

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-82/18(R)
10 Marzo 1982

S. Bartalucci, S. Guiducci e M.A. Preger :
IL NUOVO SISTEMA DI CONTROLLO DI ADONE.

S. Bartalucci, S. Guiducci e M.A. Preger :
IL NUOVO SISTEMA DI CONTROLLO DI ADONE.

INTRODUZIONE.

Il sistema di controllo di Adone mediante calcolatore è stato profondamente rinnovato, sia dal punto di vista delle innovazioni e dei miglioramenti apportati all'hardware, sia soprattutto da quello del software, che è stato rielaborato su basi completamente nuove. Ne è risultato un sistema di controllo che, pur ponendosi nella linea tradizionale dei sistemi dedicati a piccole macchine acceleratrici, rappresenta una valida esperienza da utilizzare per futuri possibili sviluppi in questo campo a Frascati.

Il sistema è incentrato su di un minicomputer HP 1000 della serie M, con sistema operativo RTEIVb che coordina i programmi di controllo e funziona da interfaccia tra questi e l'hardware. Nella prima sezione saranno illustrate le esigenze che ci hanno spinto a questo lavoro e le motivazioni delle scelte fatte. Nella seconda sarà illustrata più in dettaglio la struttura hardware e quella precedente all'introduzione del nuovo sistema operativo. Nella terza sezione verrà illustrata l'architettura del software e le funzioni che essa svolge. Infine si accennerà rapidamente agli sviluppi su tempi brevi del sistema attuale.

1. - NECESSITA' DEL SISTEMA DI CONTROLLO DI ADONE E NUOVE ESIGENZE.

Il sistema di controllo di Adone era stato progettato in origine per essere operato manualmente, e solo dopo che la macchina era già entrata in funzione si era sentita l'urgenza di un controllo computerizzato⁽¹⁾. Il requisito primario era quindi una notevole flessibilità ed interattività, in modo da poter mantenere i vantaggi del controllo manuale, acquisendo al tempo stesso le caratteristiche di semplicità e rapidità del controllo automatico. Dato poi che non

vi erano esigenze nè di tempi di risposta molto brevi, nè di multiprogrammazione, nè di gestione di grosse quantità di dati, la scelta era caduta su di un minicalcolatore HP 2116B con soli 8 K di memoria (a quei tempi molto costosa), un disco da 2.5 Mbyte e le periferiche di I/O più comuni (Teletype, Paper Tape Reader, Tape Puncher), su cui era implementato un BASIC Interpreter, con routines ASSEMBLER dedicate alle varie funzioni di controllo. Le unità periferiche di controllo della macchina erano un CRT storage con una tastiera alfanumerica per inviare informazioni al computer, una bottoniera per la selezione dei programmi operativi principali, ed un'altra bottoniera per la selezione dei parametri significativi della macchina (energia, frequenze di betatrone, correnti delle bobine di correzione, etc.) e la loro regolazione fine.

La maggior parte delle funzioni di controllo erano svolte da un sistema modulare di acquisizione e trasmissione dati⁽²⁾, comunicante con il computer tramite un BUS esteso a tutta la sala controllo di Adone. Questo sistema, nato prima del CAMAC, supporta vari moduli (DAC, I/O di segnali digitali, ADC, contatti per lettura tensioni, etc.) che si indirizzano in maniera molto simile al CAMAC. In seguito si rese necessario sostituire l'unità centrale ed il disco con due elementi più moderni (HP 2112B della serie 1000 con 64 K di memoria in seguito portati a 128 K e disco HP 7900A da 5 Mbytes). Nessuna modifica era stata apportata all'hardware, nè al software, che era perfettamente compatibile.

Le principali limitazioni di quest'ultima soluzione scaturivano dalle limitate possibilità offerte dall'Interpreter BASIC, che poteva accedere solo ai primi 32 K di memoria e non era dotato dei drivers necessari per la connessione al computer di nuovi strumenti (come ad esempio un voltmetro di precisione o un plotter). Inoltre la mancanza della multiprogrammazione avrebbe reso problematico il controllo contemporaneo di Adone e del Linac.

E' chiaro che a questo punto il ruolo del software di base diveniva fondamentale, sia per ottimizzare la gestione dell'I/O, sia per migliorare in tutti i sensi la programmazione. Le possibilità erano essenzialmente due: comprare un nuovo calcolatore HP della stessa serie, compatibile con quello esistente, su cui sviluppare il nuovo package di programmi di controllo senza interferire con il funzionamento della macchina, oppure comprare solo il software ed il terminale necessario allo sviluppo dei programmi, cercando di rendere più graduale possibile il passaggio dal vecchio al nuovo sistema. Una terza possibilità, quella di sostituire completamente il sistema, sia hardware che software, con uno più moderno, marcatamente orientato al controllo di processo ed all'acquisizione dati (ad esempio un PDP 11 con uso estensivo del CAMAC), è apparsa irrealizzabile per l'alto costo e soprattutto per la mancanza di personale che vi lavorasse a tempo pieno.

