

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1372-1*

Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones de radar del servicio de radiodeterminación

(Cuestiones UIT-R 35/8 y UIT-R 216/8)

(1998-2003)

Resumen

Esta Recomendación señala algunos de los métodos que pueden utilizarse para mejorar la compatibilidad entre los sistemas de radar que funcionan en las bandas de radiodeterminación. Se consideran varias técnicas de supresión de la interferencia tras la detección por el receptor, actualmente utilizadas en los radares de radionavegación, radiolocalización y meteorológicos, así como las soluciones de compromiso correspondientes (limitaciones) a las que debe llegarse en cuanto a calidad de funcionamiento del sistema al utilizar las técnicas de supresión de la interferencia.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el espectro radioeléctrico disponible para el servicio de radiodeterminación es limitado;
- b) que el servicio de radiodeterminación proporciona funciones esenciales;
- c) que las características de propagación y de detección del blanco para llevar a cabo estas funciones son óptimas en ciertas bandas de frecuencias;
- d) que el ancho de banda necesaria de las emisiones procedentes de las estaciones de radar del servicio de radiodeterminación es muy amplia comparada con la de las emisiones procedentes de estaciones de otros muchos servicios;
- e) que puede lograrse una utilización eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas por parte de las estaciones de radar del servicio de radiodeterminación reduciendo las emisiones no deseadas del transmisor y utilizando técnicas de supresión de la interferencia;
- f) que los métodos para reducir las emisiones no esenciales de las estaciones de radar que funcionan en las bandas de 3 GHz y 5 GHz se tienen en cuenta en la Recomendación UIT-R M.1314;
- g) que el ciclo de trabajo reducido de los sistemas de radar admite el empleo de técnicas de supresión de la interferencia para permitir a las estaciones de radar próximas la utilización de la misma frecuencia,

recomienda

- 1 que para mejorar la utilización eficaz del espectro por el servicio de radiodeterminación, en las estaciones de radar se considere la utilización de técnicas de supresión de la interferencia tales como las que figuran en el Anexo 1, sin limitarse solamente a esas técnicas.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), el Comité Internacional Radiomarítimo (CIRM) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Anexo 1

Técnicas de supresión de la interferencia

1 Introducción

A medida que la demanda de espectro para las bandas de radiodeterminación aumente, los nuevos sistemas de radar deberán utilizar el espectro de manera cada vez más eficaz. Habrá zonas en el mundo donde los sistemas de radiodeterminación deberán funcionar en entornos de alta densidad de impulsos. Por consiguiente, muchos sistemas de radar pueden verse sometidos a la interferencia impulsiva a la hora de realizar sus funciones. La incorporación de circuitos para la supresión de la interferencia o de un programa informático que se encargue de esta labor en el diseño de los nuevos sistemas de radar asegurará que se satisfacen los requisitos de calidad de funcionamiento del sistema en el tipo de entorno de interferencia impulsiva previsto.

Las técnicas de supresión de la interferencia se clasifican generalmente en tres categorías: transmisor, antena y receptor. Las técnicas de supresión de la interferencia en el receptor son las más ampliamente utilizadas y se dividen en técnicas de predetección, detección y postdetección.

A continuación se examinan brevemente varias técnicas de supresión de la interferencia utilizadas actualmente en los radares de radionavegación, radiolocalización y meteorológicos. También se consideran las soluciones de compromiso (limitaciones) a las que ha habido que llegar con respecto a la calidad de funcionamiento del sistema en muchas de las técnicas de supresión de la interferencia.

2 Supresión de exploración del haz de la antena

Las interacciones entre dos radares de tipos diferentes casi siempre origina asincronismo entre la exploración de los dos haces de la antena. En consecuencia, las situaciones que normalmente son problemáticas están limitadas a:

- lóbulo lateral/lóbulo posterior del radar a lóbulo lateral/lóbulo posterior de radar;
- haz principal del radar a lóbulo lateral/lóbulo posterior de radar;
- lóbulo lateral/lóbulo posterior del radar a haz principal de radar.

Los niveles de lóbulo lateral y de lóbulo posterior de la antena son determinados en general por el tipo de antena del radar (por ejemplo, reflector, elementos de antena con ranura, o elementos en fase distribuidos). Las antenas de tipo reflector suelen tener niveles promedio de lóbulo lateral de antena de -10 dBi. En consecuencia, el acoplamiento de lóbulo posterior a lóbulo posterior suele ser 70 a 80 dB más débil que el acoplamiento de haz principal a haz principal. Las antenas con elementos de ranuras y las antenas con elementos en fase distribuidos pueden lograr niveles de lóbulo posterior de aproximadamente -30 a -40 dBi resultantes en un acoplamiento de lóbulo posterior a lóbulo posterior de 90 a 120 dB generalmente más débil que el acoplamiento de haz principal a haz principal.

La potencia acoplada entre dos radares (radar 1 y radar 2) es proporcional a la suma de la ganancia de la antena del radar 1 en la dirección del radar 2 y la ganancia de la antena del radar 2 en la dirección del radar 1. La suma de las dos ganancias de antena ($G_1(\text{dBi}) + G_2(\text{dBi})$) se denomina corrientemente como ganancia mutua de antena. A medida que las dos antenas rotan, la ganancia mutua fluctúa rápidamente en grandes magnitudes. Como las rotaciones de las dos antenas de los radares son asíncronas, es decir, como sus velocidades de rotación no están relacionadas racionalmente, un punto cualquiera en cada diagrama de antena de uno de los radares está en la

