

## RECEPTOR SUPERREGENERATIVO PARA COMUNICACIONES OPTICAS NO GUIADAS

J.M. Miguel<sup>†</sup>, J. Moncunill<sup>†</sup> y A. Puerta<sup>\*</sup>

<sup>†</sup> Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones  
ETSI de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Cataluña  
C/ Jordi Girona s/n, 08034 BARCELONA

<sup>\*</sup> Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones  
ETSI de Telecomunicación, Universidad de Málaga  
Plaza El Ejido s/n, 29013 MALAGA

### ABSTRACT

A new structure for the receiver in unguided optical communications systems is presented. As a remarkable novelty it is based on the super-regenerative receiver, developed during the early stage of radio-communications history. Preliminary results clearly establish that the receiver here proposed can offer a feasible and advantageous different solution in the above mentioned area.

### 1 INTRODUCCION

El receptor superregenerativo, cuyo origen se remonta prácticamente a la primera etapa del desarrollo de las radiocomunicaciones [1], puede considerarse como uno de los circuitos más simples y, en razón a ello, comparativamente más eficaces para la recepción de señales de radio. Desde su aparición, y a lo largo de su historia, se ha ido utilizando en aplicaciones de muy distinta índole, en las que, como característica común, se requería compatibilizar una buena sensibilidad con una gran sencillez de los equipos [2]. Aunque hoy día el receptor superregenerativo sigue encontrándose en algunas aplicaciones, quizás por el carácter más bien marginal de las mismas, la bibliografía que lo describe con cierto detalle es muy escasa, teniéndose que acudir normalmente a las primeras fuentes, como la ya referenciada.

El funcionamiento del receptor superregenerativo es radicalmente distinto al de los tipos de receptores más comunmente utilizados. En la figura 1.a) se ha representado el esquema de principio de un receptor superregenerativo típico, donde se considera que la señal de entrada se acopla inductivamente a la bobina L, y la figura 1.b) corresponde a su modelo de pequeña señal. Como puede verse, se trata fundamentalmente de un circuito resonante paralelo conectado a una conductancia variable con el tiempo. Esta conductancia, controlada por  $vq(t)$ , toma alternativamente y de forma periódica valores positivos y negativos. De este modo la transimpedancia del circuito resonante se hace teóricamente infinita en las transiciones entre los intervalos de estabilidad y los de inestabilidad. Este hecho se utiliza para conseguir en la práctica una amplificación que, aunque pulsante, puede tomar valores muy elevados.

En esta comunicación se presenta una nueva arquitectura para el receptor en sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas, basada en el receptor superregenerativo y realizada

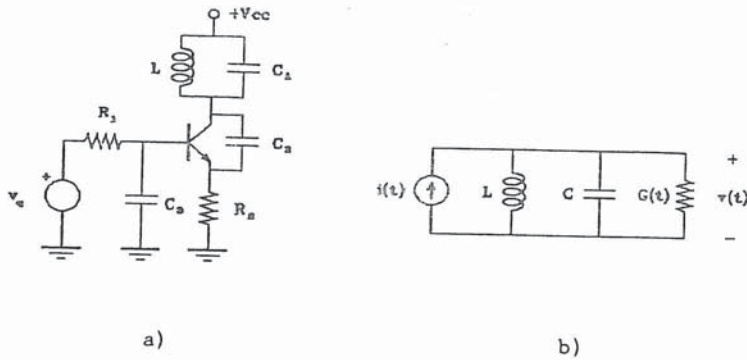


Figura 1: a) Circuito básico del receptor superregenerativo. b) Modelo de pequeña señal.

mediante la adaptación del dispositivo fotodetector, en vez de la antena, al circuito resonante. El receptor así configurado resulta adecuado para la recepción de señales ASK a baja velocidad de transmisión, con frecuencias de portadora superiores a 20 MHz.

