

POLARIMETRO PARA OBSERVACIONES EN EL CONTINUO EN 1420 MHz

Ings. Alberto BAVA, Emilio FILLOV, Juan C. OLALDE y
Aurelio J. SANZ

Instituto Argentino de Radioastronomía

RESUMEN: Se describe el cabezal de un nuevo receptor capaz de detectar señales polarizadas, cuya construcción se está llevando a cabo en el Instituto Argentino de Radioastronomía. Se mencionan los criterios de diseño aplicados en las siguientes etapas del sistema como así también el estado actual de los trabajos.

I. INTRODUCCION

El medio interestelar está compuesto fundamentalmente por un gas tenue que se presenta en diversas formas: gas neutro (Hidrógeno, Helio), gas ionizado (protones y electrones), hidrógeno molecular, nubes de moléculas complejas, etc. Además, este medio posee un campo magnético en el cual se observa un gas relativista compuesto por electrones y protones de alta energía (del orden de los GeV) que al girar alrededor de las líneas de campo magnético emiten radiaciones, fundamentalmente en el espectro de radiofrecuencias. Este proceso de emisión no térmica, conocido como emisión sincrotrónica, es la causante de la emisión galáctica en bajas frecuencias, y puede estar polarizada hasta en un 75%.

En consecuencia, la medición de la polarización permite la determinación de los campos magnéticos en las regiones de emisión.

Los estudios realizados hasta el presente se llevaron a cabo en el hemisferio Norte y, mediante ellos, se determinó la distribución general de la emisión continua, su espectro, polarización y la prominencia de salientes (spurs).

Los relevamientos en el hemisferio Sur son mucho más escasos, y la necesidad de realizarlos es muy importante, ya que esta parte del cielo define más claramente la estructura espiral de nuestra galaxia. Este trabajo en la frecuencia de 1420 MHz, podrá ser combinado con el realizado por W. Reich para el hemisferio Norte con el radiotelescopio de 25m de la Universidad de Bonn, para obtener así un mapa general de nuestra galaxia.

En base a lo expuesto anteriormente, se propone la construcción de un receptor del que se puedan obtener los parámetros de Stokes para determinar el tipo de polarización de la onda que se recibe.

El cabezal del receptor debe cumplir, en principio, con las siguientes especificaciones:

- a) Frecuencia de trabajo: 1420 MHz
- b) Ancho de banda: mayor que 20 MHz
- c) Compatibilidad con el receptor existente para que funcione como interferómetro.
- d) Debe proveer salidas de las dos componentes de polarización lineal, una de ellas en la dirección N-S, por lo expuesto en c).

