, un controllo in azione diretta non appare opportuno, poichè in esso il valore delle variabili in ingresso al sistema (stato degli impianti) viene determinato sulla base di scelte preventivamente effettuate e senza alcuna relazione con il valore assunto dalle variabili sotto controllo (temperatura ed umidità relativa dell'aria interna,

luminosità, ecc.).

Con l'adozione di un controllo in retroazione, invece, i valori delle variabili in ingresso vengono condizionati dai valori di quelle in uscita attraverso il cosiddetto anello chiuso di retroazione (fig.8).

In tale situazione, il compito del sistema di regolazione è quello di verificare se l'uscita Y segue l'andamento voluto (per esempio si può richiedere che l'uscita Y sia proporzionale al segnale di riferimento R), ed in relazione allo scostamento di Y dal valore atteso, il regolatore agisce sull'ingresso del sistema X in modo da riallineare l'uscita sul valore fissato.

In tale maniera, la verifica continua dell'uscita permette al sistema di adattarsi alle condizioni continuamente mutevoli dei parametri climatici esterni; il problema dell'instabilità, ossia della possibilità che il sistema di controllo possa tendere a non convergere verso le condizioni desiderate, caratteristico del controllo in retroazione (8), può essere superato una volta noto il modello matematico rappresentativo del sistema serra, attraverso la scelta del regolatore adatto.

I sistemi di controllo degli apprestamenti protetti sono stati sino ad oggi realizzati sulla base del criterio di retroazione; ai primi sistemi, di carattere analogico, si sono sostituiti in tempi più recenti dispositivi utilizzando componenti digitali, grazie alla migliore capacità di questi ultimi di adattarsi a condizioni di funzionamento caratterizzate da variazioni parametriche anche brusche e di notevole entità (5),(13).

Di conseguenza, a tutt'oggi, nel controllo e nella gestione degli apprestamenti protetti si tende ad impiegare sistemi retroazionati a componenti digitali.

D'altra parte, la richiesta sempre più diffusa di sistemi di controllo e gestione per apprestamenti protetti, può determinare l'introduzione di dispositivi scelti non in base ad una più generale impostazione progettuale ma semplicemente ottenuti assemblando componenti di larga disponibilità sul mercato, caratterizzati da prestazioni non rigorosamente finalizzate all'utilizzo specifico.

Nel caso, per esempio, di un sistema di controllo con catena di retroazione, il costruttore potrebbe pensare che si possa anche procedere semplicemente assemblando un blocco di acquisizione, un dispositivo di rilevazione dell'uscita ed un gruppo di regolazione di cui si conoscono le prestazioni in quanto applicato su un qualsiasi altro sistema.

Questo modo di procedere potrebbe in realtà anche sortire effetti positivi, però nello stesso tempo presenta in sé dei vizi di progetto che possono, in condizioni particolari di funzionamento, produrre effetti deleteri sul sistema controllato, quali frequenti casi di instabilità.

In effetti il progetto del sistema di controllo andrebbe effettuato tenendo ben presente il sistema serra nel suo comportamento complessivo, la stabilità del sistema, l'eventuale margine di errore che può essere ammesso; tutto ciò richiede naturalmente uno sforzo progettuale non indifferente se si fa riferimento alla natura continuamente variabile del sistema in oggetto.

Per un'appropriata scelta dell'hardware dei sistemi informatici per serre ci si deve orientare verso complessi basati sul microprocessore, grazie alla sua versatilità ed affidabilità.

### 3.1. I sistemi a microprocessore

L'esigenza di adattarsi a situazioni differenti in tempo reale, tenendo conto contemporaneamente di un gran numero di parametri, ha portato alla realizzazione di apparati "intelligenti", aventi il microprocessore come componente fondamentale del sistema di fig.9.

#### 3.1.1. Il microprocessore (o CPU)

Il microprocessore, o CPU, è un circuito integrato (2), (4) che esplica la funzione di comando e gestione del sistema di fig.9.

