

# Recetor de Rádio em Chip CMOS

Luís Oliveira<sup>1</sup>

O enorme crescimento das comunicações sem fios deu origem a novos desafios no projecto de emissores e receptores de rádio digital. São necessários circuitos ultracompactos e com baixa tensão de alimentação, para reduzir o tamanho, o custo e o consumo dos equipamentos. As novas tecnologias de semicondutores permitem a integração completa num só circuito integrado, de emissores-receptores, com o mínimo de componentes externos [1].

A parte analógica do recetor (*front end*) é crítica, visto que as suas especificações são, normalmente, muito exigentes. Existem várias arquiteturas de rádio mas destacam-se duas muito importantes: i) heteródino, com uma ou mais frequências intermédias (IF) e ii) homódino, com conversão direta para a banda de base. O recetor homódino pode ser eficientemente realizado com dois misturadores equilibrados que usam o sinal de RF e um oscilador local com dois sinais de saída desfasados de 90° (em quadratura) ou, alternativamente, com 2 misturadores balanceados com sinais de RF desfasados de 90° e um único oscilador local. Geram-se assim os sinais de saída I (*Inphase*) e Q (*Quadrature*). Ambas as soluções têm uma realização possível com técnicas de processamento digital de sinal, mas no domínio analógico a solução mais fácil é a que usa um oscilador com dois sinais de saída em quadratura (também e mais fácil no domínio digital).

O recetor heteródino é o dominante, todavia, o recetor homódino, que era pouco usado no domínio analógico por razões tecnológicas (era essencialmente usado no domínio digital), está a tornar-se uma boa alternativa [1, 2].

A principal desvantagem dos recetores heteródinos é que tanto o sinal como a frequência imagem são convertidos para a frequência intermédia provocando sinais espúrios - sinais recebidos que podem não estar na frequência sintonizada pelo *front end*. Para evitar isso utilizam-se filtros de rejeição da banda imagem (recetores superheteródinos). Estes filtros exigem ressonadores com elevado factor de qualidade e, por isso, são implementados externamente, impossibilitando o projecto do recetor num só circuito integrado monolítico.

Os recetores homódinos não precisam de filtros tão exigentes dado que não têm o problema da banda imagem, permitindo a realização do projecto do recetor num só circuito integrado, com reduzida área, custo e consumo. Todavia, este tipo de recetor é muito sensível ao ruído  $1/f$ , que é o ruído dos dispositivos electrónicos dominante em baixa frequência, sendo ainda necessária uma boa precisão na desfasagem dos sinais em quadratura para evitar *cross-talk* entre as componentes I e Q que leva a uma degradação da taxa de erros (*bit-error-rate* (BER)) do recetor de rádio digital.

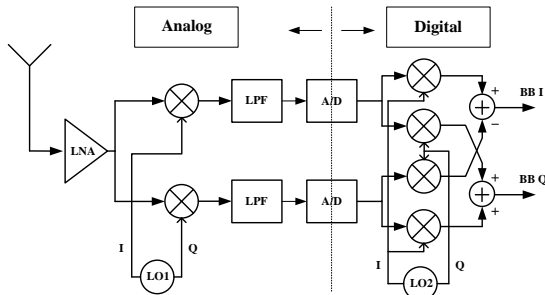


Fig. 1: Arquitectura do recetor rádio com baixa frequência intermédia.

Uma abordagem muito interessante, que tenta combinar os aspectos positivos dos recetores homódino e heteródino, é o recetor com baixa frequência intermédia (*Low-IF Receiver*) [2]. Este recetor é basicamente um recetor heteródino que utiliza uma arquitectura com circuitos de mistura que cancela a frequência imagem. É a abordagem também dominante nos rádios SDR (*Software Defined Radio*) completamente digitais que actualmente se usam. Como os filtros externos de rejeição da banda imagem não são necessários, é possível fazer a integração do sistema num só circuito integrado [3]. Como a frequência intermédia é baixa o sinal pode ser digitalizado e a passagem para a banda de base ser feita no domínio digital onde será feita a desmodulação dos sinais (Fig. 1). A rejeição da frequência imagem está fortemente dependente do erro de fase entre os sinais de saída dos osciladores em quadratura (teórica). Assim, osciladores em quadratura, com relações de fase muito precisa, são essenciais para receptores com Baixa FI. Como exemplo ilustrativo desenvolveu-se um circuito integrado que realiza a parte analógica de um recetor de rádio para receber um sinal a 5 GHz, utilizando osciladores acoplados para gerar sinais em quadratura muito precisos. Neste recetor os misturadores, responsáveis pela translação na frequência, foram projectados em conjunto com os osciladores para reduzir vários erros que podem afectar

