

LA RICERCA SULLA SINTESI MUSICALE

Giorgio NOTTOLI

*Istituto di Acustica "O.M. Corbino" C.N.R. ROMA.*

Da circa due anni presso l'IDAC è in corso lo sviluppo di una ricerca che ha come scopo quello di mettere a disposizione della composizione musicale le risorse della scienza acustica e della moderna tecnologia.

L'ipotesi da cui si è partiti è che un incontro fra il pensiero musicale contemporaneo e gli strumenti della ricerca scientifica possa portare sia ad una evoluzione del linguaggio artistico, che all'acquisizione di nuove conoscenze sulla percezione delle strutture sonore ed alla messa a punto di nuovi metodi e tecnologie per la sintesi e la diffusione del suono.

Non è tenendo conto soltanto del sistema temperato e degli strumenti tradizionali che si possono soddisfare le esigenze della musica di oggi e, ancor di più, neppure la mentalità compositiva del passato può essere resuscitata senza le dovute estrapolazioni in quanto il futuro della musica e soprattutto di quella che fa uso delle risorse dell'informatica, dovrà vedere la conquista di altre possibilità espressive diverse da quelle legate al concerto tradizionale ed ai parametri che sono stati la base dell'organizzazione del suono nella musica strumentale.

La storia della musica occidentale, d'altra parte, la si può vedere anche come la conquista progressiva dell'universo dei suoni: i nuovi mezzi possono consentirci di fare un passo avanti in questa conquista.

Per prima cosa fra le possibilità percettive e quelle del gesto strumentale, fino ad ieri il solo tramite per la generazione, c'è uno spazio che le moderne macchine elettroniche possono riempire. Questo spazio contiene quei parametri che fino ad ieri è stato impossibile controllare. Ci si riferisce in particolare al timbro e, in generale, a tutte le caratteristiche che definiscono la microstruttura di un oggetto musicale.

In secondo luogo, per organizzare tali parametri, è necessario acquisire nuovi strumenti di pensiero che consentano di tenere sotto controllo strutture di complessità così elevate.

Il programma di ricerca si articola in tre parti, ciascuna delle quali dovrà contribuire alla acquisizione delle conoscenze e alla realizzazione dei mezzi atti a soddisfare tali necessità.

Per realizzare una particolare idea musicale è necessario un particolare processo che presieda all'organizzazione del materiale sonoro scelto. Un tale processo fa uso, ed è vero anche nella musica del passato, di automatismi almeno in una certa misura.

Mentre ieri tali automatismi erano forniti dalla pratica musicale corrente, oggi vengono spesso scelti in base all'idea musicale particolare e rappre

sentano quindi parte integrante dell'atto creativo.

Per di più, il controllo di quel campo espressivo che si vuole conquistare comporta la gestione di una tale quantità di variabili da rendere necessario un elevato grado di automazione.

E' alla semiotica, alla matematica ed all'informatica che si chiedono gli strumenti necessari alla formalizzazione dei processi compositivi.

Obiettivo di questa prima parte del programma è la realizzazione di un sistema basato sul software in grado di interagire con il compositore consentendogli di creare strutture complesse conservando il controllo del risultato e la possibilità di modifica interattiva.

La seconda parte riguarda l'acquisizione di nuove conoscenze nel campo della psicologia della percezione riferendosi in particolare alle grandezze acustiche di quel nuovo spazio espressivo.

Davanti alle numerose possibilità di costruzione delle strutture che ci offre la matematica, nella scelta delle variabili di controllo e delle relazioni che governano la microstruttura del suono, è necessario imparare a conoscere, cioè a riconoscere, oggetti sonori così costruiti associando via via le caratteristiche fisiche di tali oggetti (gli stimoli) con le "sensazioni" che il loro ascolto produce.

Soltanto un'ampia casistica che raccolga risultati sperimentali ottenuti proponendo ciascun particolare modello rappresentativo ad un sufficiente numero di soggetti può portare alla definizione di leggi generali riguardanti la percezione del suono organizzato.

Questo è l'obiettivo di questa seconda parte del programma.

La terza parte riguarda l'hardware che costituisce il supporto pratico essenziale allo sviluppo dell'intera ricerca.

Scopo finale è la progettazione e realizzazione di un sistema di sintesi in tempo reale capace di portare al massimo delle disponibilità le risorse operative del programma per la composizione di cui la prima parte si occupa.

