

Repetidor para o Sub-Sistema Rádio da Rede *UMTS*

Daniel Pedro Ferreira, Pedro Miguel Cabral, José Carlos Pedro e Nuno Borges Carvalho

Resumo - Este artigo descreve o projecto, implementação e teste de um Repetidor para o Sub-Sistema Rádio da Rede *UMTS*.

Começa-se por fazer o enquadramento de um repetidor no Sistema *UMTS* e definir os objectivos do trabalho (Secção I). De seguida, passa-se às especificações gerais da arquitectura (Secção II) e, daí, para a implementação do Repetidor (Secção III), onde se dá a conhecer o trabalho realizado e os resultados obtidos (Secção IV). Por fim, a Secção V resume as principais conclusões extraídas do trabalho.

Abstract - This paper describes the design, implementation and test of a Repeater for the Radio Sub-System of *UMTS* Networks.

First of all, the integration of a Repeater in the *UMTS* System is presented, defining the goals in view (Section I). Then, the general Repeater specifications and architecture are addressed (Section II), which then led to its implementation (Section III). Section III also details the major parts of the work done, providing justifications to the obtained results (Section IV). Finally, Section V summarizes the main conclusions of this work.

I. INTRODUÇÃO

A existência de repetidores é vital para garantir a cobertura de certas regiões que, de outro modo, não teriam essa possibilidade, ou em que a solução para esse problema envolvesse grandes custos que não possam vir a ser recuperados.

Um repetidor é então um dispositivo físico activo bidireccional, que tem como função captar, amplificar e retransmitir um, ou um gupo, de canais (no caso presente um só canal) do Sistema *UMTS*. Ele situa-se-á entre a estação base e o móvel, repondo assim o nível de sinal necessário ao correcto funcionamento de todos os dispositivos da rede. Pode dividir-se em dois ramos: um que faz a ligação estação móvel - estação base: *UpLink* e outro que faz a ligação inversa: *DownLink*

A. Objectivos

Depois dos objectivos terem sido estabelecidos de um modo muito geral, passamos à sua definição mais concreta. Serão, por isso, divididos em vários pontos

que passam a constituir os seguintes objectivos intermédios:

1. Estabelecer especificações para o Repetidor;
2. Definir uma arquitectura e elaborar um *Link-Budget*;
3. Implementar os sub-circuitos do Repetidor
4. Construir e testar ambos os ramos do Repetidor.

II. DESCRIÇÃO GERAL DO TRABALHO

A. Especificações

As especificações adoptadas para o Repetidor estão conformes aos documentos que regulamentam e uniformizam o sistema *UMTS*, e, em especial:

TS25.101 V4.0.0., TS25.104 V4.0.0., TS25.143 V4.0.0. e TS25.956 V4.0.0.

O quadro seguinte, apresenta um resumo das principais especificações a obedecer:

		<i>UpLink</i> 1920 - 1980 MHz	<i>DownLink</i> 2110 - 2170 MHz
Ganho	min	50 dB	
	Max	80 dB	
Pout Max		12 dBm	30 dBm
Largura de Banda		5 MHz programáveis para qualquer canal dentro da banda	
NF		8,5 dB	
ACPR		45 dB	33 dB
IP3		37 dBm	49 dBm

B. Arquitectura

Depois do conhecimento real de todas as características e especificações envolvidas, importa desenvolver uma arquitectura, partindo de uma abordagem sistémica, onde o repetidor não é mais do que uma simples "caixa preta", que tem de obedecer a certas especificações, indo progressivamente procurando soluções cada vez de mais baixo nível, até se chegar aos componentes a serem utilizados.