Esso elabora (2) il programma implementato in memoria ed organizza il flusso di dati in ingresso ed in uscita dal sistema, tutto tramite la generazione di una serie di segnali di controllo e temporizzazione.

I parametri che caratterizzano le capacità di un microprocessore sono sostanzialmente il numero di bit del dato che esso tratta (parallelismo), la velocità di elaborazione e la capacità di indirizzamento.

Soffermandosi in particolare sul parallelismo del microprocessore, si può affermare che la scelta della lunghezza di parola e, quindi, della CPU da utilizzare dipende dalla precisione richiesta e dal tipo di dati da trattare.

Nel campo dei controlli delle serre si è fatto uso, anche in complessi dispositivi di controllo e gestione, di sistemi utilizzando microprocessori ad 8 bit (11); più

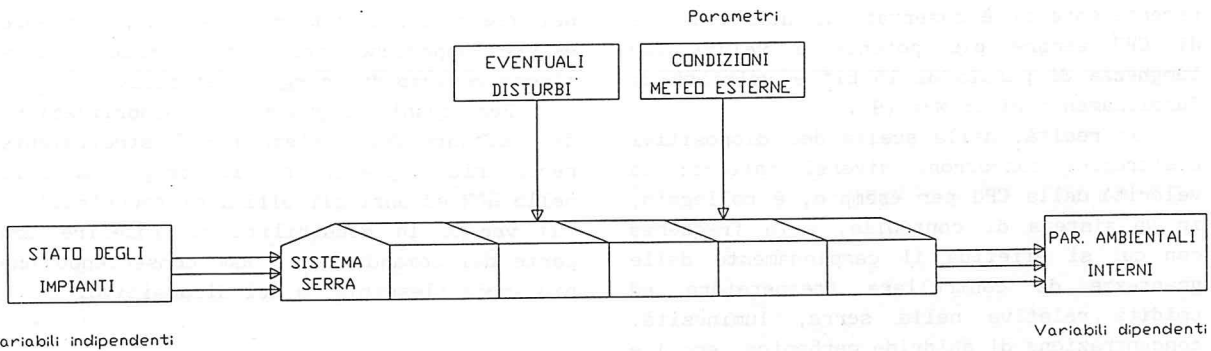


Fig. 7 : Schema funzionale del sistema serra per la gestione automatizzata dei parametri micro climatici.

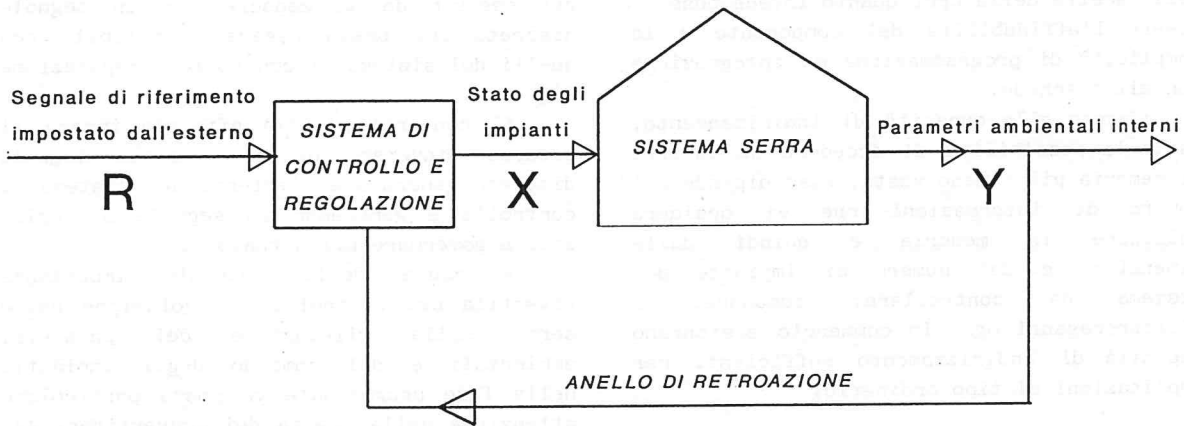


Fig. 8 : Schema di controllo in retroazione.

