



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101982900001317
Data Deposito	23/12/1982
Data Pubblicazione	23/06/1984

Titolo

SISTEMA DI TRASMISSIONE A MODULAZIONE DI AMPIEZZA IN QUADRATURA

*Guido Lorenzini*DESCRIZIONE

a corredo di una domanda di brevetto di invenzione industriale dal titolo "Sistema di trasmissione a modulazione di ampiezza in quadratura" a nome di:

TELETTRA - Telefonica Elettronica e Radio S.p.A. sede legale:
MILANO - Corso Buenos Aires n. 77/A.

Inventore designato : Giovanni BIANCONI

23 DIC. 1982

24938A/82

RIASSUNTO DELL'INVENZIONE

In un sistema di trasmissione, in particolare, per ponti radio digitali ad alta capacità, che impiega tecniche del tipo QAM, cioè a (de) modulazione di ampiezza in quadratura con un numero di livello "n" superiore almeno a quattro, si dispongono soglie centrate, ciascuna, su ogni allineamento, orizzontale o verticale, di occhi.

Applicazione di questo sistema ad es. al recupero della portante in ricezione disponendo $2n$ soglie al centro e alle estremità degli occhi.

La presente invenzione concerne un sistema di trasmissione a (de) modulazione di ampiezza in quadratura, in particolare per ponti radio digitali ad alta capacità.

La "quadrature amplitude modulation" (QAM) consiste notoriamente nel trasmettere un numero discreto di livelli modulan-



Leoni Lanza

dò due portanti in quadratura fra di loro, una delle due portanti essendo il prodotto dell'altra portante per il $\cos \pi/2$ o, più semplicemente, l'altra portante sfasata di 90° .

Tanto per fissare subito le voci, ogni livello è ottenuto dalla somma di due segnali (portanti) del tipo QAM =

$$P(t) \cos 2\pi f_0 t + Q(t) \sin 2\pi f_0 t$$

dove: $P(t)$, $Q(t)$ sono segnali digitali multilivello di periodo T , di preferenza del tipo NRZ.

Nel caso molto semplice e più diffuso in cui ogni portante può assumere 2 valori (positivi e negativi) in ogni quadrante di un diagramma avente come assi $P(t)$, $Q(t)$ saranno possibili 4 livelli per cui la QAM avrà un totale di 16 valori o livelli possibili.

In questo (come pure in altri casi) si ha uno spettro senza righe e senza portanti. In effetti la QAM è in sostanza una modulazione di ampiezza a doppia banda laterale soppressa.

Questo vantaggio è purtroppo accompagnato dalle difficoltà che si incontrano ad esempio per il recupero della portante in ricezione. A tutt'oggi si è tentato di effettuare questo recupero utilizzando generalmente varianti e adattamenti di metodi sfruttati per lo stesso scopo ad esempio nel sistema PSK (Phase Shift Key).

Più in particolare i metodi attualmente più impiegati sono:
I) loop a moltiplicazione (in frequenza) del segnale QAM: in

Scritto con stampante

pratica lo si realizza inviando il QAM in una non-linearietà di ordine pari al numero di livelli digitali (nel 16 QAM si avrebbe una non-linearità del 4° ordine. Si ottiene in tal modo una riga a frequenza quadrupla di portante che va filtrata e poi divisa per il numero di livelli (ad es., 4).

- II) Loop di Costas (modificato per numero di livelli superiore a 2 ad es., tramite soluzioni circuitali particolari come gates selettivi ecc.) si tratta di una elaborazione dei segnali di banda base onde ottenere una tensione in grado di pilotare un VCO (voltage controlled oscillator) in modo da agganciarlo in frequenza e fase alla portante del segnale ricevuto.
- III) La rimodulazione o modulazione inversa a frequenza intermedia (IF).

L'utilizzazione in QAM dei metodi I) e III) ha presentato difficoltà e complessità notevoli per cui il metodo di recupero della (e) portante (i) più largamente impiegato nei sistemi QAM è quello di Costas del PSK modificato con diverse varianti.