Si è visto in seguito che il sistema fornito dalla Hewlett-Packard (RTEIVb) consentiva una flessibilità sufficiente per lavorare con qualsiasi configurazione di I/O ed i tempi morti per il passaggio dal vecchio al nuovo sistema erano minimi, cosicchè era possibile utilizzare anche brevi interruzioni del normale funzionamento di Adone. Inoltre era previsto, a par-

tire dalla primavera del 1981 uno shut-down abbastanza lungo da permettere di lavorare con tranquillità. Perciò la scelta più naturale è apparsa quella di comprare solo il software con il terminale, riservandosi di estendere l'hardware in tempi successivi.

Le principali caratteristiche del nuovo sistema operativo, che permette l'adeguamento alle nuove esigenze del controllo di Adone sono:

- a) La possibilità di multiprogrammazione, che permette di tenere in attività un gran numero di programmi contemporaneamente (ora fino ad un massimo di 100).
- b) L'opzione di time-slicing, che permette di ripartire il tempo di CPU tra più programmi, regolandosi su di una base di priorità e permettendo il lavoro di editing e di compilazione in parallelo all'operazione della macchina, mentre nel precedente sistema tutte le modifi che dovevano essere eseguite durante i periodi di fermata.
- c) L'utilizzo efficiente della memoria dinamica e della memoria di massa, ottenuti rispettivamente attraverso un sistema di mapping dinamico (DMS) ed il potente sistema di gestione dei files (FMGR) supportato dall'RTE. In questo modo la memoria si può estendere fi no a 2 Mbytes e lo spazio su disco non ha praticamente limiti.
- d) L'espandibilità del sistema per quanto riguarda l'hardware: il collegamento di nuovi devi ces risulta molto semplificato rispetto al precedente sistema, anche perchè l'HP fornisce il software per tutte le interfacce del computer e lo sforzo di programmazione per pilota-re nuovi standards previsti dall'HP (come il GP-IB) risulta minimo.
- e) Il forte guadagno in velocità e semplicità nelle fasi di editing, compiling e debussing. Con il precedente sistema queste operazioni si svolgevano con l'ausilio di una TTY Olivetti TE 300, un Photoreader ed un Puncher di nastro. La programmazione in Assembler richiedeva il caricamento e la perforazione di diversi nastri. Più in generale, ogni modifica o ampliamento del sistema risultava lenta, laboriosa e realizzabile solo dalle persone che avevano la conoscenza dei "segreti" del software di controllo. Con il nuovo sistema tutte le operazioni di modifica di programmi avvengono sull'unità disco (o su minicassette magnetiche) e vengono iniziate tramite comandi composti sulla tastiera di un terminale video.
- f) La possibilità di programmare in FORTRAN, oltre che in BASIC ed in ASSEMBLER, e so prattutto di poter scrivere subroutines in FORTRAN chiamabili da programmi scritti in uno qualsiasi dei tre linguaggi.
- g) L'uso del calcolatore per applicazioni off-line, quali l'uso di programmi per il calcolo di strutture di macchina o l'acquisizione di dati relativi a particolari misure sui fasci, con l'analisi e la presentazione grafica dei risultati, senza interferenza con le normali funzio ni di controllo della macchina.

Naturalmente accanto a tutti questi pregi vanno anche elencati i difetti, che sono poi quelli tipici dei sistemi operativi multiutenti, con vasto campo di applicazione: occupazione di una notevole zona di memoria e di disco, eccessiva "trasparenza" all'utente e quindi difficoltà di intervenire nella struttura interna del sistema, ridotta velocità di esecuzione (spe

cialmente nell'I/O) etc. Nel nostro caso questi elementi negativi si sono rivelati di scarsa importanza, o sono stati superati con opportuni accorgimenti.

Vorremmo infine ricordare che la modernizzazione del sistema rende più invitante il lavoro al calcolatore per il programmatore applicativo, sia che voglia scrivere un programma di calcolo, sia che voglia acquisire ed analizzare i dati di una certa misura sulla macchina. L'RTEIVb fornisce un package di programmi, detti globalmente "Session Monitor", che impediscono interazioni distruttive fra operazioni compiute da utenti diversi che siedono a terminali diversi, e proteggono adeguatamente l'attività di controllo della macchina. In questo modo il software di controllo diventa accessibile a tutti gli utenti, che abbiano un minimo di esperienza di programmazione e conoscenza di sistemi operativi per minicalcolatori, e non costituisce più quella specie di "scatola nera" accessibile solo a chi aveva materialmente creato il sistema di controllo.

2. - CONFIGURAZIONE DEL NUOVO SISTEMA DI CONTROLLO.

La configurazione di base non ha subito profonde modifiche: l'elemento portante è sempre il BUS creato nei Laboratori, che ha essenzialmente una funzione di controllo e di pilotaggio degli elementi magnetici e dei relativi alimentatori. Diversamente, la parte di interazione del sistema con l'operatore della macchina ed i programmi di utilità a sua disposizione sono notevolmente migliorati. La configurazione attuale della strumentazione del sistema di controllo è schematizzata in Fig. 1. L'elemento fondamentale per il colloquio tra l'operatore ed il computer è il terminale a colori ISC 3601. Si tratta di un terminale alfanumerico ad 8 colori, con limitate possibilità grafiche e di basso costo. Esso sostituisce come interfaccia tra il computer e l'operatore il Display Storage Tektronix che peraltro viene mantenuto nel sistema per le sue buone capacità grafiche. Il terminale è dotato di una tastiera e permette di guadagnare una slot per un'altra interfaccia verso il computer.