E' prevista una fase intermedia che prevede l'utilizzazione di un elaboratore per impieghi generali che consenta la messa a punto, mediante simulazione, delle procedure critiche riguardo ai tempi di esecuzione. Il sistema disponibile in questa prima fase consente, in pratica, di ottenere il risultato sonoro in tempo differito: i valori numerici che descrivono le variazioni della pressione acustica (campioni) vengono calcolati mediante il software e immagazzinati su di una memoria di massa per poi essere inviati in tempo reale ad un convertitore digitale-analogico. La tensione variabile in uscita dal convertitore viene quindi inviata ad un filtro passa-basso allo scopo di spianarne i gradini e quindi ad un sistema di riproduzione sonora.

Il posto che la composizione musicale occupa in questo programma è, in base alle ipotesi di partenza, di importanza sostanziale.



I risultati ottenuti nelle tre parti descritte dovranno essere frutto di una interazione continua con la pratica compositiva intesa come campo interdisciplinare e terreno di verifica anche al di là del laboratorio: si dà, infatti, particolare importanza al contatto diretto con il pubblico attraverso ascolti all'interno di manifestazioni promosse dalle associazioni o enti che diffondono la cultura contemporanea, anche allo scopo di conoscere e confrontare nel modo più diretto i risultati ottenuti nei laboratori che in tutto il mondo affrontano problemi analoghi.

Allo stato attuale, sta per essere portata a termine la prima fase del programma, che consiste nell'assemblaggio del laboratorio e nella messa a punto della prima versione del programma per la composizione.

E' stato, inoltre, realizzato un piccolo sistema per la sintesi del suono basato sull'uso di un microelaboratore, allo scopo di valutare alcune delle possibilità che offrono i microprocessori in questo campo.

L'inizio della ricerca in campo psicoacustico e le prime realizzazioni musicali sono previste per il secondo semestre 1980.

#### DESCRIZIONE DELLE APPARECCHIATURE UTILIZZATE.

Tutte le apparecchiature fanno capo ad un minielaboratore elettronico Digital PDP II (fig. I). Esso si compone di una CPU modello II/04, di una memoria centrale di 32k e di numerose periferiche, alcune standard ed altre appositamente progettate e costruite presso l'IDAC.

Sono periferiche standard le consuete Decwriter (TT) un secondo terminale (VT) dotato di graphic video display e hardcopy, quattro convertitori digitali analogici a 12 bit, un convertitore analogico digitale a 12 bit dotato di un multiplexer a 16 ingressi e le memorie di massa, costituite da due disquette da 256k bytes ciascuna e da due dischi rigidi da 5M bytes ciascuno.

Le periferiche appositamente costruite sono un orologio programmabile, per la generazione delle frequenze di campionamento ed interrupt e un insieme di latch e multiplexer digitali che, utilizzando per il collegamento con l'unibus dell'elaboratore una interfaccia digitale standard a 16 bit, ne estendono l'impiego permettendo il collegamento fino ad otto utenze diverse.

Nella fig. I ne sono state rappresentate quattro: il su menzionato orologio programmabile, due convertitori digitali analogici a 10 bit (anch'essi realizzati presso l'IDAC) utilizzati per pilotare un registratore XY e un sintetizzatore di suoni funzionante in tempo reale. Tale sintetizzatore, la cui realizzazione è prevista in un prossimo futuro, sarà la versione hardware del metodo di sintesi software ora utilizzato. Le altre apparecchiature sono di tipo elettroacustico e trattano i segnali di ingresso e in uscita dall'elaboratore elettronico.

Vengono correntemente utilizzati due registratori magnetici a nastro da 1/4" a due e a quattro tracce indipendenti, due mixer a 5 ingressi, due atte

nuatori calibrati a passi da 1 dB, 4 amplificatori di potenza e quattro sistemi di altoparlanti opportunamente collocati in una saletta di ascolto trattata acusticamente.

E' in fase avanzata di costruzione una consolle che contiene stabilmente i suddetti mixer e attenuatori, 4 preamplificatori di segnale e 4 potenziometri per ottenere tensioni continue di riferimento.