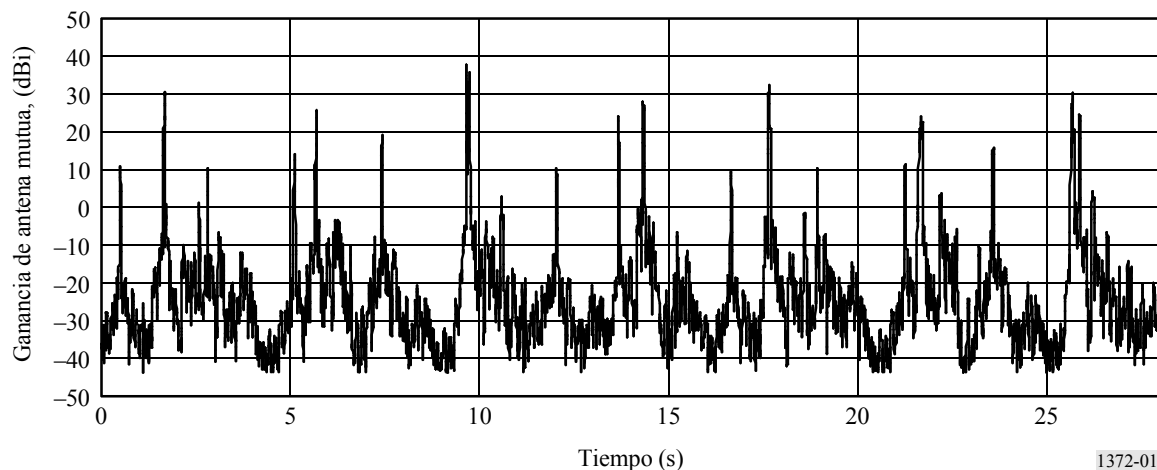
dirección del otro radar que se desplaza progresivamente a través de cada punto en el diagrama del otro radar. A la larga, la cresta de lóbulo principal de cada antena apuntará hacia el otro radar al mismo tiempo. Sin embargo, ese evento será sumamente raro y momentáneo. La gran parte del tiempo, la iluminación de cada radar por el haz principal del otro radar ocurrirá cuando el otro radar ilumina al primero en su lóbulo lateral débil.

Éste es especialmente el caso de los radares tridimensionales, que utilizan haces puntuales explorando en elevación y en acimut, interactúan con radares bidimensionales, que casi siempre exploran invariablemente sólo en acimut. De este modo, los haces puntuales de los radares tridimensionales normalmente emplean gran parte del tiempo buscando regiones por encima del horizonte, donde no pueden ser afectados con los radares de radionavegación basados en la superficie. Además, algunos radares tridimensionales utilizan a menudo orientación y exploración electrónicas en diagramas deliberadamente pseudoaleatorios o diagramas que son casi aleatorios porque se adaptan al entorno de los objetivos. En tales casos, el haz principal de los radares tridimensionales revisitan el sentido de radares bidimensionales solamente a intervalos regulares en vez de periódicamente. El hecho de que los haces principales de todos los radares sean estrechos hace que la fracción de tiempo durante la cual prevalecen las conjunciones de haz principal a haz principal sea extremadamente pequeña.

La Fig. 1 muestra un diagrama temporal de ganancia mutua entre dos antenas de radar de elementos planares con ambos haces de antena de radar explorando el horizonte. La Fig. 2 muestra el diagrama temporal de ganancia mutua entre dos radares de elementos planares con un haz de los radares que explora 45° por encima del horizonte. La Fig. 3 muestra una distribución de ganancia de antena mutua para dos radares de antena de tipo reflector con ganancias de 27 dBi en el horizonte. La Figura muestra que sólo durante el 3% del tiempo la ganancia de antena mutua excede de 0 dBi, y que durante el 50% del tiempo la ganancia de antena mutua está por debajo de -19 dBi. La Fig. 3 muestra también curvas de ganancia mutua de antena para dos antenas de elementos planares con los haces principales de ambos radares en el horizonte, y con un haz principal elevado 45° .

FIGURA 1

Muestra de ganancia de antena mutua para antenas de radares de radiolocalización y radionavegación de elementos planares con el haz de radiolocalización en el horizonte (abarca siete exploraciones de la antena del radar de radiolocalización)



1372-01

FIGURA 2

Muestra de ganancia de antena mutua para antenas de radares de radiolocalización y radionavegación de elementos planares con el haz de radiolocalización elevado 45° (abarca siete exploraciones de la antena del radar de radiolocalización)