In molti sistemi di controllo per macchine acceleratrici^(3,4), l'uso del colore per attirare l'attenzione dell'operatore sui particolari di un certo display e per indicare i diversi stati di una variabile si è rivelato estremamente efficace. Nel nostro caso il display a colori abbinato ad una tastiera per la selezione delle variabili da controllare e per l'impostazione del valore desiderato ci è parso di grande utilità in quanto permette di mostrare diversi stati di una variabile (attuale, iniziale o di riferimento) senza pericolo di confusione, fornendo così più informazione ed occupando molto meno spazio sul terminale, che se vi fossero state delle didascalie accanto ai valori. L'uso del colore verrà illustrato con maggior dettaglio nella prossima sezione.

Gli altri due mezzi di comunicazione tra l'operatore della macchina ed il calcolatore sono la tastiera tipo "push-button" per la selezione delle variabili ed il loro incremento o decremento (CAM), ed un pannello, sempre a bottoni, che ha la funzione di "menu" per la selezione dei programmi operativi (SPO). A questa è stata dedicata un'interfaccia verso il calcolatore, mentre in precedenza era interfacciata tramite il BUS di acquisizione dati e

non poteva funzionare in interrupt.

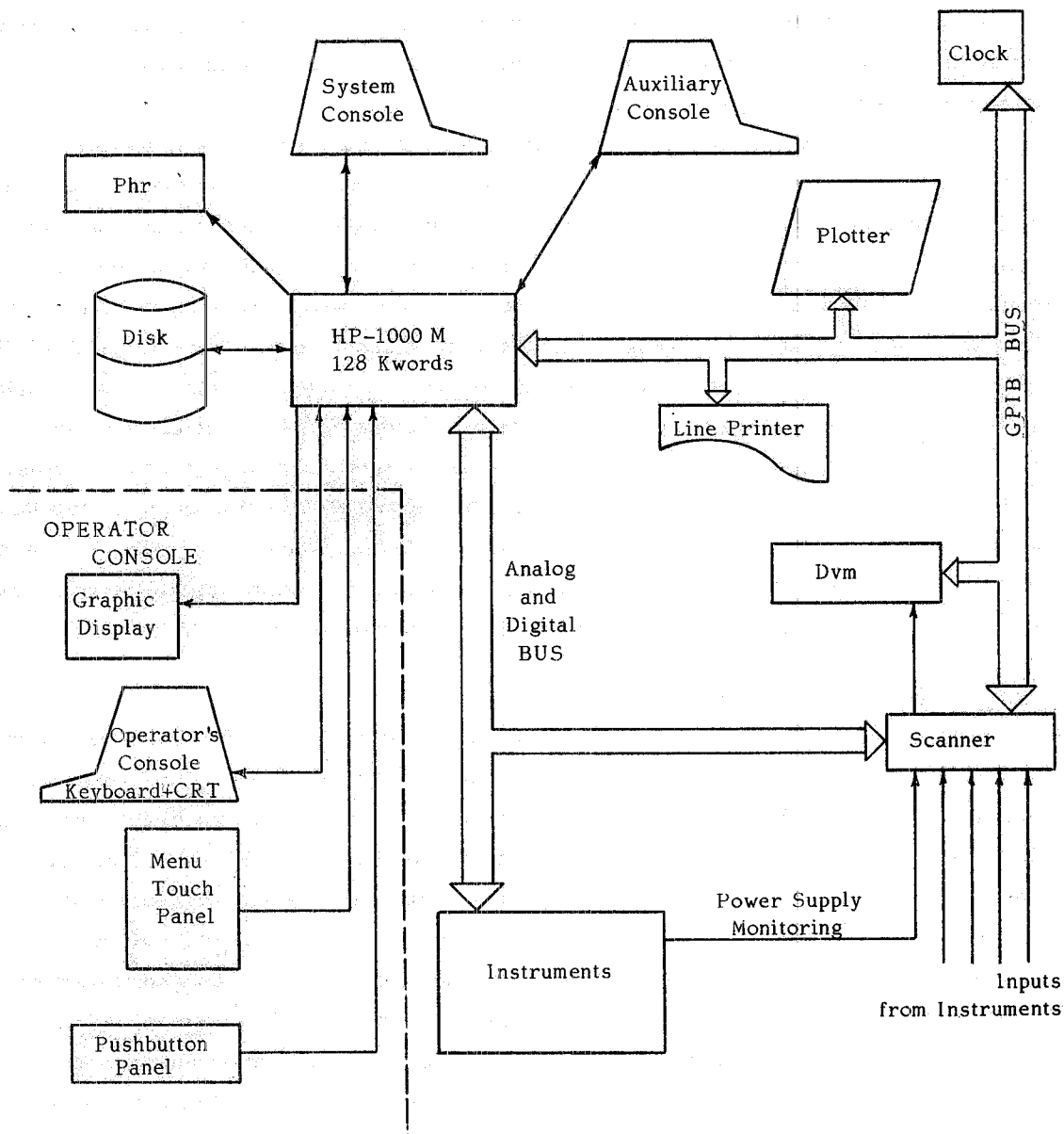


FIG. 1 - Schema a blocchi dell'hardware.