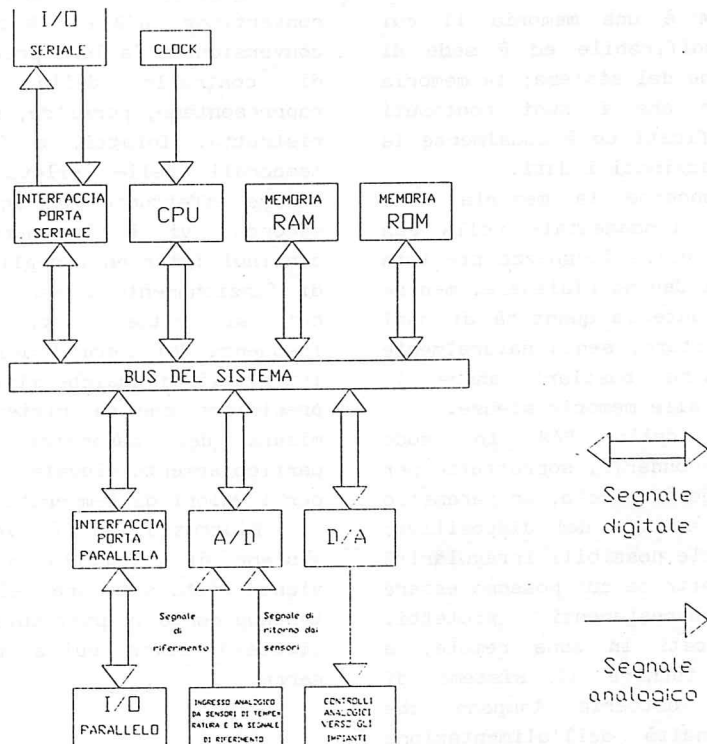


Fig. 9 : Struttura del sistema a microprocessore.

recentemente si è osservata la utilizzazione di CPU sempre più potenti e veloci con lunghezza di parola di 16 bit e velocità di funzionamento di 16 MHz (9).

In realtà, nella scelta dei dispositivi elettronici concorrono diversi fattori; la velocità della CPU per esempio, è collegata, in un sistema di controllo, alla frequenza con cui si effettua il campionamento delle grandezze da controllare (temperatura ed umidità relativa nella serra, luminosità, concentrazione di anidride carbonica, ecc.) e naturalmente con cui si comandano gli attuatori. Date le inerzie di funzionamento del sistema serra, la velocità non appare una caratteristica particolarmente importante nella scelta della CPU, quanto invece possono essere l'affidabilità del componente e la semplicità di programmazione ed integrazione con altre schede.

Quanto alla capacità di indirizzamento, ossia la possibilità di accedere ad un'area di memoria più o meno vasta, essa dipende dal numero di informazioni che si desidera collocare in memoria e quindi dalle dimensioni e dal numero di impianti del sistema da controllare; comunque, i microprocessori oggi in commercio assicurano capacità di indirizzamento sufficienti per applicazioni di tipo ordinario.

### 3.1.2. Le memorie ROM e RAM

La memoria ROM è una memoria il cui contenuto non è modificabile ed è sede di programmi di gestione del sistema; la memoria RAM è invece tale che i suoi contenuti possano essere modificati ed è usualmente la sede ove sono immagazzinati i dati.

Per quanto concerne la memoria ROM, perciò, un fattore fondamentale nella sua scelta è costituito dalla lunghezza prevista dei programmi che vi devono risiedere, mentre per la RAM è importante la quantità di dati che essa deve supportare, senza naturalmente dimenticare che sono basilari anche le velocità di accesso alle memorie stesse.