A arquitectura adoptada é a de um transceptor superheterodino, constituído por dois ramos, podendo cada um deles ser visto como constituído por três andares diferentes:

- Andar de entrada ou de baixo ruído em que se filtra a gama de frequências de interesse, reduzindo os efeitos prejudiciais de interferidores, se aplica uma amplificação - que se pretende de baixo ruído - e, finalmente, se converte o sinal de RF para uma frequência intermédia em VHF.
- Andar de frequência intermédia (FI) em que se selecciona e amplifica o canal a repetir, de acordo com um determinado padrão de controlo automático de ganho.
- Andar de saída, ou de potência, em que, após conversão da FI novamente para RF, se introduzem amplificadores de potência - tendo especial atenção às características de distorção - e se filtra o sinal de modo a eliminar componentes espúrios provenientes do processo de conversão.

Os blocos conversores de frequência são ainda excitados por um único Oscilador Local sintetizado.

Características principais da Arquitectura Escolhida:

- Transceptor Superheterodino;
- Dois ramos que operam simultaneamente com frequências espaçadas de 190 MHz;
- Selecção do canal feita por um SAW Filter de 5 MHz de Largura de Banda;
- Um único Oscilador Local sintetizado comum aos dois ramos;
- Controlo automático de ganho (AGC) com 30 dB de margem.

Depois de estudada a constituição dos dois ramos decidiu-se pela arquitectura geral do Repetidor que se mostra na Figura 1.

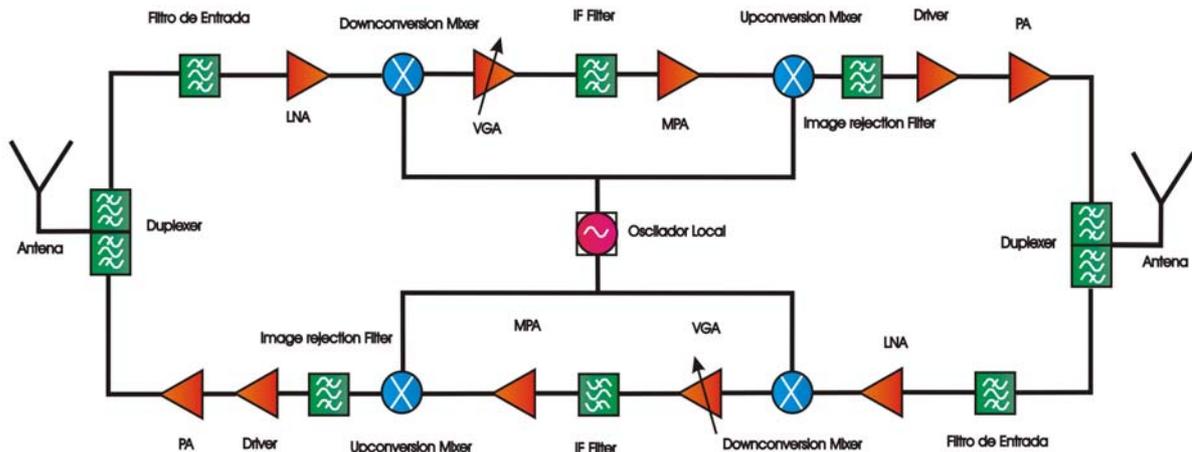


Figura 1: Arquitectura Global do Repetidor.

III. IMPLEMENTAÇÃO DO REPETIDOR

Depois de definida a arquitectura, testaram-se os principais dispositivos realizados em placas MIC (Microwave Integrated Circuit) individuais.

De seguida, apresenta-se a implementação do sintetizador de frequências bem como da unidade de controlo automático de ganho.

A. Sintetizador de Frequências

Como já foi dito, é necessário um Oscilador Local que permita converter as frequências do UMTS (RF) para a frequência intermédia escolhida de cada um dos ramos (*DownLink* e *UpLink*) e vice-versa.

A escolha das frequências para o Oscilador Local, teve por base as frequências possíveis para os canais UMTS e

para os filtros de frequência intermédia utilizados ($f_{IFUpLink} = 380$ MHz e $f_{IFDownLink} = 570$ MHz).

Sendo assim, é necessário um Oscilador Local capaz de sintetizar frequências na gama de 1540 MHz a 1600 MHz, de modo ao Repetidor operar sobre qualquer um dos canais WCDMA.