Delle unità di I/O adoperate nel precedente sistema è stato conservato solo il fotolettore di banda, mentre è stato acquistato un terminale video alfanumerico HP 2645 A, dotato di due unità di lettura/scrittura di cassette magnetiche, che viene usato come console di sistema. Questo terminale, piuttosto sofisticato (ha 12 K di memoria locale, 8 tasti funzione definibili localmente o da sistema e parecchie altre opzioni), si presta ottimamente allo sviluppo dei programmi, ed in caso di errori dell'hardware o del software del sistema di controllo serve altresì ad un rapido trouble-shooting.

E' stato inoltre acquistato un terminale video alfanumerico HP 2621 A, con l'intenzione di usarlo come terminale di operatore per il controllo del Linac. Si tratta di un oggetto a basso costo, senza possibilità grafiche, che è tuttavia sufficiente allo scopo, dato il numero limitato di funzioni da svolgere. Attualmente viene utilizzato sotto Session Monitor come console ausiliaria per lo sviluppo dei programmi.

Un notevole ampliamento delle possibilità del sistema è venuto dalla introduzione dell'interfaccia per lo standard Bus GPIB IEEE 488, che presenta molte caratteristiche che lo rendono preferibile al CAMAC, almeno per certe applicazioni di laboratorio e per piccoli sistemi: facilità d'uso e di programmazione (sotto RTE IVb), espandibilità (si possono connettere fino ad un massimo di 14 unità), costo relativamente basso, buon supporto da parte dell'industria (non solo la Hewlett-Packard). Attualmente sono collegati tramite il Bus GPIB una stampante FACIT 4530 di media velocità (120 cps), un plotter HP 7225 A, un orologio digitale HP 59309 A, un voltmetro digitale ad alta precisione HP 3455 A ed uno scanner HP 3495A che funziona da multiplexer per il voltmetro. Questi strumenti trovano già vasta applicazione per le esigenze di controllo della macchina. In particolare il voltmetro ha sostituito la precedente unità di lettura tensioni (un ADC inserito nel BUS di Adone, che veniva letto attraverso un'interfaccia di trasferimento dati digitali in una slot del computer) liberando un posto per un'altra interfaccia di I/O e migliorando la lettura per velocità e precisione.

3. - ARCHITETTURA DEL SOFTWARE.

Per quanto concerne la gestione delle unità periferiche e del BUS di controllo e di acquisizione dati, il sistema precedente basato sull'Interpreter BASIC e su di un certo numero di subroutines ASSEMBLER (max. 64) si presentava come "hardware oriented"; e quindi particolarmente adatto ad una gestione rapida ed essenziale dell'I/O. L'RTE IVb è invece un tipico sistema operativo "user-oriented", molto trasparente, e non particolarmente adatto ad applicazioni scientifiche, a meno di non utilizzare sistemi di acquisizione dati o di controllo di processo prodotti dall'HP e da usare a "scatola chiusa". Sotto RTE IVb una tipica operazione di I/O è affidata a due moduli software, il processor di sistema (RTI0C) ed uno dei drivers delle unità periferiche, che utilizzano un certo numero di tavole di I/O ed una zona di memoria per la comunicazione fra il sistema ed i drivers, e per il controllo delle molte operazioni di I/O che possono aver luogo simultaneamente.

I drivers di I/O funzionano da interfaccia software tra le unità periferiche ed il sistema operativo. La funzione di interfaccia verso i programmi di utente che eseguono operazioni di I/O è svolta da RTI0C, che provvede a verificare la validità delle richieste di trasferimento dati, dirige le richieste di interrupt ai drivers appropriati e fa ripartire i programmi sospesi per I/O. Il meccanismo di comunicazione tra RTI0C ed i programmi dell'utente è la chiamata alla routine EXEC con i parametri ad essa associati. Questa chiamata si effettua nel modo seguente:

da FORTRAN	CALL EXEC (lista di parametri)
da ASSEMBLER	JSB EXEC seguita dagli indirizzi dei parametri e dall'indirizzo di ritorno al programma.

Il significato dei parametri dipende dal driver a cui si riferisce la chiamata alla EXEC. Tale driver è individuato dalla Logic Unit (LU) il cui numero è sempre presente fra i parametri. Ciò permette, ad esempio, di spostare fisicamente le interfacce nel calcolatore senza dover modificare i programmi scritti in precedenza. Chiaramente, se la programmazione è resa molto più facile, la flessibilità del sistema è assai ridotta. Le interfacce tra il computer ed il BUS e gli altri dispositivi "fatti in casa" (CAM, SPO, etc.) sono del tipo "16-bit Input/Output Resister" (HP 12566B) e sono pilotabili sotto RTE IVb tramite il driver DVM 72, che consente di eseguire, a scelta dell'utente, un certo numero di sequenze prefissate di I/O. Non è stato possibile far funzionare correttamente tutte le nostre periferiche senza modificare leggermente il driver, in quanto alcune di esse necessitano di una programmazione molto particolare, quale l'introduzione di opportuni ritardi software ed altri accorgimenti.