Frente a las otras soluciones habitualmente empleadas, el circuito aquí propuesto presenta una máxima sencillez, ya que, mediante un único transistor y algunos elementos pasivos adicionales, se realiza el proceso global de sintonización, amplificación con CAG y demodulación, consiguiéndose una sensibilidad elevada y un excelente margen dinámico.

## 2 ANALISIS DEL RECEPTOR SUPERREGENERATIVO

Se plantea la obtención de la respuesta del circuito básico de la figura 1.a) para una excitación de la forma

$$i(t) = I \sin \omega t \quad (1)$$

Si la tensión generada en el circuito resonante se mantiene dentro de los límites de pequeña señal, el circuito opera en zona lineal y la oscilación, durante el intervalo de crecimiento, está regida por la expresión

$$v(t) = V_0 H(\omega) R e^{-\frac{1}{2} \int_{t_0}^t G(\lambda) d\lambda} \sin(\omega_0 t + (\omega - \omega_0) t_0) \quad (2)$$

donde

$$V_0 = \frac{I}{G_+} \quad (3)$$

es la amplitud de la tensión que se generaría si se mantuviera constante el valor de la conductancia,

$$H(\omega) = \frac{\omega}{\omega_0} e^{-\frac{C(\omega - \omega_0)^2}{G'(t_0)}} \quad (4)$$

es la función de transferencia normalizada,

$$R = G_+ \sqrt{-\frac{\pi}{CG'(t_0)}} \quad (5)$$

se denomina amplificación regenerativa y se considera asociada a la presencia de la señal de excitación, también durante el periodo de extinción, y, finalmente,

$$A_0 = e^{-\frac{1}{2c} \int_{t_0}^{t_F} G(\lambda) d\lambda} = e^{\frac{\alpha}{2c}} \quad (6)$$

se denomina amplificación superregenerativa, y es el término más significativo desde el punto de vista de la ganancia global, que puede tomar valores superiores a 100 dB, en condiciones óptimas de funcionamiento.

Si la ganancia es lo suficientemente elevada como para que se alcance la tensión de saturación est, el receptor trabaja en modo logarítmico, y, en este caso, se obtiene para la señal de salida la expresión

$$v(t) = \frac{e_{st}}{\sqrt{1 + \left[ \left( \frac{e_{st}}{V_0 H(\omega) R} \right)^2 - 1 \right] e^{\frac{1}{c} \int_{t_0}^t G(\lambda) d\lambda}}} \sin(\omega_0 t + (\omega - \omega_0) t_0) \quad (7)$$

En el modo logarítmico, al entrarse en saturación, la información transmitida pasa a residir en el área limitada por la envolvente de los pulsos de radiofrecuencia.

Por otra parte, para que el receptor superregenerativo trabaje adecuadamente, es necesario que la componente de la señal procedente de cada intervalo de extinción, sea mucho menor que la componente que genera la señal captada en el intervalo de inestabilidad siguiente. Esta condición impone restricciones para los valores posibles de la frecuencia de extinción, que generalmente suele ser del orden de unas mil veces menor que la frecuencia de la portadora.

Si la conductancia toma un valor aproximadamente constante  $G_0$  durante los intervalos de inestabilidad, es posible obtener una expresión analítica para el área limitada por la envolvente en cada pulso. Así, en modo lineal,

$$A = \frac{2C}{|G_0|} V_0 H(\omega) R A_0 \quad (8)$$

y en modo logarítmico,

$$A = \frac{2C}{|G_0|} e_{st} \ln \left( \frac{2V_0 H(\omega) R A_0}{e_{st}} \right) \quad (9)$$

Puede demostrarse que la tensión de emisor es proporcional a la magnitud de la envolvente de la oscilación en el circuito resonante. Si la amplitud  $I$  en (1) varía lentamente (modulación de amplitud), lo hará del mismo modo el área  $A$  y, por lo tanto, el valor medio de la corriente de emisor, que puede ser extraído mediante filtrado y amplificación. En base a este comportamiento, se observa que el modo logarítmico lleva asociado un mecanismo de CAG, lo que permite un amplio margen dinámico para la amplitud de la señal recibida.