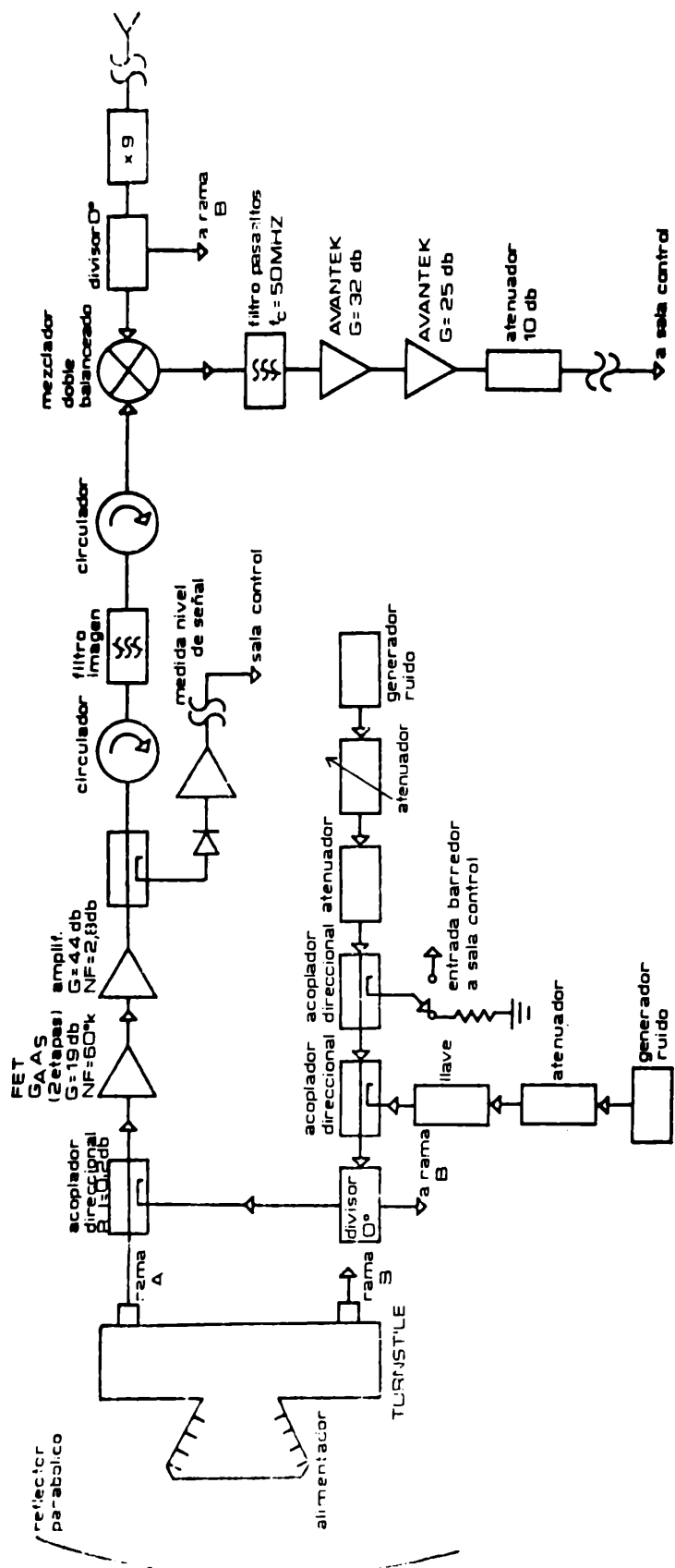


fig.1 DIAGRAMA EN BLOQUES DEL CABEZAL DEL POLARIMETRO

Fig. 1: Diagrama en bloques del cabezal del polarímetro

e) El receptor podrá ser usado como polarímetro, receptor del continuo y como rama del interferómetro.

f) Se utilizarán amplificadores de bajo ruido con transistores de efecto de campo de Arseniuro de Galio (Ga As FETS).

g) El receptor no tendrá llave de conmutación Dicke en principio.

h) Deberá poseer una señal de calibración que se inyecte en las ramas del receptor en forma correlacionada.

II. DESCRIPCION DEL CABEZAL DEL RECEPTOR

El diagrama en bloques del cabezal del receptor se muestra en fig. 1.

El alimentador es una bocina corrugada construída en el IAR. Las bondades que posee este tipo de bocina, cuando se la utiliza en conjunto con un reflector parabólico de revolución, hace que haya sido preferido frente a otros alimentadores (por ejemplo dipolos cruzados).

Las ventajas de una buena apertura de iluminación cercanamente uniforme, anchos de bandas de frecuencia grande, iguales diagramas del campo eléctrico y magnético, una buena definición del centro de fase y las características de atenuación en los bordes del paraboloide, que reducen la contribución del ruido de tierra (Spillover), son los motivos por los que se utiliza este tipo de alimentador.

El "turnstile" es un dispositivo pasivo de 6 puertos y su esquema general se muestra en la fig. 2. Este elemento, correctamente