Anche se in questa maniera si è riusciti a dare una soluzione all'esigenza del recupero della portante nel sistema QAM, rimangono pur sempre irrisolti molti problemi legati non solo alla complessità dell'adattamento di un metodo tipico del PSK al QAM ma soprattutto al fatto che il loop di Costas anche

(Guido Lorenzini)

Ferranti Brugnoli

se arrichito con le varianti più brillanti ed efficaci non può essere mai generalizzato nei QAM nel senso che esso non è universale cioè non si presta per tutti i QAM ma ha una buona efficacia solo per i QAM (a pochi livelli molto vicini ai PSK (4).

Per contro con i QAM a livelli multipli superiori a 4, che sono quelli di maggior interesse, non esiste a tutt'oggi un metodo universale e flessibile, applicabile cioè a qualsiasi QAM con numero qualsiasi di livelli.

Primo scopo della presente invenzione è quello di provvedere un sistema che non presenti i suddetti inconvenienti e che abbia carattere universale essendo cioè applicabile a QAM con qualsiasi numero di livelli superiore a quattro.

Altro scopo del trovato è un sistema che consenta il recupero di una portante molto pulita cioè con alto rapporto segnale/rumore, e molto sicura.

Ancora un altro scopo del trovato è quello di provvedere dispositivi circuitali semplici e affidabili per la realizzazione dei sistemi precedenti.

telefonico 02 23 00 00 00
Telef. 02 23 00 00 00
Direttore Operazioni Industria
(Guido Lanzini)

Ferd. Lanzini

MARCA DA BOLLO



Questi ed altri scopi vengono ottenuti con il sistema secondo il trovato caratterizzato dal fatto che si elaborano i segnali di banda base utilizzando soglie e circuiti di decisione in numero di $2n$, n essendo il numero di livelli del detto segnale digitale in banda base.

Secondo un aspetto fondamentale dell'invenzione le soglie sono poste al centro e sugli estremi di ogni "occhio" del cosiddetto diagramma ad "occhi" del segnale ricevuto e demodulato,

In una forma di realizzazione particolarmente vantaggiosa e preferita, per il recupero della portante in un QAM a n livelli trasmessi su ciascuna delle due vie (cioè su ogni portante in quadratura) per cui il cosiddetto diagramma ad occhi consiste di $n-1$ occhi, le $2n$ soglie sono ottenute utilizzando le $n-1$ soglie al centro e agli estremi degli $n-1$ occhi del diagramma di una via, e come ultima soglia mancante, una soglia disposta sulla parte centrale del diagramma ad occhi dell'altra via. Si è sorprendentemente trovato che sommando i segnali provenienti dai circuiti di decisione che sfruttano le suddette n soglie si ottiene una tensione che è in grado di pilotare un oscillatore controllato in tensione (VCO) fino ad agganciarlo in frequenza e fase con la portante del segnale ricevuto, per cui l'uscita del VCO è la

Scendere

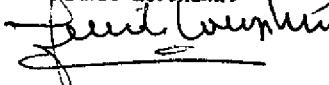
portante ricostruita.

I diversi aspetti e vantaggi dell'invenzione appariranno più dettagliamente dalla descrizione seguente della forma di realizzazione, preferita ma non limitativa rappresentata nei disegni allegati, nei quali le figure 1 e 4 sono schemi rappresentativi della modulazione, rispettivamente demodulazione QAM, le figure 2 e 3 sono diagrammi che mostrano due segnali digitali a quattro livelli di modulazione della portante (fig. 2), e la rappresentazione vettoriale del relativo segnale 16 QAM; la fig. 5 dà il cosiddetto "diagramma ad occhio" ('eye pattern) del segnale ricevuto (dopo la demodulazione); e le figure 6 e 7 sono due schemi circuitali a blocchi che rappresentano il sistema secondo l'invenzione.

Come si vede dalla figura 1, il segnale QAM da trasmettere è ottenuto sommando in 10 due portanti in quadratura ottenute ad esempio da un'unica onda generata dall'oscillatore 11 di cui una (12) è fornita direttamente al modulatore 14 e la altra 13 è applicata al modulatore 15 dopo aver subito uno sfasamento di 90° in 17. I segnali di modulazione applicati ai modulatori 14 e 15 sono $P(t)$ e $Q(t)$, per cui il segnale QAM in uscita dal sommatore 10 è:

$$QAM = P(t) \sin \omega_0 t + Q(t) \cos \omega_0 t$$

A titolo puramente indicativo la fig. 2 mostra come si presentano i segnali $P(t)$ e $Q(t)$ del tipo NRZ sincroni nel caso di 4 livelli equispaziati.