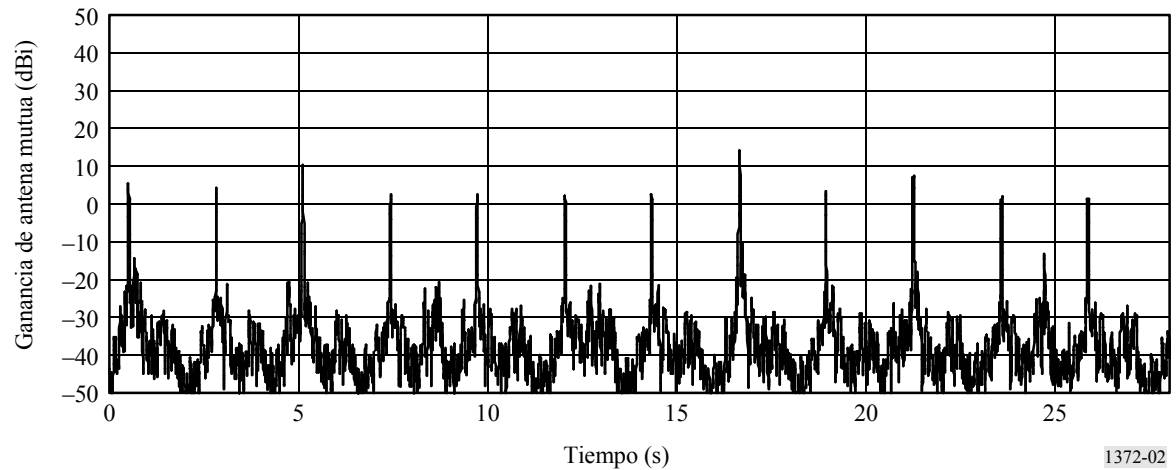
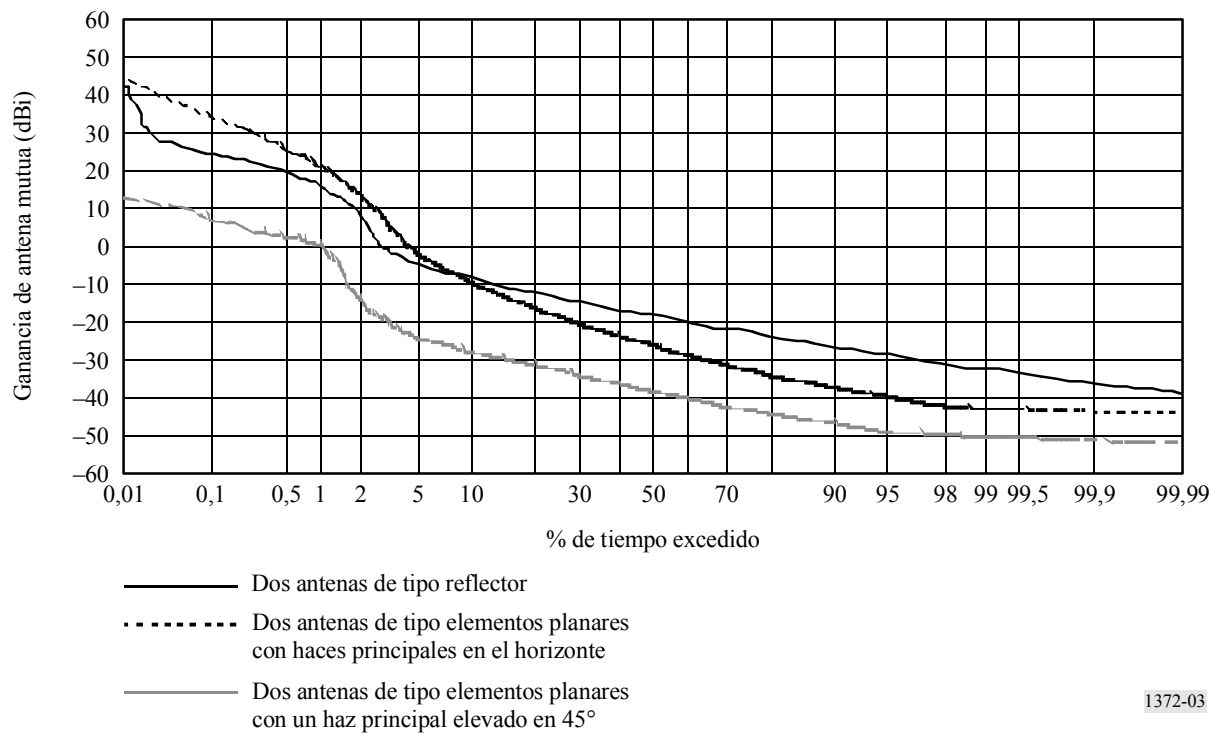


FIGURA 3



3 Integrador

El proceso de suma de los impulsos del eco procedente de un blanco se denomina integración. Los integradores se utilizan generalmente en los radares por dos razones:

- amplificar las señales débiles procedentes de los blancos deseados para poder realizar una presentación PPI (indicador de posición en plano),
- suprimir la interferencia impulsiva asíncrona.

El principio del integrador de vídeo del radar radica en que la señal de radar devuelta por un blanco consiste en una serie de impulsos generados a medida que el haz de la antena de radar explora dicho blanco y todos esos impulsos se producen en el mismo intervalo en periodos sucesivos (de forma síncrona con los impulsos transmitidos por el radar). Esta serie de impulsos síncronos procedentes de un blanco permite la integración de los ecos del blanco para amplificar las señales débiles. El integrador también suprime la interferencia impulsiva asíncrona (impulsos que son asíncronos con los impulsos transmitidos por el radar) ya que los impulsos interferentes no estarán separados en el tiempo por el periodo del radar y, por consiguiente, no aparecerán en el mismo intervalo en periodos sucesivos. Por lo tanto, la interferencia asíncrona no tiene carácter aditivo y puede suprimirse.

En los sistemas de radar se han utilizado básicamente dos tipos de integradores. El tipo más común de integrador es el integrador con realimentación mostrado en la Fig. 4. En unos cuantos radares de radionavegación también se ha empleado el integrador binario representado en la Fig. 5.

En la Fig. 6 puede verse una salida simulada para un eco de blanco deseado (ancho del impulso = $0,6 \mu\text{s}$, frecuencia de repetición de impulsos (PRF, *pulse repetition frequency*) = 1 000) sin integración y con una relación señal/ruido, (S/N), de 15 dB. La Fig. 7 presenta la salida simulada de un radar sin integración, en presencia de la señal deseada y con tres fuentes de interferencia (fuente de interferencia 1, ancho del impulso = $1,0 \mu\text{s}$, PRF = 1 177; fuente de interferencia 2, ancho del impulso = $0,8 \mu\text{s}$, PRF = 900; fuente de interferencia 3, ancho del impulso = $2,0 \mu\text{s}$, PRF = 280) para unas relaciones interferencia/ruido (I/N) de 10, 15 y 20 dB respectivamente.