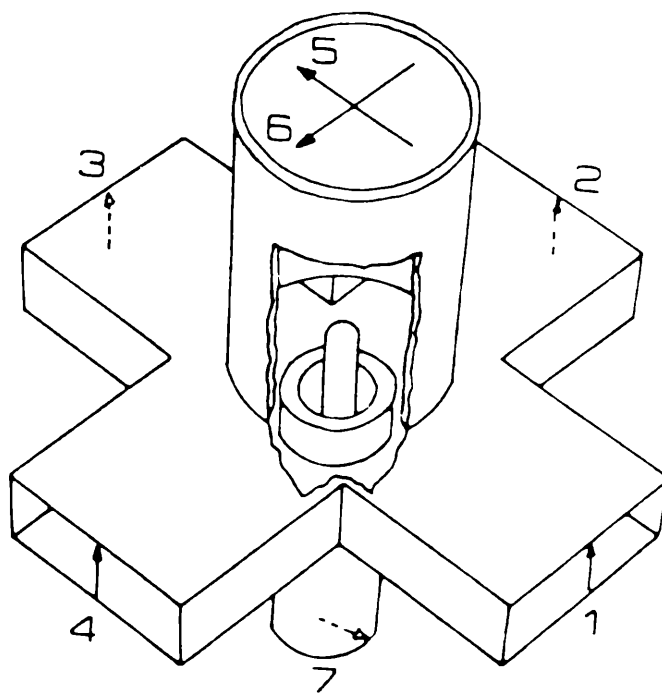


Fig. 2: TURNSTILE

ajustado, es capaz de separar las componentes linealmente polarizadas del campo eléctrico de una onda incidente que están contenidas en dos planos de polarización perpendiculares entre sí. Con la información de amplitud y fase de las dos componentes anteriormente mencionadas, se podrá eventualmente determinar el tipo de polarización de la señal que se reciba.

La conexión entre el alimentador y el turnstile se realiza por medio de una guía de onda circular, y la salida de las dos componentes de polarización se logra a través de adaptadores guía de onda rectangular a cable coaxial.

Una vez obtenidas las componentes de polarización lineal, éstas son manejadas por dos receptores separados y apareados respecto a la rotación de fase que puedan producir en las señales.

La sensibilidad de un receptor es función de la temperatura de ruido total del sistema. La figura de ruido de una cadena amplificadora depende fundamentalmente de la figura de ruido de la primera etapa. Por esta razón el primer amplificador del receptor debe estar optimizado para la menor figura de ruido.

La tecnología alcanzada en el desarrollo de transistores de efecto de campo de Arseniuro de Galio, permite la construcción de amplificadores de bajo ruido con ciertas ventajas sobre los amplificadores paramétricos. Estas pueden resumirse en la siguiente forma: a) Menor complicación circuital, ya que se trata de un transistor montado en una plaqueta de circuito impreso, con las redes adaptadoras de impedancia de entrada y salida realizadas con elementos reactivos discretos, sin que se presenten mayores problemas para su desarrollo en el laboratorio del IAR. b) Se necesitan solamente dos fuentes de alimentación de c.c. de baja tensión. c) Mayor estabilidad de ganancia con respecto a la temperatura. d) Mayores anchos de banda, del orden de 400 MHz. e) Tamaño reducido, que permite mayores facilidades para eventualmente enfriarlo a temperaturas criogénicas. f) Características de ruido comparables a la de los amplificadores paramétricos. g) Suficiente rango dinámico que permite que el amplificador sea utilizado antes del filtro pasabandas sin que se produzca saturación por señales espurias presentes.

En base a los conceptos expuestos anteriormente, se han desarrollado en el laboratorio del IAR los primeros prototipos de dichos amplificadores, obteniéndose temperaturas de ruido del orden de 60° K trabajando a temperatura ambiente de 20° C, siendo la ganancia de una etapa del orden de 10 db.

El receptor en construcción tendrá dos etapas amplificadoras con FET de As Ga por rama.

Entre el turnstile y el amplificador de bajo ruido se coloca un acoplador direccional por rama, para la inyección de la señal de calibración proveniente de un diodo de ruido. Esta señal se introduce en las ramas del polarímetro y debe estar correlacionada en fase y amplitud para permitir la calibración del sistema.

La fig. 3 muestra el sistema de calibración que consta de una fuente de ruido de calibración, que estará permanentemente encendida por razones de estabilidad, y una llave a diodos PIN, que será controlada para inyectar la señal de calibración en las dos ramas del polarímetro. Además el sistema posee una fuente de ruido adicional con un atenuador PIN controlado por una fuente de corriente, para la inyección de señales de ruido de calibración variables.