La figura 3 è la rappresentazione vettoriale del relativo segnale 16 QAM (sul piano avanti per assi $X = \sin \omega_0 t$, $Y = \cos \omega_0 t$) Pertanto in ogni intervallo di tempo T viene trasmesso il valore di uno dei 16 vettori possibili i cui estremi vanno dal centro 0 ad uno qualsiasi dei punti indicati nel diagramma, ad es. V_1 che va da 0 a $1'$.

La fig. 4 riporta lo schema di demodulazione del tipo "coerente", necessitante cioè della portante P_0 , che si immagina di disporre in 21 e che si applica direttamente cioè come $\sin \omega_0 t$ al demodulatore 24 tramite la linea 22, e indirettamente cioè dopo sfasamento di 90° in 27 come $\cos \omega_0 t$ al demodulatore 25.

Il segnale di ingresso QAM = $P(t) \sin \omega_0 t + Q(t) \cos \omega_0 t$ è applicato ai due demodulatori 24 e 25 i cui segnali di uscita 24' e 25' sono filtrati in 28 e 29 per cui all'uscita di questi filtri si riottengono i segnali digitali cosiddetti di banda base $P(t)$ e $Q(t)$.

La fig. 5 riporta il "diagramma ad occhi" (eye pattern) del segnale ricevuto dopo demodulazione che presenta nel tempo di clock T tre occhi (definiti da quattro livelli verticali in T_0 e quattro livelli verticali in T_1 ,

Generalizzando per un qualsiasi QAM a n livelli si hanno $n-1$ occhi secondo la caratteristica essenziale dell'invenzione

si è ora sorprendentemente trovato che disponendo $2n$ soglie e circuiti di decisione posti al centro e agli estremi di o-

gni occhio, cioè coincidenti con i livelli trasmessi, ed elaborando i segnali dei circuiti di decisione associati a dette soglie si ottiene un segnale in grado di pilotare un oscillatore ad es. del tipo VCO fino ad agganciarlo in frequenza e fase con la portante del segnale ricevuto.

In fig. 15 si vede come le soglie 1, 3, 5 e 7 sono poste in corrispondenza degli estremi degli occhi mentre le soglie 2, 4 e 6 sono al centro di questi stessi occhi.

La fig. 6 rappresenta un sistema preferito di recupero della portante in cui le $2n$ soglie sono ottenute sfruttando le $2n-1$ soglie disposte come in fig. 5 al centro e agli estremi dei $n-1$ occhi di una via, ad es. quella corrispondente al segnale $P(t)$ ed utilizzando come ultima soglia quella piazzata al centro del diagramma ad occhi dell'altra via $Q(t)$.

In effetti il segnale QAM ricevuto è ora demodulato su una via in 24 con la portante (da immaginarsi ricostruita) e sull'altra via in 25 con la portante a 90° cioè I segnali di demodulazione uscenti da 24 e 25 sono filtrati rispettivamente in 28 e 29.

Secondo l'invenzione il segnale filtrato da 28 sulla prima via è applicato ora alle sette soglie da S1 a S7 disposte come in fig. 5 mentre il segnale in uscita dal filtro 29 è applicato ad una soglia S'4 che è disposta analogamente a S4, al centro del diagramma ad occhi dell'altra via,



Nella forma di realizzazione preferita di fig. 6 i demodulatori (mixer) 24, 25, i filtri 28, 29 e 30 ed il VCO 31 sono generalmente convenzionali.

Di preferenza le singole soglie sono costituite da un circuito equivalente ad un limitatore (in figura 5, da S_1 a S_8) seguito da un organo di decisione ad esempio del tipo flip-flop temporizzato dal clock C1.

Si è trovato che col sistema secondo l'invenzione si conseguono un'elevata efficienza generale, in effetti la portante ricostruita è particolarmente pulita e sicura per cui la si può utilizzare per inviare più canali di servizio (FM) con deviazioni più ampie di quelle consentite dai sistemi convenzionali.