FIGURA 4
Diagrama de bloques del integrador con realimentación

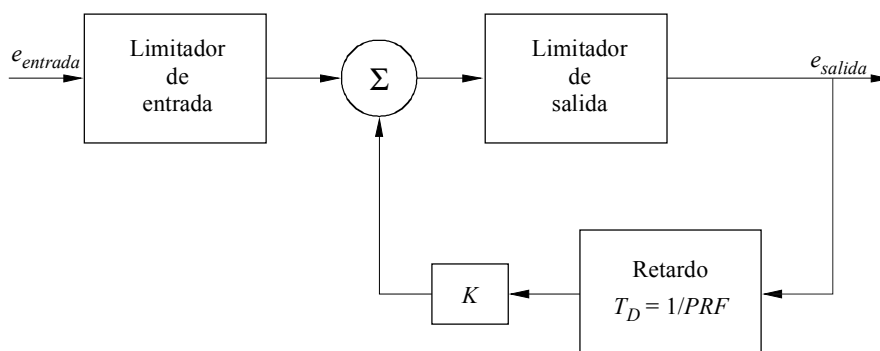
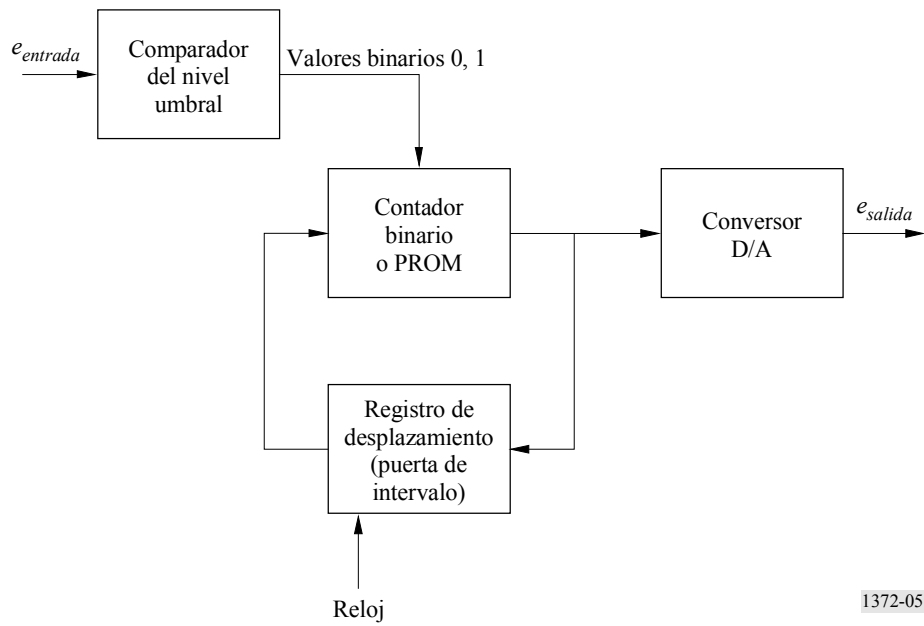
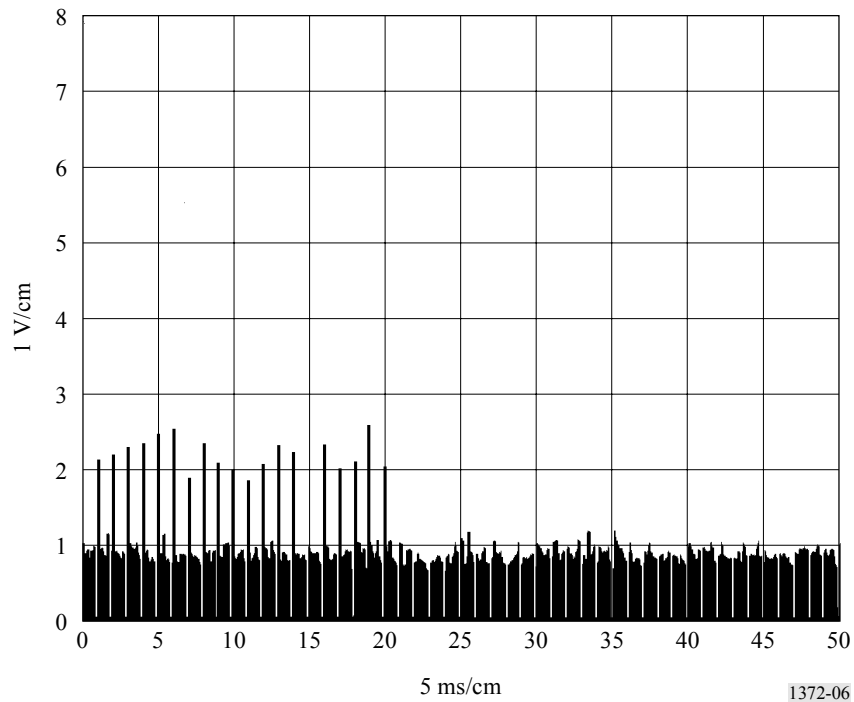


FIGURA 5
Diagrama de bloques del integrador binario



1372-05

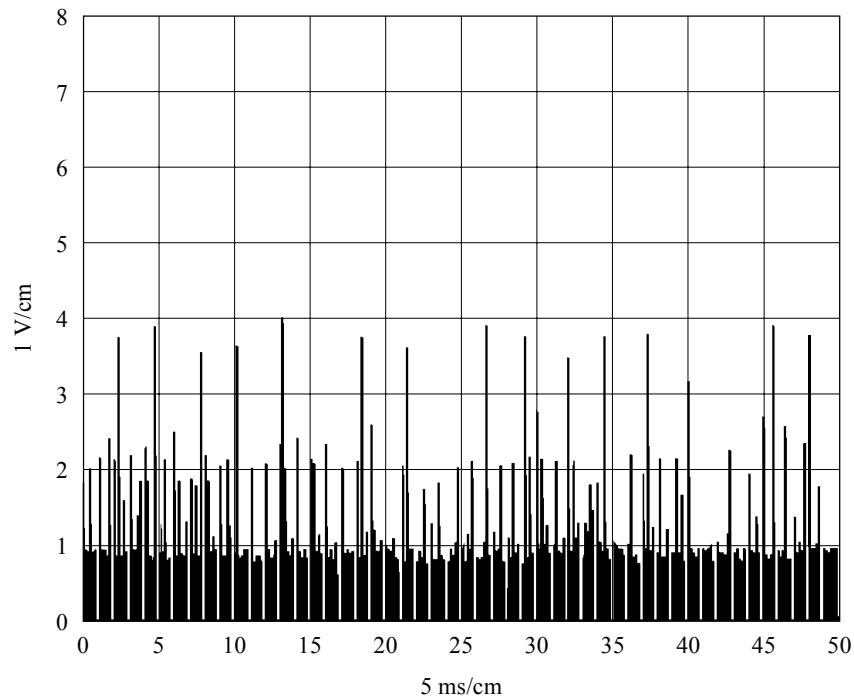
FIGURA 6
Salida simulada de radar sin integrador para
 $S/N = 15$ dB



1372-06

FIGURA 7

Salida simulada de radar sin integrador y en presencia de interferencia



S/N deseada = 15 dB
 Fuente de interferencia 1, $I/N = 10$ dB
 Fuente de interferencia 2, $I/N = 15$ dB
 Fuente de interferencia 3, $I/N = 20$ dB