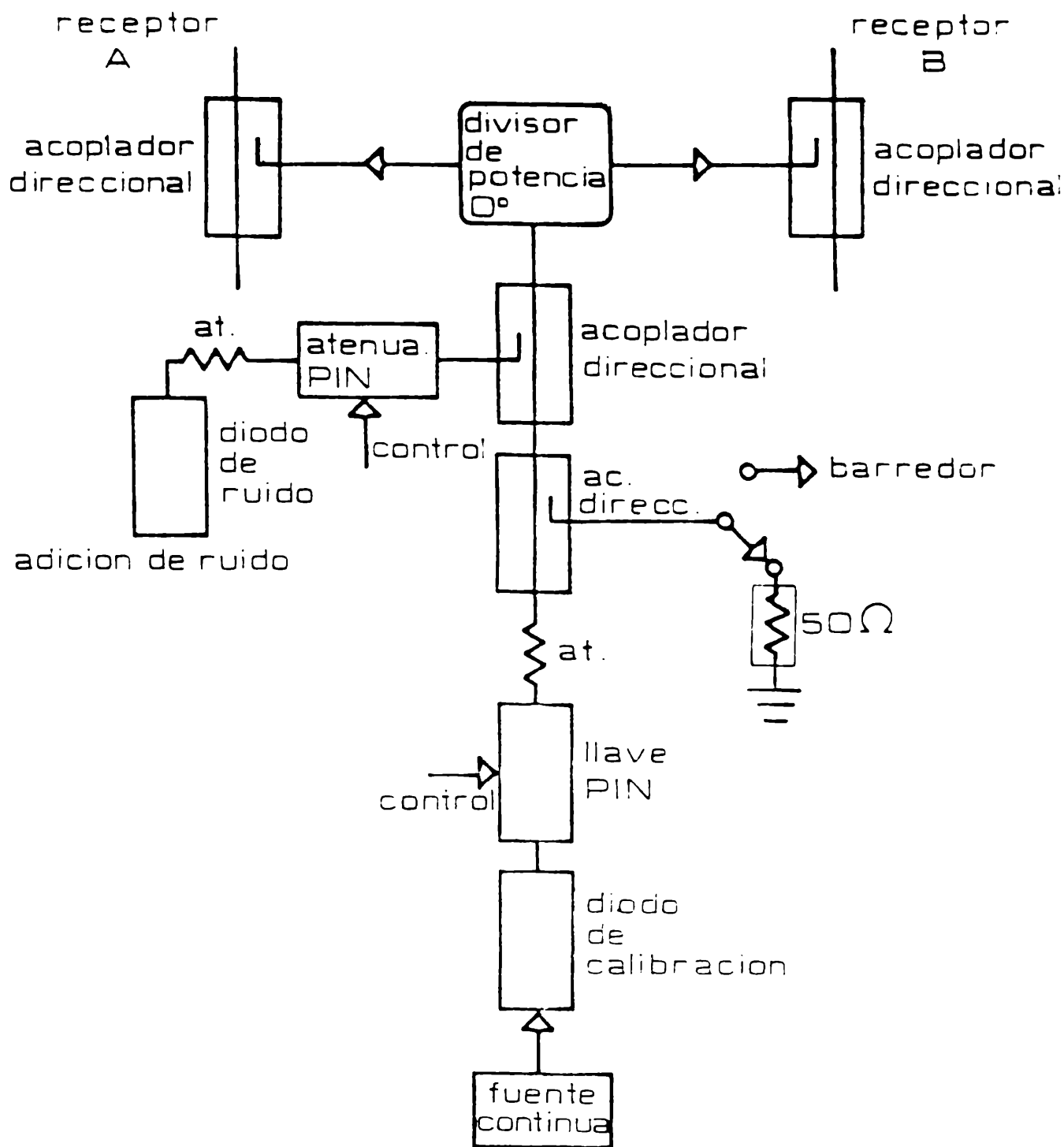


Fig. 3: Sistema de ruido de calibración

La ganancia necesaria para obtener el nivel de entrada adecuado al primer mezclador se logra por medio de un conjunto de etapas amplificadoras transistorizadas cuya ganancia es de 44 db, con una figura de ruido de 2,8 db a temperatura ambiente de 20°C.