Nella scelta della RAM in modo particolare non è secondario, soprattutto per applicazioni in campo serricolo, un parametro come il consumo di energia del dispositivo; infatti, a causa delle possibili irregolarità di alimentazione elettrica cui possono essere soggetti gli apprestamenti protetti, soprattutto se ubicati in zone remote, è sempre necessario fornire il sistema di controllo di una batteria tampone che assicuri la continuità dell'alimentazione anche in presenza di cadute nella rete principale. Pertanto, per consentire economie

nei costi delle batterie tampone, potrebbe essere opportuno orientarsi verso RAM a minore consumo di energia elettrica.

Per quanto riguarda la memorizzazione del software del sistema non è strettamente necessario implementare il programma solo nella ROM ed anzi gli ultimi microcontrollori (9) vedono la possibilità di inserire una parte dei comandi nella RAM consentendo una più ampia flessibilità del dispositivo.

### 3.1.3. I convertitori A/D e D/A

Il convertitore A/D consente di convertire un segnale analogico, proveniente per esempio da un sensore, in un segnale discreto che possa essere compatibile con quelli del sistema di controllo e regolazione digitale.

Il convertitore D/A effettua invece il processo inverso, partendo da un segnale discreto generato all'interno del sistema di controllo e generando un segnale analogico atto a governare gli attuatori.

A causa della notevole importanza rivestita nel controllo e regolazione delle serre dalla rilevazione dei parametri ambientali e dal comando degli impianti, nella fase progettuale va posta particolare attenzione nella scelta dei convertitori A/D e D/A, oltre che dei sensori e degli attuatori ad essi collegati.

Parametri caratteristici dei convertitori A/D e D/A sono la velocità di conversione e la loro precisione; nei sistemi di controllo delle serre, esse non rappresentano, peraltro, una specifica troppo ristretta. Infatti, a fronte di scansioni temporali delle rilevazioni che possono essere effettuate con intervalli di qualche secondo, vi è la necessità di evitare continui interventi degli impianti con tempi di funzionamento e stacco molto brevi, per cui si ritiene opportuno regolare la frequenza dei comandi agli attuatori secondo intervalli di qualche minuto; al contempo, la precisione che si ritiene necessaria nella misura dei parametri ambientali non è particolarmente elevata (ad esempio  $\pm 0,1$  °C per i valori di temperatura).

Piuttosto, ad un elemento centrale del sistema di controllo come il convertitore viene richiesta una elevata affidabilità tenendo conto in particolare delle condizioni limite di lavoro cui si può giungere in una serra.

#### 3.1.4. Il BUS del sistema

Il BUS del sistema rappresenta il canale attraverso cui i vari componenti del sistema si scambiano informazioni; ad esso sono connesse la CPU, i due convertitori A/D e D/A e le memorie RAM e ROM.

Sul BUS del sistema possono essere connessi inoltre molti altri dispositivi come per esempio interfacce atte a governare terminali stampanti o video, a ricevere comandi da tastiera, a connettere componenti quali multiplexer o ad inviare dati ad altre unità, caratteristica quest'ultima di particolare importanza nel caso di insediamenti serricoli con elevato grado di diversificazione produttiva.

#### 4. CONCLUSIONI

La scelta del sistema automatico di controllo e regolazione delle serre va condotta secondo precisi criteri di progettazione del software e dell'hardware, effettuando una selezione dei singoli componenti elettronici, la cui disponibilità e la cui gamma di scelta sul mercato sono diventate abbastanza ampie.

Sulla scorta dell'esperienza acquisita, a seguito di un'analisi condotta su alcune aziende serricole pugliesi dotate di sistema automatico di gestione, si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- ) l'utilizzo del microprocessore in qualità di componente fondamentale del sistema non è in sé sufficiente a garantire una continuità di funzionamento del complesso serricolo secondo le condizioni desiderate; occorre che esso venga progettato in base a criteri che tengano conto del particolare comportamento della serra;
- ) in particolare, nella scelta del microprocessore o delle unità di conversione A/D e D/A, una elevata velocità di funzionamento non appare costituire una caratteristica particolarmente significativa quanto invece possono essere la loro affidabilità e durata nel tempo;
- ) capacità di indirizzamento della CPU e dimensioni delle memorie ROM e RAM appaiono delle caratteristiche che possono essere significative, nel caso degli apprestamenti protetti, particolarmente se i sistemi automatici hanno la funzione, oltre che di regolazione degli impianti, anche di memorizzare e correlare una serie di dati (climatici, colturali, di

programmazione commerciale, ecc.);