RIVENDICAZIONI

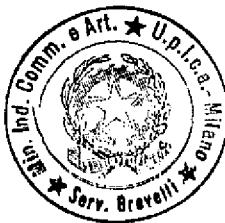
- 1) Sistema di trasmissione, in particolare per ponti radio digitali ad alta capacità, a (de) modulazione di ampiezza in quadratura con un numero " n " di livelli, caratterizzato dal fatto di comprendere in ricezione un numero $2n$ di soglie (e relativi circuiti di decisione) centrate al centro e agli estremi degli occhi del codetto diagramma ad occhi (eyes pattern).
- 2) Sistema secondo la rivendicazione 1, per il recupero della portante in ricezione, caratterizzato dal fatto che si dispongono $2n-1$ soglie al centro e agli estremi degli occhi di una via e come ultima soglia si utilizza un

telefonia elettronica e radio s.p.a.
Telecomunicazioni Pubbliche
Direttore Operazioni Industriali
(Guido Lorenzini)

soglia disposta sulla parte centrale del diagramma ad occhi dell'altra via.

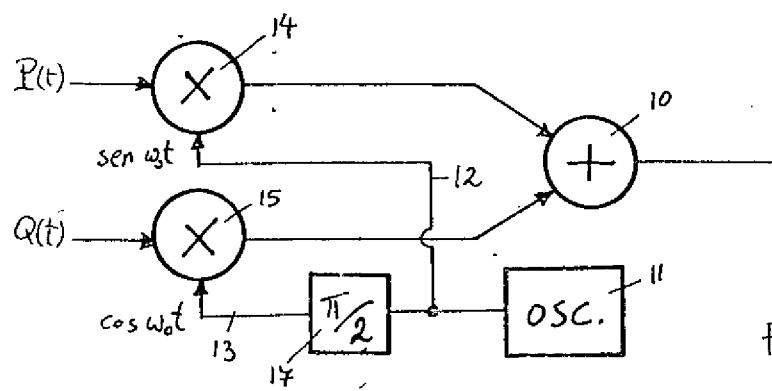
- 3) Sistema secondo la rivendicazione 2, caratterizzata dal fatto che tutti i segnali forniti dai circuiti di decisione associati alle soglie sono sommati e la tensione risultante dalle filtrazioni di questo segnale di elaborazione è utilizzata per pilotare un oscillatore (controllato in tensione) fino ad agganciarlo in frequenza e fase con la portante del segnale QAM ricevuto.
- 4) Circuito per la realizzazione secondo la rivendicazione 3, comportante in ricezione: un demodulatore (mixer) seguito da un filtro per ogni via, 2n soglie con relativi circuiti di decisione, di cui 2n-1 soglie su una via e una soglia sull'altra via, un sommatore, di preferenza un EX-OR, preferibilmente un filtro del segnale dal sommatore ed un VCO che fornisce la portante ricostruita al demodulatore dell'altra via.

telefonia elettronica e radio s.p.a.
Telecomunicazioni Pubbliche
Direttore Operazioni Industriali
(Guido Lorenzini)



I' Ufficiale Rogante
(Edmondo Russo)

24938A/82



$$QAM = P(t) \sin \omega_0 t + Q(t) \cos \omega_0 t$$

Fig. 1

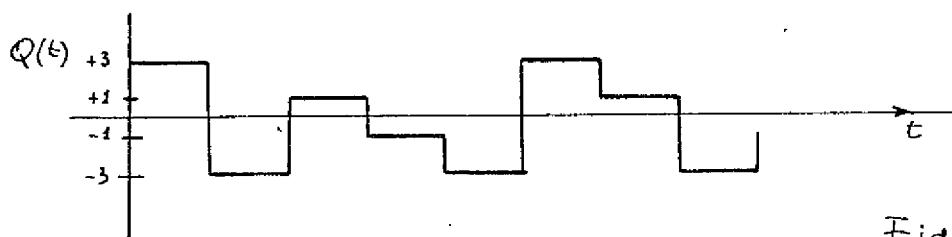
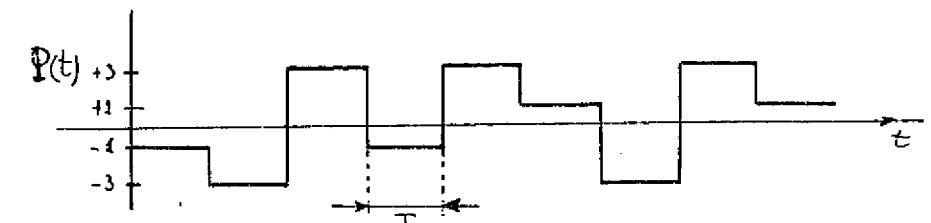