El receptor es de simple banda lateral, por lo que utiliza un filtro situado antes del primer mezclador que selecciona la banda de frecuencia deseada. Dicho filtro, construido en el IAR, es de tipo interdigital, con cuatro resonadores, diseñado para una frecuencia central de 1420 MHz, con un ancho de banda del 4% y un ripple menor que 0,3 db en la banda de transmisión. La pérdida de inserción es del orden de 0.5 db. La utilización de este tipo de filtro en la cadena del receptor está supeditada a la medida de la rotación de fase que aún se debe realizar. Esta debe ser lineal en función de la frecuencia y

debe mantenerse para dos unidades independientes, como así también un apareamiento de la rotación de fase entre ellos. De no cumplir este filtro con las especificaciones anteriormente mencionadas, deberá hacerse un diseño para mayor ancho de banda a fin de lograr el propósito deseado.

La primera conversión se realiza en el cabezal del receptor. El oscilador local está generado por un multiplicador de módulo 9 que es excitado por una señal cuya frecuencia de referencia es del orden de 171 MHz.

La primera frecuencia intermedia es de 150 MHz y son estas dos señales las que se transportan a la Sala de Control para su posterior procesamiento. El equipo hasta aquí descrito se alojará en una caja con su temperatura controlada y será ubicado en el foco de un paraboloide de 30m de diámetro a 30m de altura.

III. ESTADO ACTUAL DE LOS TRABAJOS

La etapa de diseño del alimentador y el turnstile ha sido finalizada, y se está llevando a cabo la construcción de estos dos elementos con material de aluminio.

El diseño y construcción de los amplificadores de bajo ruido con transistores de efecto de campo de Arseniuro de Galio y con transistores bipolares ya ha sido terminado. Estos fueron realizados utilizando el método de adaptación de impedancias mediante líneas de transmisión sobre material de circuito impreso (caso de los transistores bipolares) y mediante elementos discretos (caso del Ga As FET). Las mediciones realizadas aseguran para los amplificadores con FETS una temperatura de ruido menor que 60°K.

El filtro imagen interdigital fue diseñado y construido en el IAR. Las características de dicho elemento fueron enunciadas anteriormente.

La frecuencia de referencia para generar la señal del primer oscilador local se obtiene a través de una combinación de señales cuya frecuencia está controlada por cristales de cuarzo. Para observaciones en el continuo se necesita solamente una frecuencia de referencia fija, pero para futuras observaciones en la línea se ha previsto la construcción de un oscilador de frecuencia variable cuyo diagrama en bloques se muestra en la fig. 4. El sistema de oscilador local ya ha sido finalizado.

El transporte de la señal de referencia para el primer oscilador local y las señales de radiofrecuencia se realizará por medio de cables coaxiales con dieléctrico de aire de baja constante de atenuación a fin de obtener bajos valores de cambios de fase en función de la temperatura. Dichos cables se colocarán en caños subterráneos a aproximadamente 1m de profundidad, donde se supone que la variación de la temperatura ambiente es muy reducida.

La línea de frecuencia intermedia de 150 MHz ya ha sido diseñada y se procederá a la construcción y medida a corto plazo. En este caso se utilizarán amplificadores de anchos de banda grandes, montados sobre líneas de transmisión en circuito impreso (microstrip lines).

La próxima etapa del trabajo involucra la discusión y definición del diagrama en bloques de la parte posterior del receptor que se alojará en la Sala de Control, como así también el sistema de adquisición de datos y su procesamiento por medio de computadora.