O sintetizador foi desenvolvido com base no CI Si4133W da *SiLabs*, cuja programação se realiza através de um interface série, comandado por três linhas acessíveis ao exterior.

A programação dos registos do sintetizador faz-se através de um tipo de comunicação série especificado pelo fabricante, para o que se utilizou o PIC (*Programmable Integrated Controller*) PIC16F876, da *MicroChip*. A Figura 2, ilustra a placa do sintetizador bem como a do PIC dedicado à sua programação.



Figura 2: Placas do sintetizador e PIC de programação.

O fluxograma que se segue ilustra o funcionamento do PIC garantindo, assim, a programação do sintetizador.

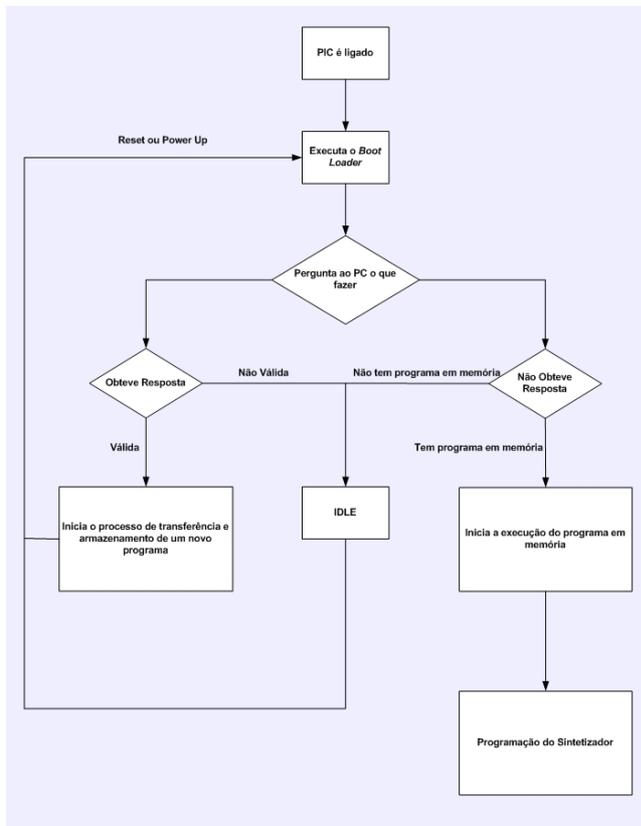


Figura 3: Fluxograma do funcionamento do PIC.

B. Controlo Automático de Ganho

Conforme imposto nas especificações, o Repetidor deverá permitir uma margem de controlo de Ganho de cerca de 30 dB. O sistema de controlo automático de ganho (AGC) implementado é constituído por três dispositivos: um amplificador de ganho variável (VGA) controlado por uma tensão; um *Power Sensor* (PS) que, dada uma amostra do sinal de saída, produz uma tensão que corresponde à potência integrada na sua largura de banda; e, finalmente, por um circuito adaptador de nível

que transforma o de tensão de saída do *PS* no nível requerido à entrada do *VGA*.

O resultado obtido, observável na Figura 4, mostra que o ganho em cada ponto (igual ao declive da recta tangente à curva nesse ponto) vai efectivamente diminuindo desde um valor máximo de cerca de 80 dB até um mínimo de 50 dB.

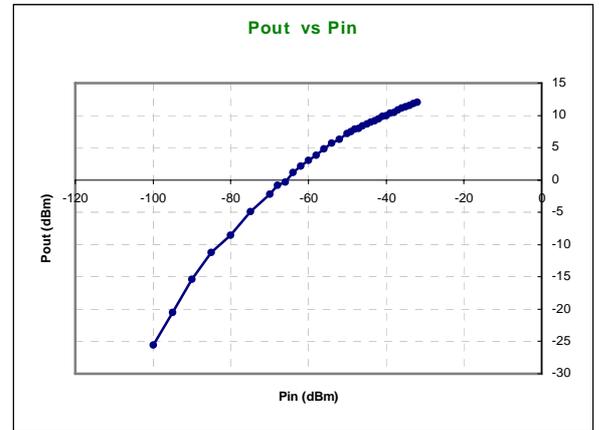


Figura 4: Ilustração do funcionamento da unidade de controlo de ganho: potência de saída vs potência de entrada.