### 3 AUTOEXTINCION. REALIZACION EXPERIMENTAL

Existe un segundo procedimiento para conseguir las oscilaciones pulsadas, características del receptor superregenerativo, a partir de la evolución en la amplitud de las mismas,

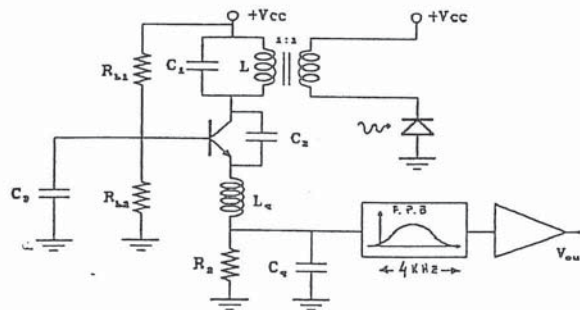


Figura 2: Receptor superregenerativo con autoextinción para comunicaciones ópticas.

mediante un mecanismo de autoextinción. Este mecanismo se realiza mediante la inserción de una inductancia de choque en el circuito del emisor y un condensador en paralelo con la resistencia  $R_2$ , en el mismo circuito. La frecuencia del tren de pulsos que así se generan, depende de la constante de tiempo definida por  $R_2$  y el nuevo condensador que se ha incorporado. Con esta implementación, el receptor superregenerativo funciona en el modo logarítmico y no precisa de un oscilador independiente para la conmutación de las oscilaciones, consiguiéndose por ello el máximo de sencillez para la realización.

En la figura 2 se ha representado el circuito correspondiente a una realización experimental de receptor superregenerativo para comunicaciones ópticas. Como puede verse, el fotodiodo, polarizado inversamente, se conecta al circuito resonante mediante un acoplamiento inductivo, cuyos parámetros se ha de determinar en orden a conseguir la máxima transferencia de potencia, sin condicionar excesivamente la sintonización por el efecto de la capacidad parásita del fotodiodo.

Con el prototipo realizado según esta estructura, y utilizando un fotodiodo HR8102, con un área fotosensible de  $0.64 \text{ mm}^2$  y una constante de conversión de  $0.4 \text{ mA/mW}$ , se ha conseguido una sensibilidad de  $-50 \text{ dBm}$ , definida en relación al efecto umbral característico que se da en el comportamiento del receptor superregenerativo. Este valor conseguido proporciona un punto de partida con perspectivas muy favorables en relación al comportamiento del sistema global, si se tienen en cuenta los valores habituales para la sensibilidad de los receptores en comunicaciones ópticas. Debe tenerse en cuenta también la capacidad de sintonización incorporada, necesaria con frecuencia en los sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas, así como la posibilidad de demodular muy fácilmente la señal recibida.

#### 4 CONCLUSIONES

El receptor superregenerativo, utilizado con cierta profusión durante las primeras etapas del desarrollo de las radiocomunicaciones, debido fundamentalmente a sus excelentes prestaciones en comparación con su extremada sencillez, ofrece una alternativa potencialmente interesante para su aplicación en sistemas de comunicaciones ópticas no guiadas. La posibilidad de conjuntar características tales como: capacidad de sintonización, sensibilidad muy notable y fácil demodulación, todo ello con una estructura de extraordinaria simplicidad, confiere a este receptor un potencial interés en este tipo de aplicaciones.

#### Referencias

- [1] G.G. Blaue: *"History of radiotelegraphy and telephony"*, Radio Press, London, 1926.
- [2] G.G. Macfarlane, J.R. Whitehead, "The Super-Regenerative Receiver in the Linear Mode", *Radiolocation Convention* March, 1946.