- ) come sperimentato in situazioni reali, non va trascurato il problema dell'alimentazione di tutti i componenti; trattandosi di strumentazioni estremamente sensibili agli sbalzi di tensione e alle correnti vaganti e trovandosi solitamente ad operare in condizioni termoisometriche svantaggiose, va posta grande cura nella stabilizzazione dell'alimentazione, nella protezione di tutti i componenti, nella messa a terra di tutte le apparecchiature e nella dotazione di batterie tampone capaci di assicurare una continuità di funzionamento;
- ) quanto mai interessante appare la possibilità di introdurre, nei programmi di gestione dell'apprestamento protetto, un modello matematico in grado di effettuare previsioni sul comportamento microclimatico della serra, in modo da ottenere un funzionamento più razionale degli impianti, consentire risparmi energetici e ricevere messaggi di allarme nell'evenienza di anomalie o malfunzionamenti;
- ) nella scelta dell'hardware e del software, in definitiva, occorre l'intervento qualificato di uno specialista del settore agricolo più in generale e serricolo in particolare, non potendo affidare le soluzioni progettuali ad un semplice trasferimento di tecnologie acquisite in altri comparti produttivi; ciò potrà evitare, in futuro, gli insuccessi che sono stati riscontrati nelle prime applicazioni di tali sistemi innovativi nella gestione automatica degli apprestamenti per colture protette.

-----  
Il contributo all'impostazione ed allo svolgimento del lavoro va suddiviso in maniera paritetica tra gli Autori.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) Avissar, R & Y. Mahrer 1982. Verification study of a numerical greenhouse microclimate model. Transactions of the ASAE. 6:1711-1720.
- 2) Baranzini, R., D. Capezzuto & G. Dugnani 1986. Sistemi a microprocessore. Milano: Hoepli.
- 3) Garzoli, K.V. & J. Blackwell 1981. An analysis of the nocturnal heat loss from a single skin plastic greenhouse. Journal of Agr. Eng. Res. 26:203-214.
- 4) Greco, G. & C. Mazzucco 1988. Elettronica e microprocessori. Bologna: Patron.

- 5) Hooper, A.W. & P.F. Davis 1985. Control of greenhouse air temperature with an adaptive control algorithm. *Acta Horticulturae*. 174:407-412.
  - 6) Manera, C., G. Scarascia Mugnozza & P. Damiani 1988. La gestione automatizzata degli impianti per il controllo del microclima delle serre. *Colture Protette*. 8:87-94.
  - 7) Manera, C., P. Picuno & G. Scarascia Mugnozza 1989. Studio di un modello matematico previsionale del microclima notturno nelle serre con singolo strato di copertura. *Colture Protette*. 10:81-88.
  - 8) Marro, G. 1984. Controlli automatici. Bologna: Zanichelli.
  - 9) Miller, A.R., M. Kornick, E. Ceruti, J. Ben-Zvi & Y. Shaik 1990. Un processore monolitico multiprotocollo. *Elettronica oggi*. 110:71-78.
  - 10) Scarascia Mugnozza, G. & P. Picuno 1991. L'automazione delle serre: rilievi sperimentali su realizzazioni attuali e criteri previsionali di gestione. *Colture Protette*. 2:139-144.
  - 11) Sottovia, D. 1989. I vantaggi della automazione nelle serre. *L'Informatore Agrario*. 20:61-69.
  - 12) Takakura, T. 1989. Climate under cover. Dept. of Ag. Eng. University of Tokyo.
  - 13) Tantau, H.J. 1985. Analysis and synthesis of climate control algorithms. *Acta Horticulturae*. 174:375-380.
  - 14) Udink ten Cate, A.J. 1985. Advances in greenhouse climate control. *Acta Horticulturae*. 174:361-363.
-