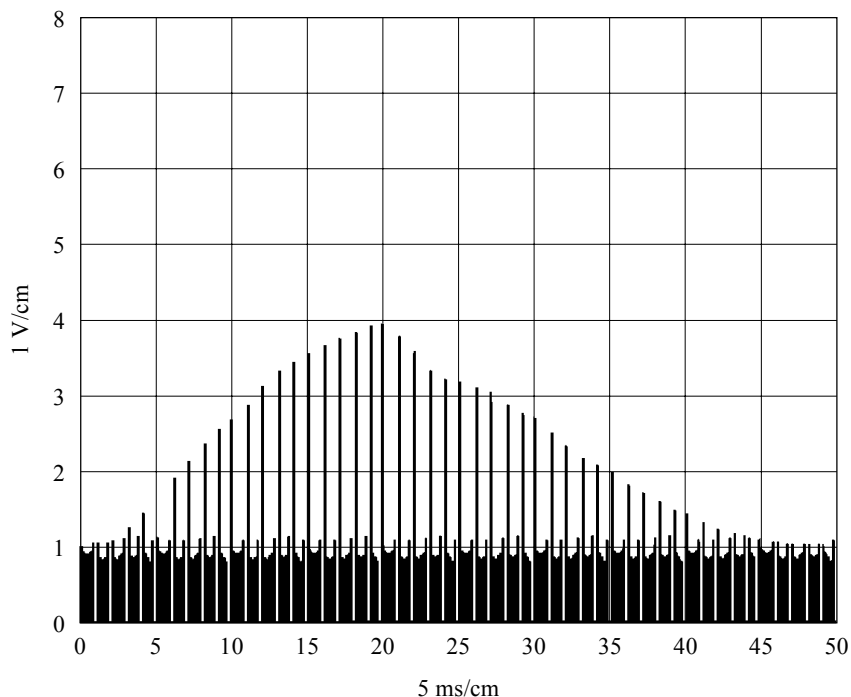
1372-07

3.1 Integrador con realimentación

El integrador con realimentación mostrado en la Fig. 4 consta de un limitador de entrada, un circuito sumador y un bucle de realimentación con un limitador de salida y un circuito que introduce un retardo igual al tiempo transcurrido entre los impulsos del transmisor ($1/PRF$) en los radares que utilizan trenes de impulsos no escalonados. La ganancia total, K , del bucle de realimentación es inferior a la unidad para evitar la inestabilidad. El limitador de entrada actúa como un circuito recortador de la señal de vídeo para proporcionar un nivel constante de los impulsos de entrada al integrador con realimentación y es un elemento necesario en la circuitería del integrador para suprimir la interferencia impulsiva asíncrona. El nivel establecido por el limitador de entrada normalmente es ajustable y controla las propiedades de transferencia del integrador con realimentación. En la Fig. 8 puede observarse la salida del radar para la misma condición de interferencia mostrada en la Fig. 7, utilizando un integrador con realimentación y para un nivel de entrada limitado a 0,34 V. La interferencia asíncrona ha sido suprimida por el integrador con realimentación.

FIGURA 8

Salida simulada de radar que utiliza un integrador con realimentación y en presencia de interferencia