o desempenho final do recetor. Este andar de entrada do recetor foi testado experimentalmente e obtivemos os dois sinais de FI, I e Q, com baixo erro de

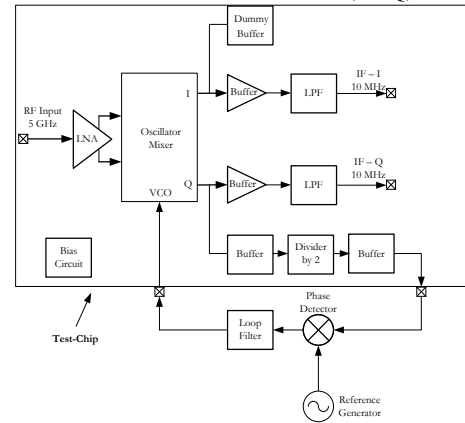


Fig. 2 - Diagrama de blocos do recetor rádio.

fase. Na fig. 2 está representado um diagrama de blocos simplificado do circuito realizado, na fig.3 observa-se uma foto do circuito integrado implementado e na fig. 4 observa-se os sinais de saída a baixa frequência que serão digitalizados pelos conversores de analógico para digital ADCs.

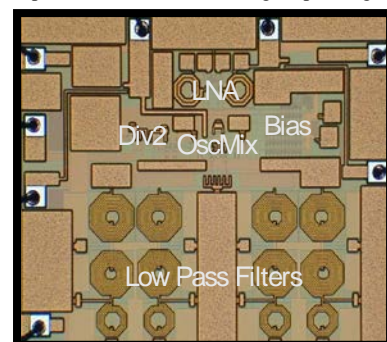


Fig. 3 - Foto do circuito integrado.

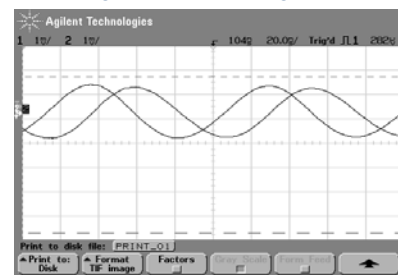


Fig. 4: Sinal obtido experimentalmente a 10 MHz [3].

Foi testado experimentalmente o andar de entrada de um recetor de rádio com baixa frequência intermédia para aplicações WLAN. Esta abordagem tem a vantagem de reduzir a área, o custo e o consumo dos circuitos, permitindo o projecto de receptores rádio monolíticos com elevado desempenho. Esta arquitectura de receptores foi validada experimentalmente num circuito protótipo integrado a 5 GHz, com uma frequência intermédia de 10 MHz, em que se obteve um erro de quadratura menor que um grau.

## Referências:

- [1] B. Razavi, RF Microelectronics, Prentice-Hall, 1998.
- [2] J. Crols and M. Steyaert, CMOS Wireless Transceiver Design, Kluwer, 1997.
- [3] L. B. Oliveira, J. Fernandes, C. Verhoeven, I. Filanovsky, and M.Silva, Analysis and Design of Quadrature Oscillators. Springer, 2008.



1 - Luis Bica Oliveira

Sócio da AMRAD

É professor de Electrónica na FCT/UNL onde leciona várias disciplinas. O trabalho de investigação é feito no CTS-UNINOVA e no INESC-ID na área da microelectrónica em circuitos integrados de RF implementados em tecnologias manométricas CMOS.

A sua actividade de investigação centra-se no desenvolvimento e projectos de emissores-receptores rádio, com elevado desempenho e baixo custo. É autor de um livro internacional (SPRINGER) sobre osciladores integrados para gerar sinais em quadratura.

Contacto: [l.oliveira@fct.unl.pt](mailto:l.oliveira@fct.unl.pt)