La velocità di esecuzione di queste procedure di I/O avrebbe potuto costituire un problema, se fosse stata un parametro critico per il controllo di Adone: il trasferimento di anche una sola parola di dati tramite la CALL EXEC richiede un notevole numero di operazioni che concernono sia il sistema operativo che il driver, e che non sono strettamente inerenti all'operazione stessa di I/O: il trasferimento di una singola parola tramite una EXEC richiede tipicamente circa 5 msec di tempo di CPU e ciò limita notevolmente la velocità di esecuzione dei programmi (è tuttavia possibile trasferire buffers di molti dati tramite una sola chiamata alla EXEC). Ad esempio la salita di un DAC a 12 bits da 0 a 4095 compiuta a passi di 1 bit, che richiede non più di 0.5 secondi con un programma ASSEMBLER, impiega sotto RTE quasi un minuto. Il problema è stato risolto nel nostro caso o trasferendo ai DAC dei buffer di dati o, dove ciò è risultato possibile, aumentando il valore dello step di salita.

Per i casi in cui è risultata necessaria una procedura particolarmente rapida di acquisizione o di controllo (come il pilotaggio da computer di un oscilloscopio sampling, o la lettura tramite un ADC rapido) si è ricorsi al cosiddetto "Privileged Mode", che disabilita l'interrupt e tutte le protezioni del sistema, permettendo così di eseguire qualsiasi operazione di I/O alla massima velocità consentita dalla CPU.

Le stesse considerazioni valgono per il sistema di Interrupt. Vi sono delle speciali CALL EXEC di controllo che indicano al sistema se deve mandare in esecuzione un programma in seguito al verificarsi di un interrupt su di una certa interfaccia. Tuttavia, date le caratteristiche di multiprogrammazione e time-slicing del sistema operativo, tra l'istante in cui avviene l'interrupt e quello in cui il programma può processarlo si inseriscono varie operazioni necessarie al mantenimento dello stato del sistema ed al riconoscimento dell'interrupt stesso. In pratica la frequenza massima ottenibile per un programma già residente in memoria che deve compiere alcune tipiche operazioni di I/O (ad esempio il set del DAC di

un magnete con display del valore attuale della sua corrente sulla console dell'operatore) non supera i 20 Hz. L'uso dell'interrupt è quindi limitato ad applicazioni in cui si richiede una regolazione fine di parametri di macchina ed al lancio di programmi a scelta dell'operatore per mezzo della bottoniera. E' inoltre possibile gestire sotto interrupt un sistema di allarmi installati in punti critici della macchina.

Come tutti gli anelli di accumulazione, Adone è essenzialmente un sistema d. c., in cui non vi sono intervalli critici tra impulsi. In generale si parla di tempi di reazione umani oppure di tempi brevissimi quali il periodo di rivoluzione del fascio (350 ns), che non possono essere compatibili con quelli caratteristici degli attuali minicalcolatori. Quindi il calcolatore deve rispondere alle sollecitazioni dell'operatore in tempi dell'ordine del secondo.

Un problema centrale nel controllo automatico delle macchine acceleratrici è la scelta del linguaggio in cui scrivere i principali programmi di controllo, mentre per le subroutine ci si limita pressochè dovunque al FORTRAN ed all'ASSEMBLER. In particolare la discussione verte sul tipo di linguaggio, e cioè compilato o interpretato. A quest'ultimo è stata data una netta preferenza per i sistemi di controllo di grandi macchine acceleratrici⁽⁵⁾, basati su reti di minicalcolatori. Tuttavia non sembra che un linguaggio interpretato (come il NODAL o il BASIC) si adatti altrettanto bene al controllo di piccole macchine, che utilizzano pochi calcolatori. In questi casi si cerca di concentrare il lavoro in ciascun calcolatore, e ciò riesce meglio con un compiler che con un interpreter.

Nel caso del sistema di controllo di Adone siamo al limite di un solo computer, al quale si richiede di lavorare in multiprogrammazione. E' chiaro che, data la notevole occupazione di memoria di un interpreter, si sarebbe dovuto lavorare con una sola copia del BASIC (l'unico linguaggio interpretato nei sistemi HP 1000) presente ad un dato istante nel sistema, a meno di non rallentare intollerabilmente l'esecuzione dei programmi. Inoltre il BASIC 1000 D dell'HP è un linguaggio decisamente poco potente e strutturalmente poco flessibile, per essere adatto anche solo ad applicazioni di test di hardware non HP. Inoltre il personale turnista della macchina non ha conoscenze di programmazione e di sistemi operativi, e quindi non è in grado di intervenire sulla struttura interna dei programmi. I programmi di controllo devono essere quindi abbastanza flessibili da permettere una vasta scelta di azione da parte dell'operatore, ma sostanzialmente sono una struttura rigida, che consente solo l'esecuzione delle procedure previste dagli esperti del sistema di controllo.

La scelta di un linguaggio compilato risulta quindi nel nostro caso senz'altro più vantaggiosa, e la nostra scelta è caduta sul FORTRAN, che tra i linguaggi ad alto livello è il più diffuso nell'ambito scientifico. Il compilatore fornito dall'HP è discretamente veloce ed abbastanza accurato nella diagnostica: il linguaggio è un tipico FORTRAN da minicomputer, limitato nella definizione delle variabili (non esiste, ad esempio, l'intero in doppia precisione) e scarsamente dotato per calcoli matematici. E' però adeguato nella gestione dell'I/O senza dover ricorrere a subroutine ASSEMBLER. Queste ultime si sono rese necessarie solo raramente per esigenze di trasferimento veloce di dati e di controllo di strumentazio-

ne speciale. Le altre subroutines sono scritte interamente in FORTRAN.