Desta forma, o AGC consegue alargar a gama de potências de entrada de operação do Repetidor, garantindo, simultaneamente, as especificações de máxima potência de saída.

Depois de testados todos os componentes individualmente, juntaram-se os necessários à formação de um *link*, conforme se pode ver na Figura 5.

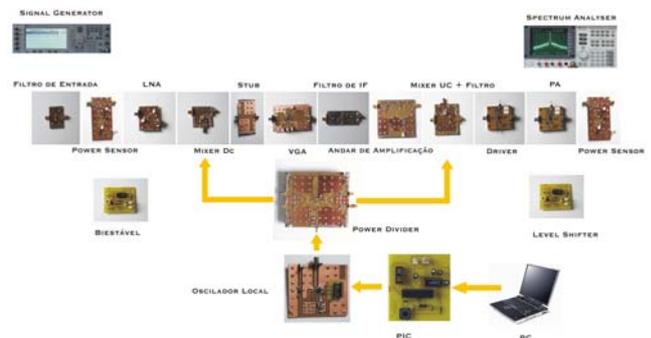


Figura 5: *Link* constituído por placas individuais.

Tendo-se conseguido um funcionamento aceitável para este primeiro protótipo, o passo seguinte consistiu em desenhar, implementar e construir cada um dos *links*.

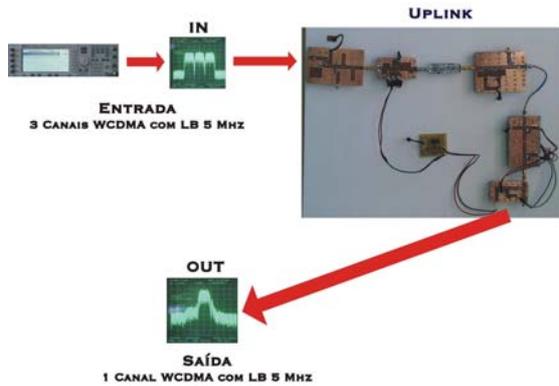


Figura 6: Fotografia do protótipo de *UpLink* completo.

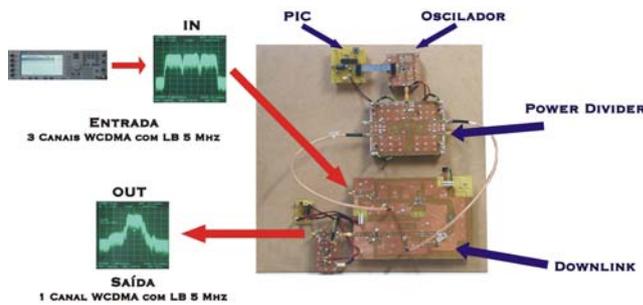


Figura 7: Fotografia do protótipo de *DownLink* completo.

Depois de devidamente testados os *links* em separado, juntaram-se todos os módulos desenvolvidos de forma a construir o Repetidor Completo.

IV. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

UpLink Completo

Como se pretende que este seja um Repetidor de canal para o Sistema *UMTS*, colocaram-se à entrada 3 canais *WCDMA*, simulando, assim, o espectro atribuído a um dado operador. Sendo o repetidor implementado um repetidor de canal, e não de operador, pretende-se que apenas um dos canais seja amplificado, neste caso, o canal central.

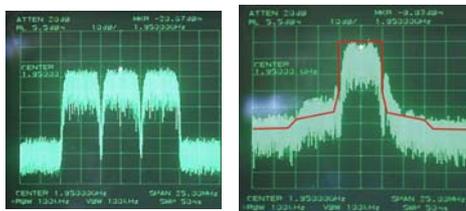


Figura 8: Sinais de entrada e saída com sobreposição da máscara para o *UpLink*.