S/N deseada = 15 dB

Fuente de interferencia 1, $I/N = 10$ dB

Fuente de interferencia 2, $I/N = 15$ dB

Fuente de interferencia 3, $I/N = 20$ dB

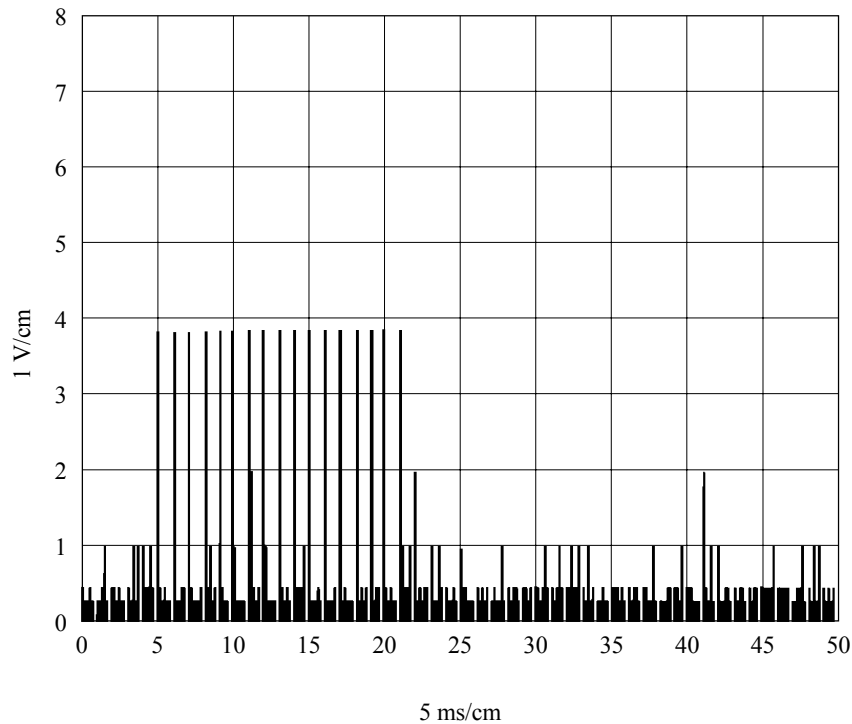
1372-08

3.2 Integrador binario

El integrador binario que aparece en la Fig. 5 consta de un detector o comparador con el nivel umbral, de un contador binario o lógica programable de memoria de sólo lectura (PROM) (circuito sumador/restador), de una memoria de registro de desplazamiento multibit y de un convertor digital/analógico (D/A). Cada periodo entre impulsos se divide en intervalos. Cada vez que el impulso del eco procedente de un blanco, el ruido y/o la interferencia rebasan el nivel umbral del comparador, el contador binario o la PROM pasa al siguiente nivel. Para esta simulación, se utilizó una lógica PROM con progresiones de estado no lineal de 1, 2, 4, 8, 16 y 31. Si los sucesivos impulsos del tren de impulsos del eco del blanco continúan teniendo un valor superior al del umbral del comparador en el intervalo de que se trata, la PROM avanza al siguiente estado programado más alto hasta que se llega al nivel máximo del integrador de 31. Si en cualquier periodo PRF la señal no rebasa el umbral del comparador, la lógica PROM desciende al estado programado siguiente más bajo hasta que se alcanza el nivel de estado cero. La resta proporciona la disminución necesaria de la señal del tren de impulsos causados por el eco del blanco una vez que el haz de la antena ha pasado por el blanco y permite igualmente la supresión de las señales interferentes asíncronas. La amplitud de tensión a la salida del convertor D/A del integrador se determina mediante el nivel del contador binario o de la PROM (0 a 31) para el intervalo de que se trata, multiplicado por 0,125 V. Por consiguiente, para un nivel del contador binario de 31, la máxima tensión de salida sería de 3,875 V ($31 \times 0,125$). La Fig. 9 representa la salida del radar para la misma condición de interferencia de la Fig. 7 tras la integración binaria. La interferencia asíncrona ha sido suprimida por el integrador binario.

FIGURA 9

Salida simulada de radar con integrador binario
y en presencia de interferencia



S/N deseada = 15 dB

Fuente de interferencia 1, $I/N = 10$ dB

Fuente de interferencia 2, $I/N = 15$ dB

Fuente de interferencia 3, $I/N = 20$ dB

1372-09

3.3 Compromisos

Desplazamiento acimutal del blanco:	0,9°	(0,7 ancho del haz) para el integrador con realimentación
	0,2°	(0,2 ancho del haz) para el integrador binario
Resolución angular:	1,2°	(0,9 ancho del haz) para el integrador con realimentación
	0°	(0 ancho del haz) para el integrador binario.

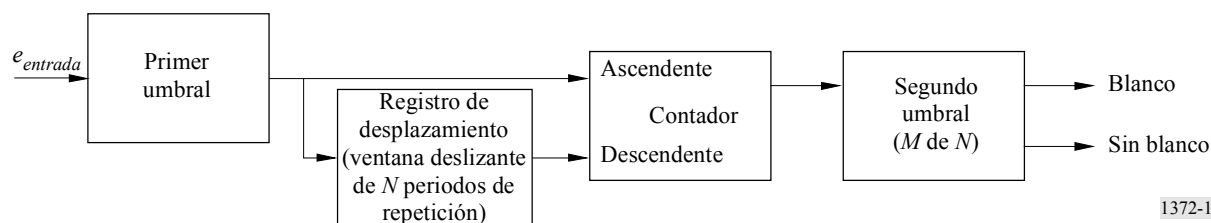
3.4 Sensibilidad de la señal deseada

Aproximadamente hay una disminución de 1 dB cuando el integrador se ajusta para suprimir la interferencia impulsiva con el modo vídeo normal y con el modo de indicación de blancos móviles (MTI, *moving target indicator*) en el modo de supresión de impulsos 2 y 3 sin realimentación. Sin embargo, en el modo MTI con realimentación, la pérdida de sensibilidad puede llegar a 2 dB debido a la necesidad de ajustar el limitador de entrada del integrador para limitar el nivel de interferencia por debajo del nivel de ruido inherente en el receptor.

4 Detección con doble umbral

El detector de doble umbral, algunas veces denominado detección secuencial, utiliza una técnica de procesamiento de la señal postdetección empleada en los radares de radionavegación y de búsqueda. La función del circuito de detección con doble umbral consiste en extraer o identificar los blancos verdaderos en los trenes de impulsos procedentes de los blancos de radar. Sin embargo, el método de doble umbral de detección también tiene la capacidad propia de suprimir las falsas alarmas causadas por la interferencia impulsiva asíncrona. La Fig. 10 representa un diagrama de bloques simplificado de un detector de este tipo.

FIGURA 10
Diagrama de bloques del detector de doble umbral



1372-10

El detector de «doble umbral» establece un nivel T , que es el «primer umbral», a la salida del radar, detector o filtro Doppler y a continuación realiza el cómputo del número de impulsos cuya amplitud rebasa dicho nivel, T , en una «ventana de tiempo deslizante». Esta ventana consta de N periodos de repetición sucesivos en un intervalo determinado, siendo N aproximadamente igual al número de impulsos emitidos mientras el haz efectúa la exploración de un ángulo igual al ancho de haz de la antena de potencia mitad. Si en un intervalo determinado el número de impulsos que rebasan el valor T en la ventana deslizante es superior o igual a un número previamente asignado, M , que es el «segundo umbral» se considera que en ese intervalo hay un blanco. Los valores del primer umbral, T , y del segundo umbral, M , se eligen de forma que se obtenga un valor determinado de la probabilidad de falsa alarma, P_{fa} , y de la probabilidad de detección, P_d .

Existen criterios de detección con doble umbral más complejos que el indicado anteriormente. Por ejemplo, puede utilizarse un tamaño de ventana fijo estableciéndose los niveles de primer umbral con unos flancos anterior y posterior distintos. Además, también puede emplearse un tamaño de ventana variable con los niveles del primer umbral con flancos anterior y posterior distintos.

De forma intuitiva puede deducirse que la técnica de doble umbral sería útil para disminuir los efectos de la interferencia impulsiva síncrona. Los ecos del blanco recibidos a medida que el haz explora dicho blanco aparecerán en el mismo periodo. Sin embargo, no es probable que los pulsos interferentes que surgen aleatoriamente en el periodo de repetición aparezcan en un intervalo determinado más de unas pocas veces en N periodos de repetición, a menos que la densidad impulsiva interferente sea extremadamente elevada.

4.1 Compromisos

El detector de doble umbral presenta una característica de probabilidad de detección de blanco ligeramente inferior que la de los integradores que realizan una suma de los impulsos procedentes del eco de blanco. La característica (P_d y P_{fa}) del detector de doble umbral en la supresión de la interferencia impulsiva asíncrona depende de los valores tanto del primero como del segundo umbral.