Si è deciso all'inizio della fase di progettazione di scrivere delle subroutines dedicate al tipo di strumentazione da controllare, e non alla funzione da svolgere (come avveniva nel precedente sistema). L'elettronica per il controllo della strumentazione di Adone è basata su pochi moduli fondamentali, interfacciati al calcolatore tramite il BUS: un modulo di controllo analogico (DAC), un modulo di acquisizione analogica (DVM ed ADC rapido), un modulo di input di dati digitali (LDD = Lettura Dati Digitali) ed uno di output (UDD = Uscita Dati Digitali), ed infine un modulo per apertura e chiusura di contatti (AP = Azionamento Pulsanti).

Per ognuno di questi moduli è stata scritta una subroutine che richiede in input solo l'indirizzo del modulo nel BUS ed il dato da trasferire. Per facilitare il reperimento degli indirizzi è stata scritta una "mappa" del BUS, contenuta in un file su disco, che fornisce tutte le informazioni sulla collocazione del modulo e sulla strumentazione da esso controllata. Essendo il numero dei moduli relativamente modesto (dell'ordine di 200), questo metodo ci è apparso adeguato alle esigenze del personale che sviluppa i programmi, senza ricorrere ad acronimi complicati, come si usa nei Databases dei grandi sistemi.

Analogamente è stata scritta una libreria di subroutines per il controllo del terminale a colori, con le funzioni di posizionamento del cursore sullo schermo, di impostazione dei colori e di utilizzo delle opzioni semigrafiche, tenendo conto del fatto che sullo schermo devono comparire informazioni provenienti da programmi diversi, senza che interferiscano tra loro. Una libreria di questo tipo è stata creata anche per l'uso del terminale HP 2621A come console di operatore per il controllo del Linac.

Una ulteriore libreria di subroutines è stata creata per l'utilizzo del plotter⁽⁶⁾ mediante semplici istruzioni "user-oriented" che permettono di ottenere molto facilmente grafici di tipo scientifico, con scale di tipo lineare o logaritmico.

Passiamo ora a descrivere la struttura logica del software di controllo. Uno schema a blocchi è riportato in Fig. 2: all'atto del bootstrap, dopo alcune operazioni indispensabili all'inizializzazione del sistema operativo, viene lanciato un programma che avvia il sistema di controllo, assegnando i valori iniziali ai parametri di macchina e verificando che vi sia spazio sufficiente sul disco per la registrazione dei dati dei runs di Adone. I valori attuali di tutti i parametri sono contenuti in memoria, e sono accessibili a tutti i programmi del sistema attraverso un'area di COMMON di sistema, di 2 Kbyte di estensione massima. Questo COMMON contiene anche i valori di riferimento degli stessi parametri in rapporto al modo di operazione (Iniezione, Adone, Puls, Ladon, Leale) ed alcune costanti per la conversione tra i valori di impostazione dei DAC ed i valori delle variabili fisiche corrispondenti, ed alcune variabili di controllo per la coordinazione dei diversi programmi tra loro.

Al COMMON viene assegnato subito dopo il bootstrap un insieme di valori iniziali, che vengono poi continuamente aggiornati in seguito alla loro variazione per mano dell'operatore

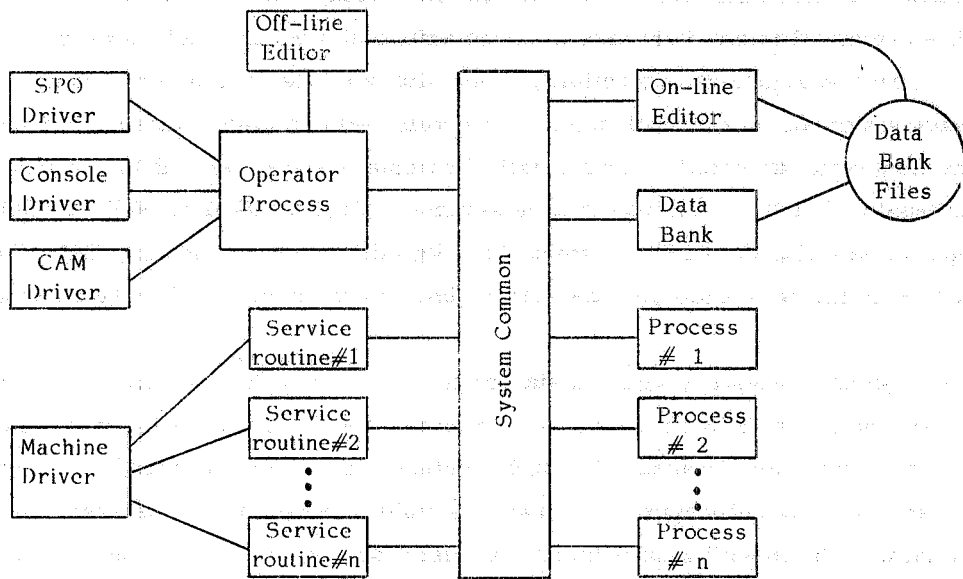


FIG. 2 - Schema a blocchi del software : con "Operator Process" si intende l'insieme di routines che riconoscono i comandi inviati dall'operatore.