Fig. 2

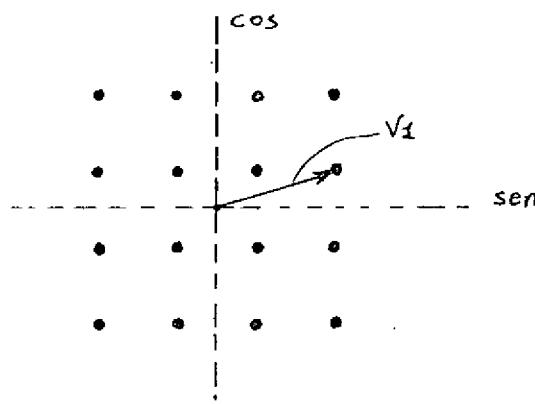


Fig. 3



l'Ufficiale Rogante
(Guido Russo)

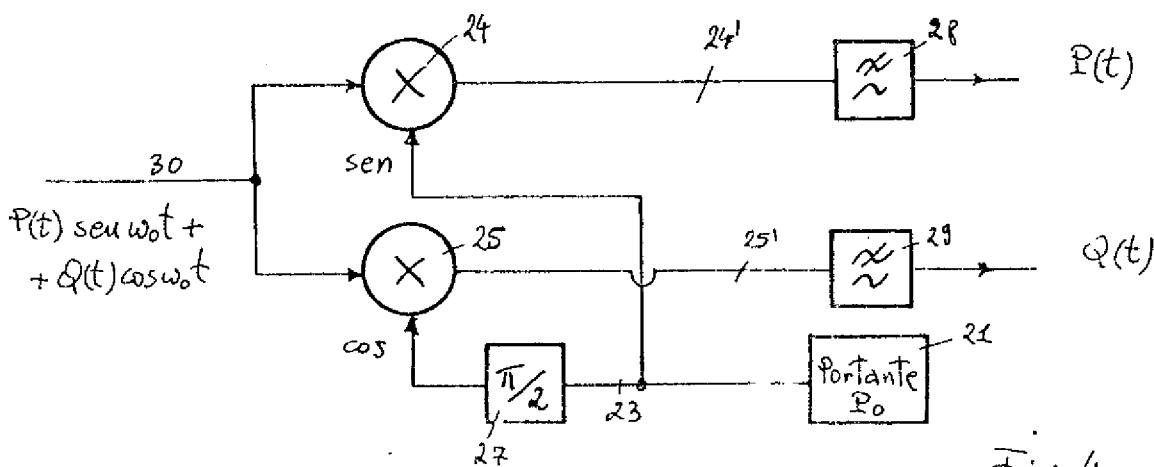


Fig. 4

24938A/82

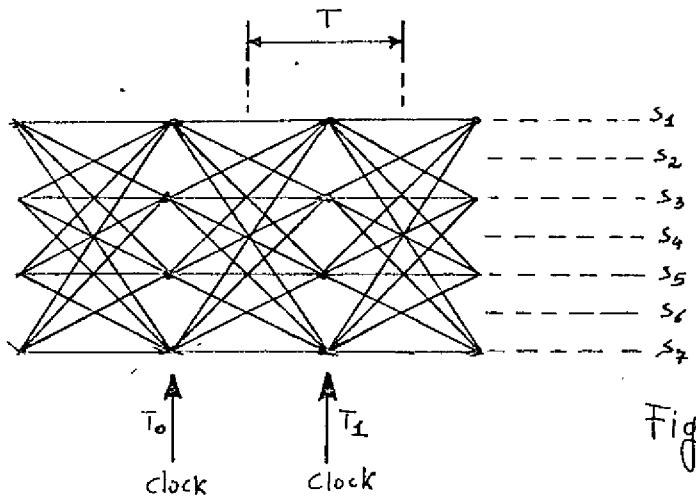


Fig. 5



I' Ufficiale Rogante
(Idilia Russo)