5 Discriminador PRF

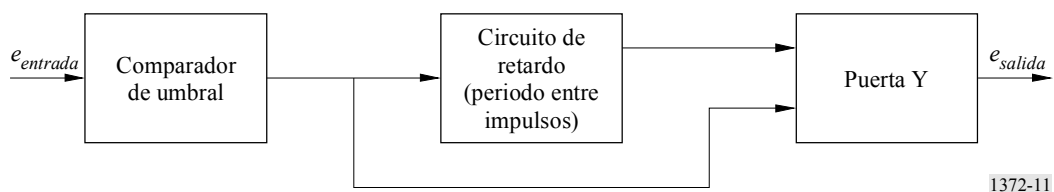
La Fig. 11 muestra un diagrama de bloques simplificado de un discriminador PRF, algunas veces denominado correlador de impulso a impulso. El discriminador PRF utiliza un comparador de umbral, un circuito de retardo (registro de desplazamiento) y un circuito de coincidencia (puerta Y) para suprimir los impulsos de interferencia asíncrona que no tengan la misma PRF (periodo entre impulsos) que la señal deseada. El discriminador normalmente funciona en la señal de vídeo, los impulsos procedentes del blanco con valores superiores al umbral pasan por el comparador; un periodo de repetición de impulsos después, un segundo impulso procedente del blanco llega a la entrada del circuito de coincidencia en el mismo instante en que el primer impulso sale del registro de desplazamiento. En este esquema, se procesa todo el tren de impulsos procedente del eco del blanco salvo el primer impulso. El nivel umbral del comparador se fija normalmente para una relación umbral/ruido de 6 a 8 dB. Pueden diseñarse discriminadores PRF más complejos para suprimir los múltiplos de la PRF de la señal deseada.

5.1 Compromisos

El discriminador PRF no amplifica la señal deseada como lo hacen los circuitos del integrador con realimentación y del integrador binario. Además, se produce una pérdida en la sensibilidad de la señal deseada que es función del nivel umbral del comparador.

FIGURA 11

Diagrama de bloques del discriminador PRF



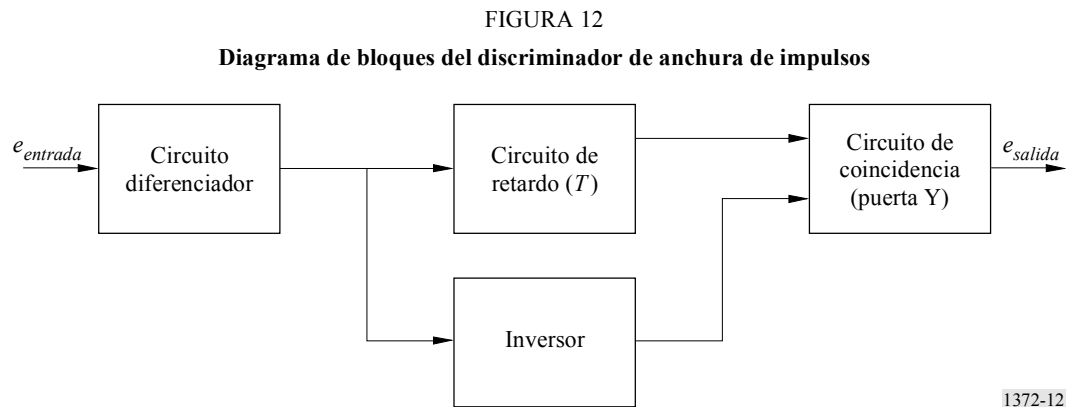
6 Discriminador de ancho de impulsos

Si el ancho del impulso de la señal interferente es distinta a la del radar interferido, puede utilizarse esta circunstancia para proporcionar un método de discriminación. En la Fig. 12 se representa un método de realización de un discriminador de el ancho de impulso. El impulso de entrada se diferencia y se divide en dos canales. En un canal, el impulso diferenciado se retarda un tiempo correspondiente al ancho del impulso deseado, τ , y en el otro canal se invierte el impulso diferenciado. Si el impulso de entrada fuese de ancho τ , el flanco posterior del impulso invertido diferenciado coincidiría en el tiempo con el flanco anterior del impulso retardado un tiempo τ . El circuito de coincidencia permite el paso de las señales en los dos canales únicamente si coinciden exactamente en el tiempo. Si el impulso de entrada no tuviese el ancho τ , las dos crestas no coincidirían en el tiempo y el impulso sería rechazado.

Los discriminadores de ancho de impulso generalmente no son eficaces contra la interferencia desintonizada debido a la respuesta inherente al impulso en la salida de frecuencia intermedia (FI) del receptor en los flancos anterior y posterior de una señal impulsiva no sintonizada. Las respuestas al impulso de los flancos anterior y posterior de una señal impulsiva no sintonizada son cada una de ellas normalmente similares al ancho total del impulso de la señal deseada debido a la actuación del filtro de FI del radar adaptado.

6.1 Compromisos

La utilización de discriminadores de ancho de impulso da lugar normalmente a una disminución en la sensibilidad del receptor y en la probabilidad de detección.



7 Discriminación por amplitud de los impulsos

La discriminación por amplitud de los impulsos se puede utilizar para suprimir la interferencia impulsiva síncrona si los niveles de la señal interferente se encuentran varios dB por encima del nivel de ecos parásitos o de ruido del receptor. En una de las técnicas de discriminación por amplitud de los impulsos, el nivel de la señal en el mismo intervalo se suma durante varios periodos de impulsos de radar consecutivos. A continuación, se almacena la magnitud de la tensión y se calcula el valor medio de la misma. Luego se comparará la tensión en cada intervalo con un valor 4 ó 5 veces superior al valor medio. Si en cualquier intervalo se rebasa este número, se sustituye por el valor medio de los intervalos. Cuando se produce interferencia únicamente en uno de los intervalos y ruido en el resto, la interferencia impulsiva asíncrona con un valor de cresta de la I/R mayor de 12 a 14 dB (dependiendo de que el criterio utilizado sea el de aplicar 4 ó 5 veces el valor medio) se eliminará en posteriores procesamiento en el radar.