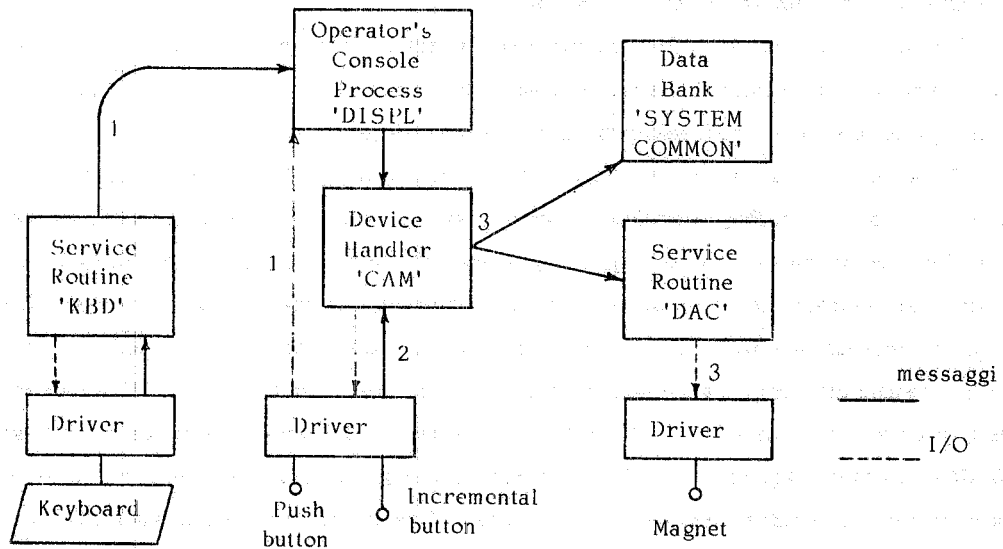


FIG. 3 - Schema di un tipico intervento dell'operatore : 1) Scelta di un elemento usando la CAM e la Keyboard ; 2) Impostazione del valore desiderato tramite la CAM ; 3) Aggiornamento del valore in memoria ed invio all'hardware.

attraverso la CAM, oppure posti in blocco a determinati valori di riferimento a seconda del modo di operazione. Per ciascuno di questi set di riferimento vi sono due files su disco, ciascuno dei quali rappresenta un'immagine di memoria del COMMON di sistema, e dei quali uno serve come riferimento temporaneo, modificabile ed ottimizzabile interattivamente dall'operatore per mezzo di un programma di servizio, e l'altro come riferimento permanente al quale l'operatore può tornare, se lo desidera, ma che può essere modificato solo dalla console di sistema accessibile solo ai responsabili del sistema di controllo.

L'operazione del sistema è incentrata sulla botoniera SPO. Attualmente 14 programmi sono eseguibili in interrupt premendo uno dei bottoni della SPO. Altri programmi (i cosiddetti Programmi di Servizio) possono essere scelti a partire da uno dei 14 programmi della SPO. Quasi tutti questi programmi usano il display a colori, scrivendo su di esso una didascalia di identificazione accanto all'ora ed alla data (che vengono continuamente aggiornati in interrupt dall'orologio digitale) nella prima linea in alto a destra, ed utilizzando la parte centrale dello schermo per richiedere la impostazione di valori numerici o per inviare messaggi all'operatore. Il colore non è molto usato in questo genere di programmi, se non per segnalare eventuali discrepanze tra i valori di riferimento e la lettura dei corrispondenti trasduttori, oppure per avvertire che certi parametri hanno raggiunto i valori desiderati.

Parallelamente alla SPO può funzionare in interrupt la seconda botoniera, la CAM. Una tipica operazione con la CAM è schematizzata nella Fig. 3. Quasi tutti i bottoni attualmente utilizzati hanno dei brevi programmi dedicati, che riconoscono l'interrupt generato dalla CAM: se l'interrupt proviene dai tasti di AUMENTA o DIMINUISCE il programma provvede ad aumentare o diminuire di uno step il valore della variabile corrispondente all'ultimo bottone premuto. Altrimenti il programma cede il controllo ad un programma più generale, che provvede ad aggiornare il display a colori sul parametro corrispondente al nuovo bottone premuto. Questo display occupa le ultime 6 righe in basso sullo schermo ed utilizza estensivamente il colore: il parametro variato è rappresentato da una didascalia blu su fondo verde, ed a fianco sono riportati (di solito con almeno 4 cifre significative) il valore attuale della variabile (bianco su sfondo blu), il valore iniziale (blu su fondo bianco) ed il valore di riferimento (nero su sfondo rosso). Il valore iniziale viene riportato al valore attuale premendo il bottone che seleziona la variabile. Altri bottoni sulla CAM hanno funzioni diverse, come quella di riportare una variabile al valore iniziale o al valore di riferimento, oppure di selezionare l'ampiezza dello step corrispondente agli incrementi indotti dai bottoni di AUMENTA e DIMINUISCE. Un bottone di STOP permette infine di terminare l'esecuzione indesiderata di programmi chiamati dalla SPO.