Conforme se pode constatar pelas figuras anteriores, é feita a selecção correcta do canal a ser amplificado, procedendo à atenuação dos canais adjacentes. Na Figura 8, pode ver-se uma representação comparativa do

que foi obtido e da máscara imposta pelo *ETSI*. É aí patente uma banda onde o sinal está um pouco acima do desejado. Isto fica a dever-se ao facto dos filtros de frequência intermédia terem uma largura de banda ligeiramente superior aos 5 MHz especificados, enquanto que, por outro lado, os canais *WCDMA* apenas possuem 3,84 MHz de largura de banda¹. Para além disso, verifica-se que os filtros não garantem a necessária atenuação fora da banda, como aliás era já esperado das suas especificações. Esta situação tem a sua causa directa na inexistência no mercado de filtros de selecção de canal com as características necessárias. Se existissem, ou se se tivessem pedido por encomenda, poder-se-ia cumprir, sem excepções, a máscara desejada. Para além disso, como o canal a repetir é previamente conhecido, e seleccionado através do posicionamento do Oscilador Local, se os filtros tivessem a largura de banda correcta, o OL poderia ser colocado na posição exacta de modo a promover a selecção do canal a repetir.

Com isto, é óbvio que a evolução deste protótipo passa pelo desenvolvimento / aquisição de filtros “customized” com uma largura de banda de 3,84 MHz e com as características capazes de satisfazer a máscara apresentada.

Resultados de comportamento linear (Figura 9) na banda *UMTS* de 1920-1980 MHz mostraram que o *UpLink* que se encontra adaptado, tanto à entrada, como à saída, apresentando perdas por retorno melhores que -10 dB, bem como apresenta o ganho esperado.

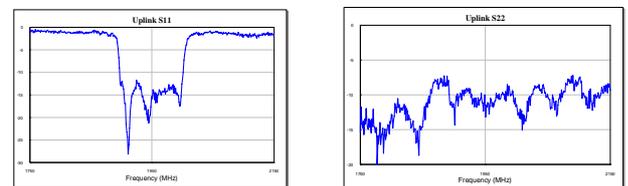


Figura 9: Detalhe do S_{11} e S_{22} do *UpLink* para a banda de interesse.

Efecturam-se também medições de IP_3 e $ACPR$, por forma a avaliar a distorção não-linear, obtendo, para os dois casos, resultados ($IP_3=40$ dBm e $ACPR=45$ dB) que vão de encontro ao especificado.

Garantiu-se, ainda, que o espectro de emissão se encontra dentro dos parâmetros estabelecidos pelo *ETSI*, testando o nível dos sinais espúrios emitidos por este *link*.

DownLink Completo

Como os testes realizados para o *DownLink* são idênticos aos efectuados para o *UpLink*, somente se apresentam os resultados e as diferenças mais significativas.

¹ Com efeito está especificado que os canais *UMTS* têm uma largura de banda de 3.84 MHz, mas podem ocupar qualquer posição dentro de uma banda de 5 MHz, em passos de 200 KHz.

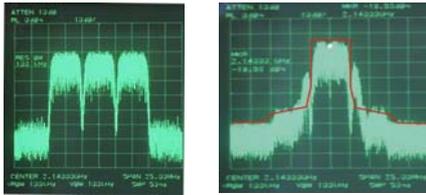


Figura 10: Sinais de entrada e saída com sobreposição da máscara para o DownLink.

Conforme se pode constatar pelas figuras anteriores, é feita selecção correcta do canal a ser amplificado, procedendo à atenuação dos canais adjacentes. Tal como para o UpLink, existe uma pequena banda onde o sinal está um pouco acima do desejado, sendo a explicação para este facto semelhante à anteriormente apresentada para o UpLink.

Tal como no link anterior, também este se encontra adaptado para a banda de frequências de interesse, conforme se pode ver na Figura 11.