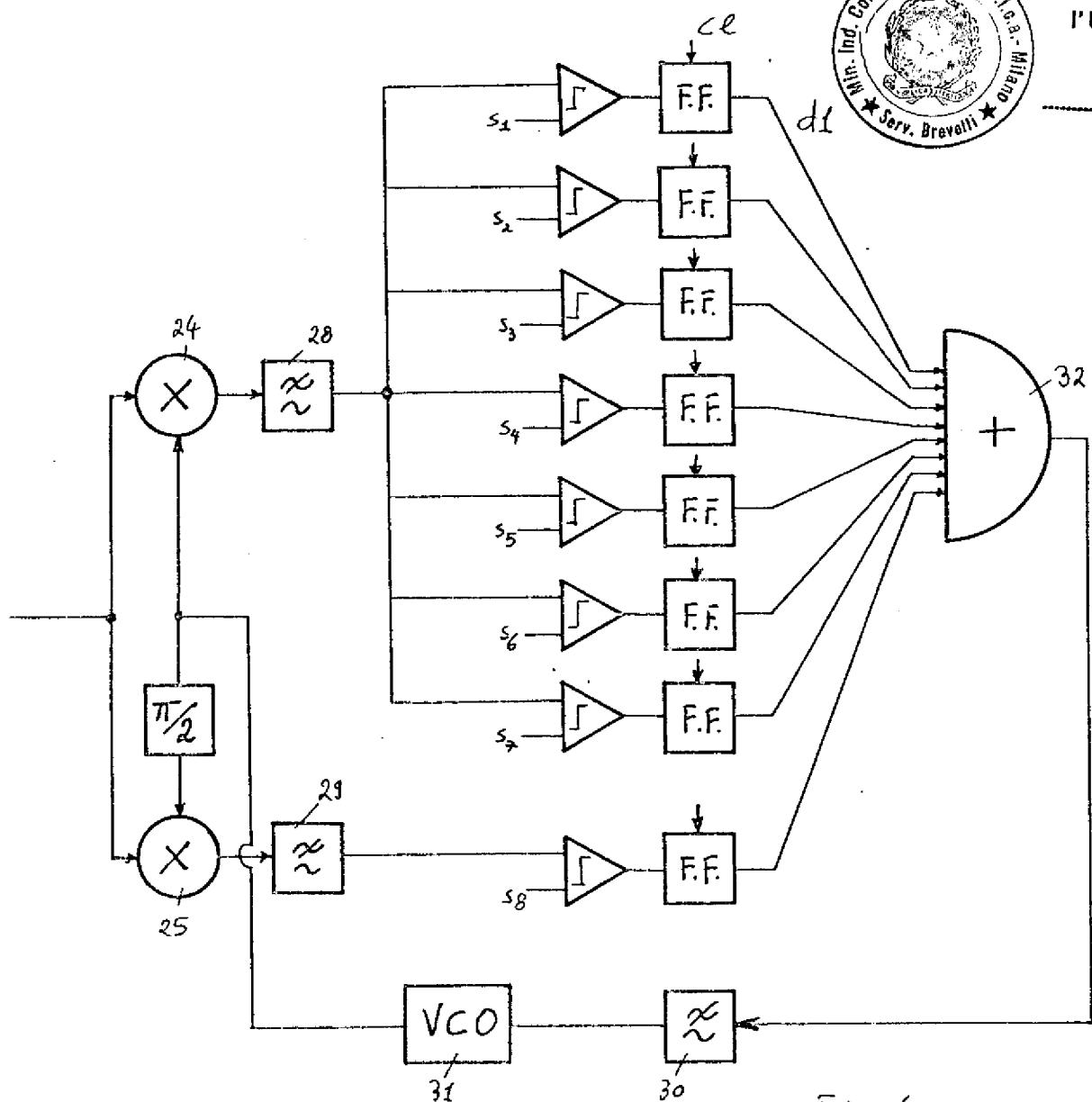


Fig. 6

telettra
telefonia c.l.t.r. radio s.p.a.

Telecomunicazioni Pubbliche

Direttore Operazioni Industriali

Guido Lorenzini

Guido Lorenzini