La selezione di alcuni parametri della macchina (ad esempio quelli delle bobine di correzione o dei magneti dell'ottica di iniezione) induce sullo schermo della televisione a colori una immagine grafica del canale di trasporto che facilita all'operatore la scelta della particolare bobina o del particolare magnete da selezionare: la tastiera alfanumerica del termi

nale a colori viene infatti utilizzata anche per scegliere il particolare dispositivo da controllare via CAM tra tanti dello stesso tipo: ad esempio, agendo sul bottone "BD" sulla CAM, compare sul video la rappresentazione del canale di trasporto ed i valori relativi all'ultima bobina di deflessione precedentemente selezionata. Per passare ad un'altra bobina occorre comporre sulla tastiera il numero della nuova bobina da variare, ed il programma che riconosce l'interrupt dalla tastiera provvede ad aggiornare il display.

Particolarmente potente è la configurazione per la presentazione dei dati elaborati dal sistema di controllo, costituita dalla stampante veloce, dal plotter e dal display grafico, per i quali è stato scritto un package di subroutines che svolgono le funzioni fondamentali. L'uso di questi strumenti è per ora limitato ai responsabili del sistema, ad esclusione della stampante, che può già essere utilizzata dagli operatori per avere un quadro sinottico di tutte le variabili controllate dal sistema. E' però previsto al più presto l'inserimento nel sistema di programmi di utilità per la calibrazione delle apparecchiature, per le verifiche di linearità e l'acquisizione di dati analogici per la diagnostica dei fasci, con il loro display e rappresentazione grafica.

4. - SVILUPPI FUTURI.

Per il sistema di controllo di Adone non si prevedono particolari innovazioni, almeno nel prossimo futuro. Si avrà invece certamente un'espansione dei controlli attuali, sempre rimanendo nella linea seguita finora. Questo comporta un aumento di potenza del computer, che verrà dotato di un nuovo disco (HP 7906) da 20 Mbytes molto più veloce dell'unità attuale, in modo da dedicare quest'ultima unicamente allo storage dei dati dei runs di macchina, ad alla gestione e lo sviluppo di programmi ad opera dei potenziali utenti del sistema.

Il terminale HP 2621 A è per ora usato solo per lavorare sotto Session Monitor, ma è previsto il suo impiego come console di operatore per i controlli del Linac: alcuni di questi diverranno infatti presto pilotabili da calcolatore, non appena saranno predisposti gli alimentatori ed i relativi DAC. Si tratta degli elementi dell'ottica di iniezione (steering coils e lenti magnetiche), che devono essere impostati ai loro valori ottimali in funzione dell'energia per massimizzare la corrente; inoltre la regolazione di questi elementi dipende dalla corrente di emissione del cannone e deve quindi seguirne le variazioni. Vi è poi il problema assai più complesso della messa in fase dei campi a microonde nelle 12 sezioni del Linac, per il quale esistono diverse soluzioni, sull'esempio di quanto già fatto presso altri Laboratori: in ogni caso i problemi maggiori sembrano venire dalla messa in opera dello hardware necessario piuttosto che dal controllo via calcolatore. Per il momento la console del Linac lavorerà essenzialmente come la CAM per il controllo di Adone, e cioè alcuni tasti selezioneranno l'elemento desiderato, e due di essi svolgeranno le funzioni dei corrispondenti tasti di AUMENTA e DIMINUISCE.

Un aspetto importante dei sistemi di controllo per macchine acceleratrici è la diagnostica dei fasci. Attualmente il computer comanda alcuni dispositivi (movimenti Monitor a

fili, targhette del canale di trasporto, inserimento telecamere, monitor di corrente di fascio in seconda armonica), ma non è direttamente collegato a sistemi di diagnostica dei fasci. Sistemi automatici per l'analisi di alcuni parametri di macchina (lunghezza dei bunches, misura della corrente nei singoli bunches, misura delle frequenze di betatrone) sono già stati approntati e saranno inseriti tra i programmi chiamabili direttamente dagli operatori di Adone.

RINGRAZIAMENTI.

Gli autori desiderano ringraziare vivamente tutto il personale del Laboratorio Elettronica di Adone per il costante impegno nella realizzazione dell'hardware del sistema di controllo.

Un particolare ringraziamento va al Dr. M. Serio per il continuo aiuto prestatoci nella definizione delle caratteristiche del nuovo sistema di controllo e per il suo stimolante incoraggiamento all'uso di nuove tecniche e procedure.

BIBLIOGRAFIA.

- (1) - M. Matera, S. Tazzari and G. Vignola, Computer Control System using the HP BASIC Language for the storage ring Adone, Nuclear Instr. and Meth. 115, 89 (1974).
- (2) - S. De Simone, V. Lauta, M. Matera, C. Ricci, S. Tazzari e G. Vignola, Sistema di acquisizione dati per la Sala Controllo di Adone, Frascati report LNF-73/32 (1973).
- (3) - M. C. Crowley-Milling, Experience with the Control System for the SPS, CERN report 78/09 (1978).
- (4) - R. Melen, The PEP Instrumentation and Control System, Proceedings of the 11th Int. Conf. on High Energy Accelerators (1980), p. 408.
- (5) - M. C. Crowley-Milling, The design of the Control System for the SPS, CERN report 75/20 (1975).
- (6) - M. A. Preger, Subroutines per l'uso del plotter 7225 B con il sistema operativo della Sala Controllo Adone, Memorandum Interno Adone SW-7 (1982).