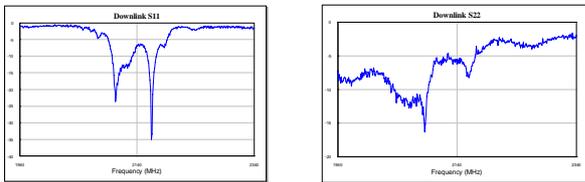


Figura 11: Detalhe do S_{11} e S_{22} do UpLink para a banda de interesse

Repetidor Completo

Para o Repetidor Completo, e colocando à entrada do lado do UpLink um sinal WCDMA constituído por três canais, obtivemos os resultados descritos na Figura 12.

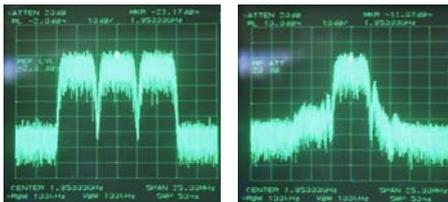


Figura 12: Sinais de entrada e saída para o Repetidor completo com introdução de sinal do lado do UpLink

Por outro lado, colocando à entrada do DownLink o mesmo sinal WCDMA, os resultados obtidos são semelhantes, como se pode verificar na Figura 13.

Como era de esperar, estes resultados assemelham-se bastante aos obtidos para os dois links em separado.

Para além disso, mediram-se, uma vez mais, as emissões espúrias, verificando, tal como previsto, que estavam conformes com o especificado.

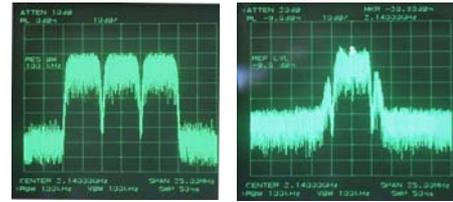


Figura 13: Sinais de entrada e saída para o Repetidor completo com introdução de sinal do lado do DownLink

IV. CONCLUSÕES

No âmbito de um trabalho de fim de curso, concebeu-se, implementou-se e testou-se um protótipo laboratorial de um repetidor para o sistema de comunicações móveis UMTS, cujo desempenho mostrou estar conforme quase todos os requisitos exigidos pelas normas ETSI para este tipo de equipamento. Com efeito, o único problema verificado relacionou-se com o incumprimento das máscaras de selecção de canal, e que se atribuiu, na totalidade, ao tipo de filtros utilizados. Assim, é de esperar que a introdução de filtros de FI com 3,84 MHz de largura de banda, preparados para as bandas emparelhadas do UMTS, resolverá definitivamente este problema. Para além disto, pensa-se ainda ser útil melhorar o Repetidor, no que respeita à sua autonomia - possibilitando a sua programação remota; ou otimizar o seu tamanho.

Finalmente, é de referir que o orçamento preliminar desenvolvido conduziu a estimas de custo final por unidade bastante competitivas, quando comparadas com os preços de idênticos equipamentos já disponíveis no mercado.

V. REFERÊNCIAS

- [1] N.B. Carvalho and J.C. Pedro, "Compact Formulas to Relate ACPR and NPR to TWO-TONE MR and IP3", *MicroWave Journal*, vol. 42, N. 12, Dec. 1999.
- [2] D. King and S. Gopani, "SAW Filters in CDMA Mobile Communication Networks", *Wireless Technologies China '99*, 1999.
- [3] Y. Guo, "Modeling of RF for W-CDMA System", Center for Multimedia Communication, Rice University, April 2000.
- [4] M. Pesola, "Practical RF Architectures for GSM and WCDMA Mobile Telecommunications", Nokia, October 2000.
- [5] C. Doan and R. W. Brodersen, "Frequency synthesizers in Communication Systems", University of California, Berkeley, Jan 2000.
- [6] E. Ngompe, "Computing the LO Phase Noise Requirements in a GSM Receiver", Conexant Systems, Inc., April 2000.
- [7] C. J. Grebenkemper, "Local Oscillator Phase Noise and its Effect on Receiver Performance", WJ Communications, Inc, 1998.
- [8] Documentos do ETSI, Release 4