Pueden elaborarse muchos algoritmos distintos para suprimir las interferencias impulsivas asíncronas basándose en la discriminación por amplitud de los impulsos. Para determinar el algoritmo adecuado de discriminación por amplitud de los impulsos debe tenerse en cuenta la misión del radar y el tipo de procesamiento de la señal del radar.

7.1 Compromisos

Los compromisos a los que debe llegarse con la señal deseada son mínimos si se realiza la elección adecuada de los algoritmos. Los discriminadores por amplitud de los impulsos no suprimen las señales interferentes débiles y no funcionan adecuadamente en presencia de ecos parásitos intensos, a menos que incorporen otras características adicionales.

8 Supresor de impulsos asíncronos

En los radares Doppler, los impulsos individuales pierden su identidad en el proceso de filtrado Doppler, de modo que la supresión directa de impulsos asíncronos sólo se puede hacer antes del filtrado Doppler. Esto se efectúa aplicando un proceso de promediación y umbral local, para cada arcón de distancia, que abarca todas las PRI o «barridos» en cada intervalo de procesamiento coherente (CPI) (en vez de abarcar varias distancias dentro de una sola PRI, como se hace en una ventana de CFAR de detección de promediación de células. Como los impulsos asíncronos están ausentes normalmente de todos los PRI salvo uno en este grupo de muestras, el promedio de las tensiones, potencias, o logaritmos de tensión en cada una de estas ventanas de fondo tiende a ser más bajo que el valor en una célula de distancia particular en la cual se muestrea un impulso de interferencia asíncrono. Como en un proceso CFAR de promediación local y umbral utilizado en el flujo de detección principal, la detección de umbral se fija en un múltiplo adecuado del promedio por encima de la ventana de fondo, y los impulsos asíncronos que cruzan el umbral o detecciones asociadas con estos impulsos, son eliminados.

9 Tasa de alarmas falsas constante (CFAR)

En los radares modernos está virtualmente normalizado el uso de alguna forma de proceso CFAR de promediación y umbral local. Los circuitos CFAR se utilizan en radares no Doppler y Doppler. En los radares Doppler, el proceso CFAR se efectúa a la salida del banco de filtros Doppler. La CFAR se realiza para proporcionar un umbral de detección que se adapte al nivel de agrupación (e interferencia) en la vecindad inmediata de cada célula de distancia/Doppler/acimut que está siendo probada para detectar la presencia de objetivos. Los procesos CFAR de promedio y umbral local funcionan construyendo una ventana deslizante para cada PRI. Cada una de estas ventanas abarca la célula de distancia para la cual se ha de hacer una decisión de primera detección más aproximadamente 10 a 30 células de distancia adyacentes (usualmente la mitad de ellas a distancia más corta y la mitad a distancia más larga). En los procesos CFAR de promedio y umbral local, las amplitudes de señal en estas células adyacentes (a menudo denominadas ventana de fondo) son promediadas y el valor promedio es multiplicado por un factor de 4 u 8 para establecer el umbral de detección local.

La interferencia de impulsos asíncronos de ciclo de trabajo bajo no afectarán al umbral hasta que las relaciones I/N sean del orden de 30 dB o más. Asimismo, en los procesos CFAR de promediación de células, se puede utilizar una técnica que excluye que una célula individual contenga las señales más fuertes entre las células de distancia adyacentes con respecto a la promediación (véase el § 8). Esto impide que los impulsos asíncronos aislados contaminen el valor de umbral y produzcan niveles de umbral inadecuadamente elevados. Sin embargo, las señales no deseadas de onda continua (MDP-2, MDP-4, etc.) afectarán a todas las células de distancia/Doppler/acimut, lo que aumenta el umbral de detección y desemboca en la pérdida de objetivos deseados. A veces se utilizan otras técnicas CFAR, basadas en la clasificación de amplitudes de señal en las células de la ventana de fondo. Las señales en las células clasificadas más altas se utilizan sólo para establecer las clasificaciones y son descartadas efectivamente, de modo que sus niveles actuales no afectan al umbral mediante el promedio de todos los valores de célula. Por consiguiente, estas técnicas tienen un efecto de mitigación similar en los impulsos no deseados estrechos. Todas las técnicas CFAR tienden también a impedir que los impulsos no deseados anchos produzcan falsas alarmas. Esto es conveniente cuando el ciclo de trabajo de las señales no deseadas es bajo, pero degrada la probabilidad de detección cuando se reciben señales no deseadas de ciclo de trabajo alto.

10 Rechazo del procesamiento Doppler

Incluso si no se aplican las técnicas de supresión de impulsos asíncronos examinadas en relación con los radares Doppler, los impulsos asíncronos producen pérdida de integración, con respecto a un tren de impulsos síncrono, en el filtrado Doppler. Por ejemplo, los filtros Doppler usan en general aproximadamente 10 impulsos por CPI, pero pueden tener tan sólo 4 impulsos por CPI. Para el primer caso de 10 impulsos por CPI, los impulsos asíncronos aislados son rechazados, con respecto al retorno síncrono producido por un objetivo válido, aproximadamente por 18 dB (con un margen de 2 dB para la ponderación de la ventana de datos), mientras que en el caso de 4 impulsos por CPI, son rechazados aproximadamente por 10 dB (con margen similar).

Como los radares Doppler tienen una multiplicidad de bandas de paso Doppler, existe otra posibilidad de reconocer impulsos asíncronos aislados en virtud del hecho de que un solo impulso es igual a una entrada de impulso a cada filtro Doppler. Como un impulso tiene un espectro uniforme, es decir, como su espectro abarca todas las frecuencias, evoca salidas iguales de todos los filtros. Algunos procesadores Doppler detectan ocurrencias de salidas simultáneas de filtros Doppler y utilizan estas ocurrencias para señalar la presencia de impulsos (asíncronos) aislados. Esta técnica puede complementar los procesos del supresor de impulsos asíncronos (véase el § 8) que funcionan antes del filtrado Doppler o que pueden ser usados en ausencia de ese proceso.