Per quanto riguarda l'impiego del registratore a quattro piste esso viene spesso impiegato in modo particolare quando si vuole ottenere la sincronizzazione di segnali prodotti in tempi successivi dal computer e inviati su piste diverse.

In questi casi si provvede ad incidere su una delle quattro tracce un segnale sinusoidale di frequenza pari a quella di campionamento che si vuole utilizzare. Si fa quindi scorrere il nastro in lettura su tale pista e in registrazione su un'altra delle tre rimaste disponibili. La frequenza fissa di campionamento, opportunamente squadrata in un circuito trigger, viene utilizzata come frequenza di interrupt per l'elaboratore, al posto del normale clock. In questo modo, per successivi passaggi, è possibile avere fino a tre segnali contemporanei perfettamente (campione per campione) sincronizzati tra loro.

#### DESCRIZIONE DEI PROGRAMMI UTILIZZATI. -

Il programma MSYS (Music System: realizzato interamente presso l'IDAC) fa uso di una sintesi additiva controllata da una struttura a più livelli, in relazione fra loro. Sia il numero di livelli che il tipo di relazioni che tra di essi intercorrono sono definibili dal compositore. Lavorando con questo sistema si può progettare l'evoluzione temporale del suono, definendo i materiali, le relazioni, i parametri e la loro distribuzione ed evoluzione nel tempo.

La struttura è divisa in un numero definibile di livelli più due obbligatori: il macrolivello, che contiene tutti gli altri e la componente elementare che è legata al tipo di sintesi prescelto.

Il metodo sopradescritto consente un controllo coscente del risultato in quanto esso utilizza leggi imposte esternamente dal compositore e non leggi rigidamente imposte dal sistema stesso.

Inoltre, è possibile minimizzare la quantità di informazione necessaria al controllo di un sistema di sintesi additiva, come quello da noi impiegato. Esso consiste nel generare il suono controllando l'evoluzione spettrale per quanto riguarda i parametri frequenza e ampiezza. Ciò può essere espresso con la formula:

$$x(n) = \sum_{k=1}^K A_k(N) \text{SIN}\{nT[\omega_k + 2\pi F_k(n)] + \alpha_k\}$$



dove:

$X(n)$  è il segnale al tempo  $nT$

$T$  è l'intervallo di campionamento

$n$  è un intero

$A_k(n)$  è l'ampiezza della  $K$ -esima armonica

$\omega_k = 2\pi_k F$  è la pulsazione corrispondente alla  $K$ -esima armonica

$F_k(n)$  è la deviazione in frequenza della  $K$ -esima armonica

$\alpha(n)$  è la fase iniziale della  $K$ -esima armonica

MSYS sintetizza il risultato in base a tre tipi di informazioni in ingresso (fig. 2):

- a) sequenziali, costituenti la partitura.
- b) dati di riferimento, costituenti il materiale di base.
- c) relazioni, relative alla struttura.

La versione attuale (MSYS-VOI) è costituita da tre blocchi principali più una libreria di sottoprogrammi: (Fig. 3).

MSYSI : consente di definire le relazioni ed i parametri di controllo.

Riceve in ingresso informazioni simboliche e fornisce in uscita le informazioni operative da un punto di vista strutturale.

MSYS2 : costruisce la partitura operativa a livello della sintesi elaborando le informazioni sequenziali (partitura) e i dati di riferimento (materiale) in base alle relazioni definite da MSYSI.

MSYS3 : sintetizza i campioni che descrivono l'andamento della pressione acustica nel tempo mediante sintesi additiva e li immagazzina su di una memoria di massa. Esso "vede" il supporto fisico (disco magnetico) come un intervallo di tempo e può inserire i campioni fra due istanti qualsiasi compresi in tale intervallo, permettendo così anche una costruzione "pezzo per pezzo" del risultato o il rifacimento di singoli eventi. MSYS3 utilizza un numero definibile di oscillatori sinusoidali "virtuali" realizzati secondo il principio della "table look-up": una forma d'onda sinusoidale viene memorizzata in un vettore; si legge poi il vettore in maniera circolare con un passo variabile. La frequenza di oscillazione dipende dal passo secondo la relazione

$$\text{STEP} = \frac{F \emptyset * VL}{FC}$$

dove  $F_0$  = frequenza (Hz)  
VL = lunghezza del vettore (campioni)  
FC = frequenza di campionamento (Hz)  
STEP = passo (campioni).