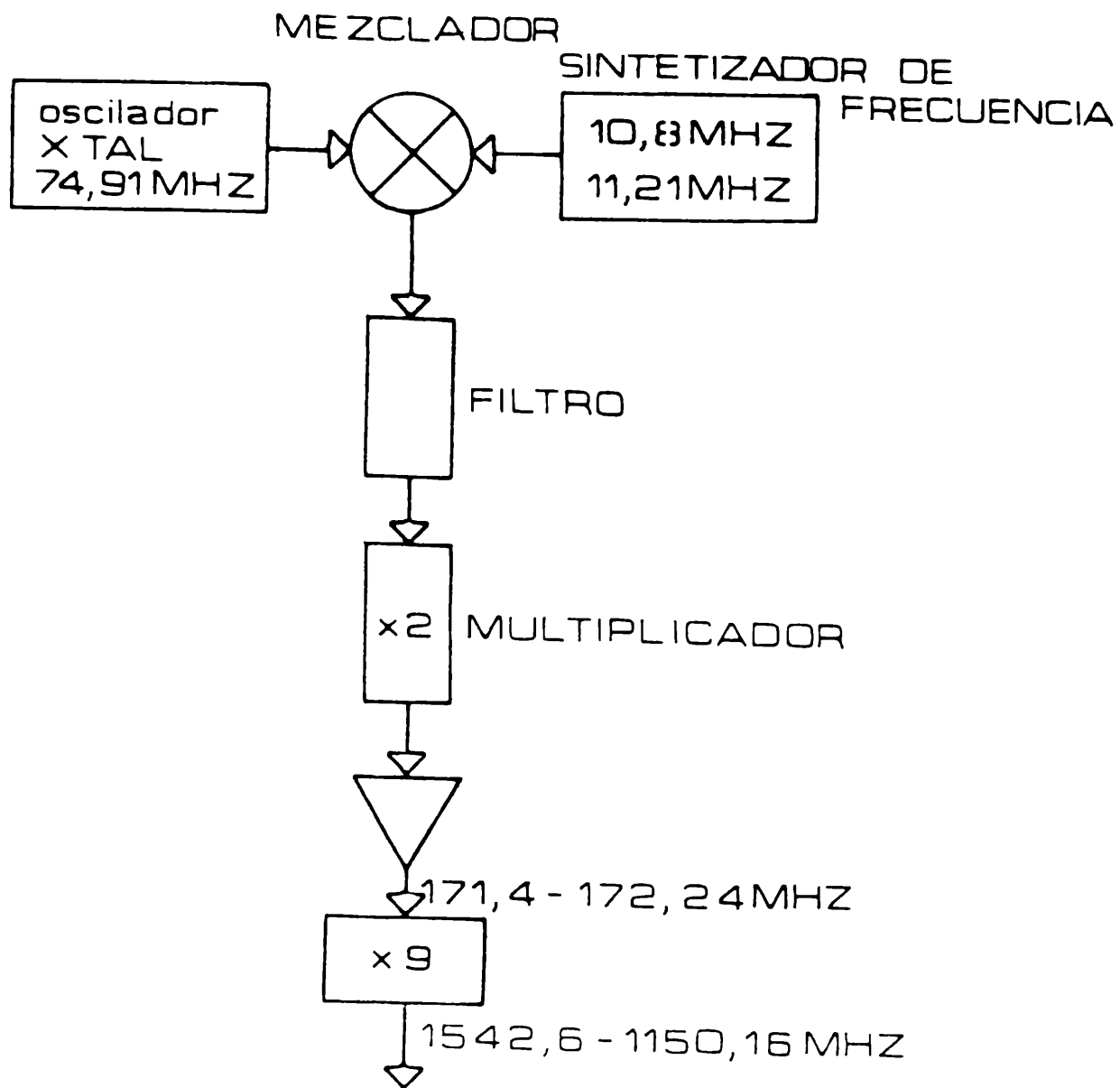


Fig. 4: Oscilador local

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los señores A. Yovino, J.J. Larrarte, A. Santoro, Z. Swidrak y E. Hurrell la invaluable colaboración brindada para que el presente trabajo se concretara.

Asimismo hacemos extensivo dicho agradecimiento a los miembros del Departamento de Mecánica del IAR por los valiosos aportes en la construcción de las distintas partes del equipo.

Referencias

- 1) Kraus, John D. Radio Astronomy
- 2) Jelszajn, J. Passive and Active Microwaves Circuits
- 3) Burns, Darrell M. Internal Report N° 197. National Radio Astronomy Observatory
- 4) Williams, D.R. y Weinreb, S. Report National Radio Astronomy Observatory.
- 5) Simmons, A.J. y Kay, A.F. The Scalar FEED. A High Performance Feed for large paraboloid reflectors.
- 6) Metcalf, W. Graphs Speed Design on Interdigital Filters Microwaves. FEB 1967.