I parametri frequenza e ampiezza sono controllati da integratori digitali che consentono una riduzione dell'informazione utilizzando un valore costante per generare una rampa.

MLIB : contiene i sottoprogrammi per la generazione delle strutture e la gestione del materiale; può essere aggiornata in qualsiasi momento per soddisfare alle necessità che possono presentarsi durante la sperimentazione.

IL GRUPPO DI RICERCA E' COSTITUITO DA:

Piero Borruso	ingegnere elettronico
Paolo Giua	fisico
Giorgio Nottoli	compositore
Silvia Santoboni	ingegnere elettronico

Si avvale della collaborazione di:

Guido Baggiani	compositore	Conservatorio "Morlacchi" Perugia
Sandro Biagiola	musicologo	Conservatorio "Refice" Frosinone
Francesco Galante	compositore	Associazione "Musica Verticale"
Enrico Cocco	laureando in psicologia	
Pier Luici Marrama	laureando in ingegneria elettronica	
Stefano Petrarca	laureando in matematica.	

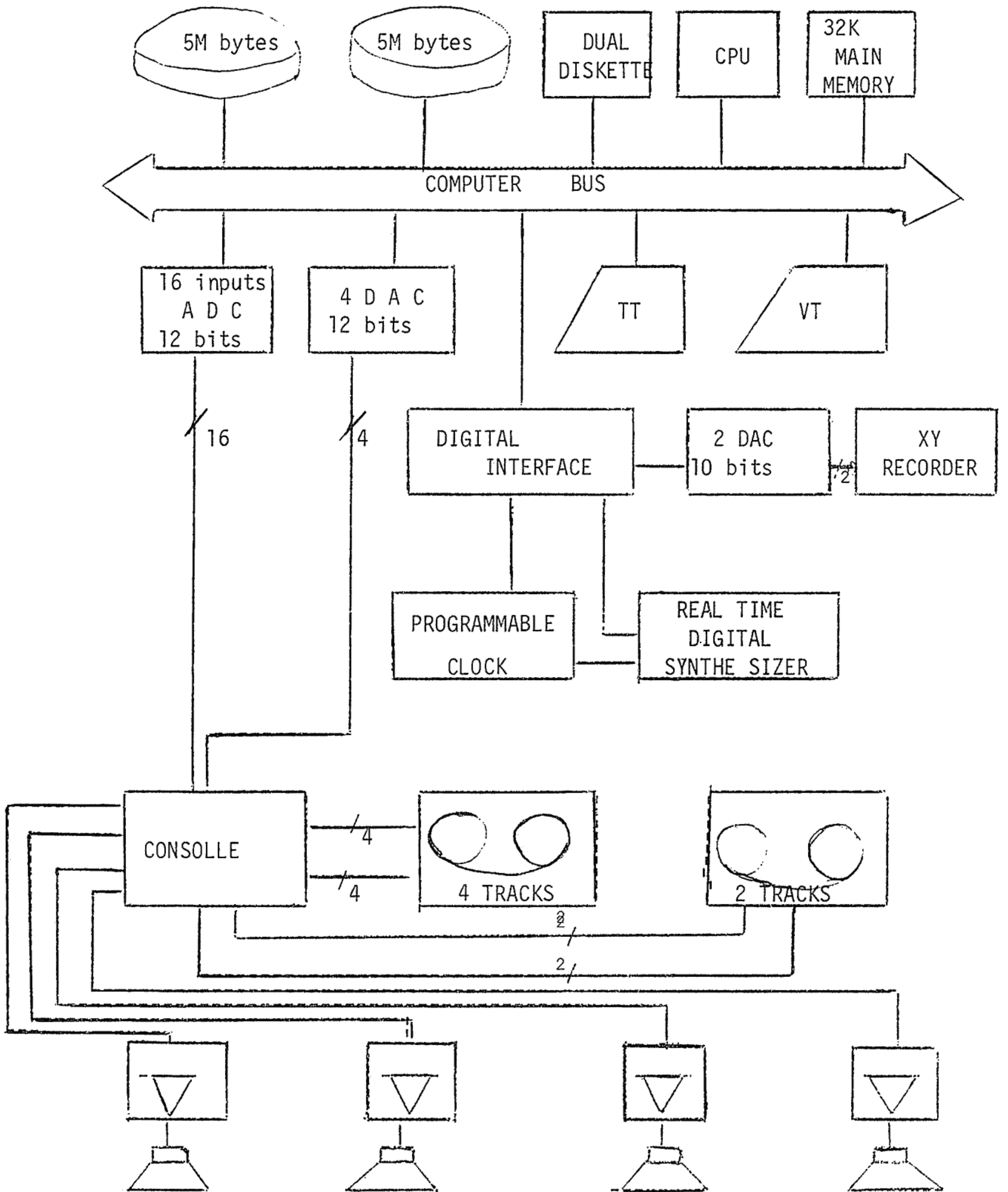


FIG. 1



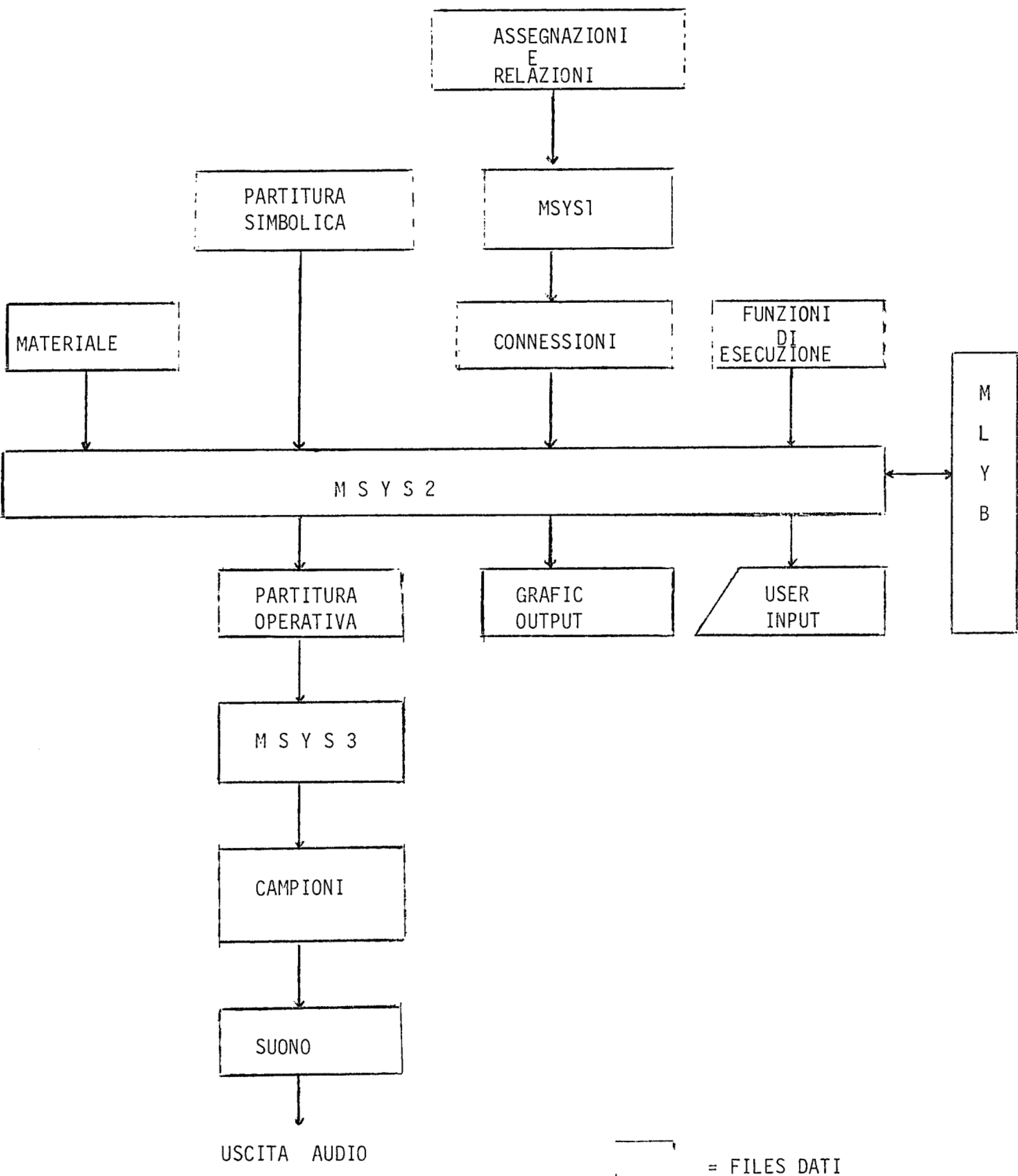


FIG. 3

SISTEMA COMPOSITIVO

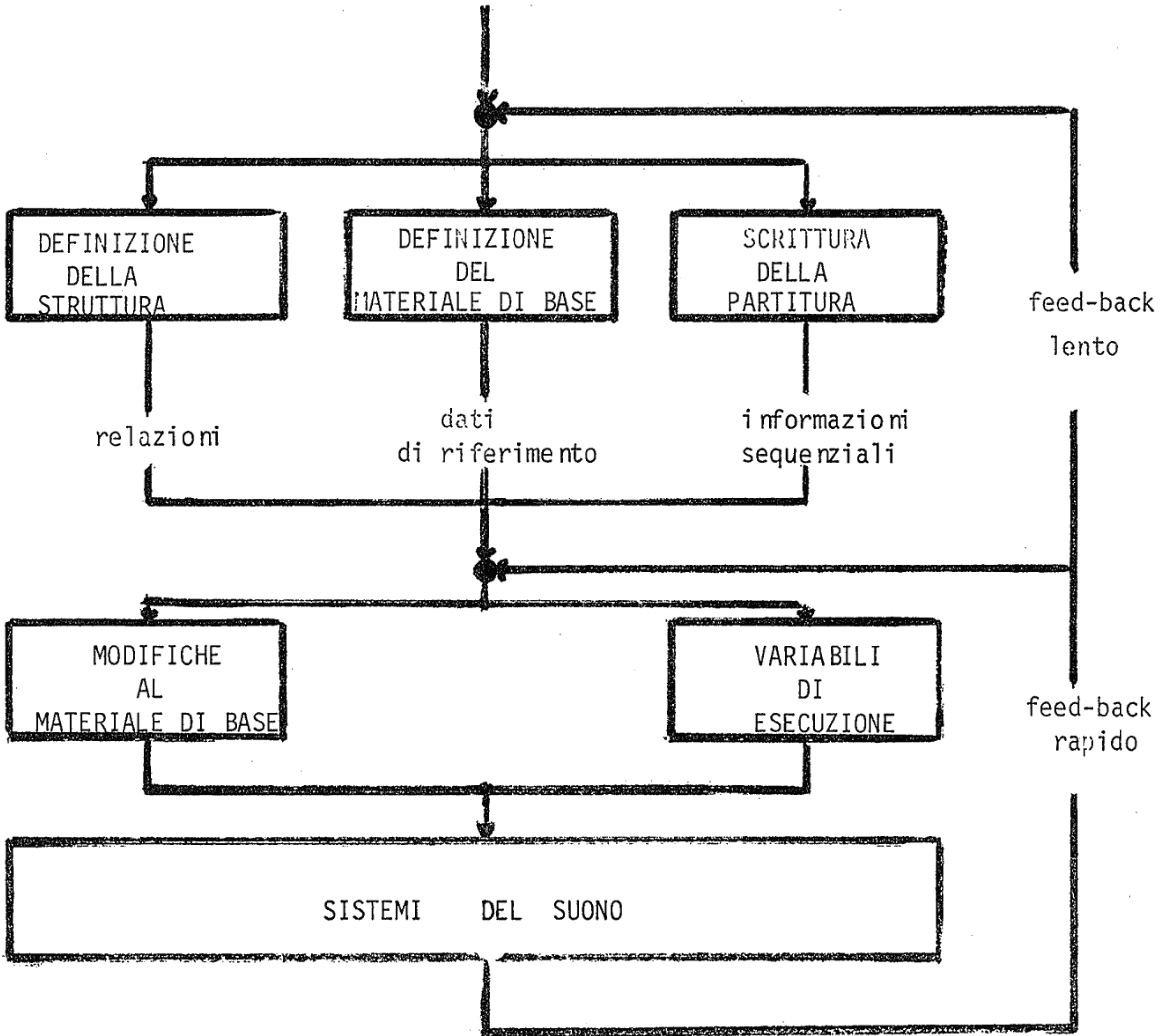


FIG. 2