

Do Transceptor de Rádio à Máquina de Ressonância Magnética

José Mariano¹

A ressonância magnética nuclear (NMR) é uma poderosa técnica espectroscópica que fornece informação detalhada sobre a composição e a estrutura de compostos desconhecidos. Esta técnica é extensamente utilizada na investigação química e bioquímica, sendo também muito utilizada no diagnóstico clínico (imagem por ressonância).

O princípio físico da técnica baseia-se no facto dos núcleos de determinados átomos, o hidrogénio, por exemplo, possuírem um momento nuclear (spin) não nulo. Um núcleo com spin não nulo comporta-se como um ímã microscópico que, quando colocado na presença de um campo magnético exterior (B_0), tende a alinhar-se paralelamente com este, adquirindo um movimento de rotação em torno de B_0 (precessão) com uma frequência, chamada frequência de Larmor, dada por $f_L = \gamma B_0 / 2\pi$, em que γ , a chamada razão giromagnética, é específica para cada núcleo. Se sobre uma amostra, constituída por um elevado número de spins, se fizer incidir um campo de RF com frequência igual a f_L , os spins absorvem a radiação e comutam para uma orientação anti-paralela a B_0 . Após um intervalo tempo normalmente compreendido entre poucos μs e as dezenas de ms os núcleos relaxam de volta à orientação inicial, emitindo neste processo um impulso de RF, cujas características (frequência, amplitude, fase, etc.) permitem inferir das características estruturais da amostra.

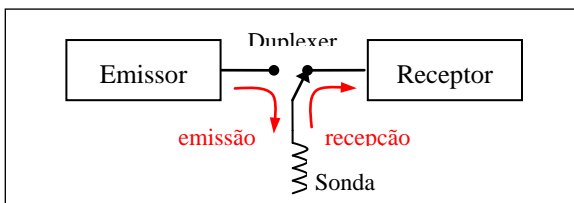


Fig.1 - Esquema de princípio do espectrómetro de NMR.

Na sua forma mais simples a técnica consiste na aplicação de impulsos de RF à amostra colocada no interior de uma bobina (sonda) e na observação da resposta do sistema monitorizando a f.e.m. induzida pela amostra na sonda. O aparelho que realiza a medida, o espectrómetro, é, portanto, constituído por um emissor de RF, com potências entre 10 W e 1 kW, um receptor de baixo ruído, a sonda, e um sistema de comutação entre o emissor e o receptor (*duplexer*). A Fig. 1 ilustra o princípio básico de funcionamento.

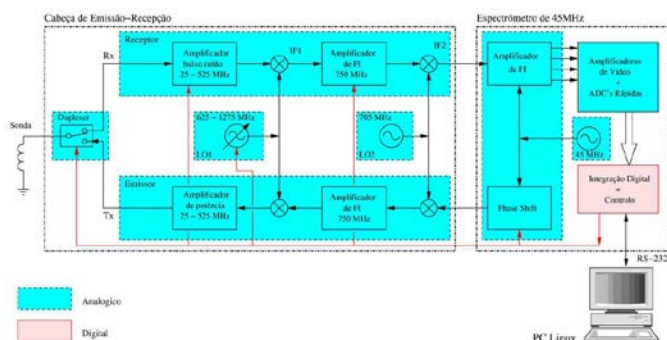


Fig. 2 - Diagrama de blocos do espectrómetro de NMR.

A maioria dos aparelhos comerciais de NMR são constituídos por emissores e receptores sintonizados para a frequência do núcleo de interesse, hidrogénio no caso da imagem médica, hidrogénio e carbono para aplicações em química e bioquímica. Estes espectrómetros possuem larguras de banda da ordem das centenas de kHz e custos que podem ser superiores a 500 k€. No entanto existem aplicações, como sejam o estudo de materiais magnéticos, que exigem que o aparelho seja capaz de operar em banda larga, normalmente centenas de MHz, e com varrimento em frequência. Neste tipo de utilização os aparelhos comerciais tem que ser adaptados, tarefa que se revela complexa, além de dispendiosa, sendo portanto mais viável desenvolver um aparelho raiz. Foi o que foi feito na Universidade do Algarve, em colaboração com o *Institute de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg*, França, tendo dado origem ao MagNMR – Espectrómetro de NMR para materiais magnéticos.

Jornal da AMRAD, nº 3- Dezembro de 2012

A Fig. 2 mostra o diagrama de blocos do MagNMR, que se apresenta na Fig.

3. O espectrómetro foi concebido como um recetor superheterodino síncrono de dupla conversão (1ª FI = 750 MHz, 2ª FI = 45 MHz) com detecção em fase e quadratura, acoplado, capaz de operar entre 20 MHz e 550 MHz, acoplado a um emissor de dupla conversão. Por razões que se prendem com a técnica, o aparelho foi concebido como duas unidades distintas: a cabeça de emissão-recepção, onde é feito o processamento de alta-frequência, e o espectrómetro de 45 MHz, onde é feita a detecção e o processamento na banda base. À excepção do amplificador de potência

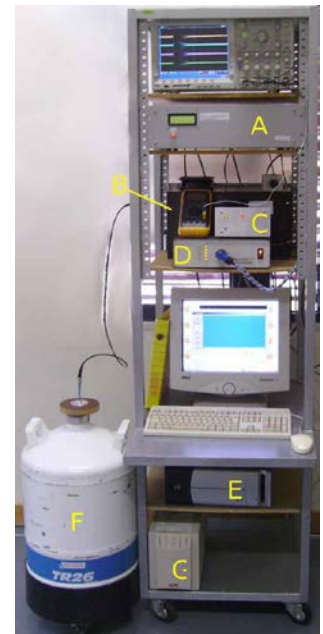


Fig. 3 - MagNMR: espectrómetro de 45 MHz (A), cabeça de emissão-recepção (B) e o tanque de azoto líquido onde se encontra a amostra (F) por forma a diminuir o ruído.

de 10 W e do primeiro andar do amplificador de baixo ruído, a cabeça de emissão-recepção foi integralmente construída por recurso a componentes e módulos retirados de dois receptores *scanners* [1] adquiridos expressamente para este efeito. Esta solução permitiu a construção do equipamento a um preço muito competitivo (≈ 2 k€), dado que os receptores dispõem dos componentes básicos (amplificadores, filtros, misturadores, etc.) necessários à sua construção. Embora a escolha da 1ª FI tenha sido determinada por critérios estritamente técnicos, a 2ª FI foi escolhida por ser aquela a que operavam originalmente os receptores, o que assegurou à partida o funcionamento correcto dos andares correspondentes. O 1º oscilador local (LO1) é constituído por um sintetizador de frequência baseado num PLL programável através da interface SPI, e foi retirado de um dos recetores.

A segunda unidade é um espectrómetro que funciona à frequência fixa de 45 MHz, tendo sido construído com componentes usuais. A parte de controlo e processamento digital de sinal foi implementada por recurso a lógica programável (FPGA). O espectrómetro é comandado por um PC correndo Linux com uma aplicação desenvolvida em Tcl/Tk, sendo o processamento de dados executado por um conjunto de rotinas estritas em Octave/Matlab.

A título de exemplo mostra-se na Fig. 4 um espectro de uma amostra de cobalto metálico obtido com o MagNMR. As linhas a tracejado marcam a

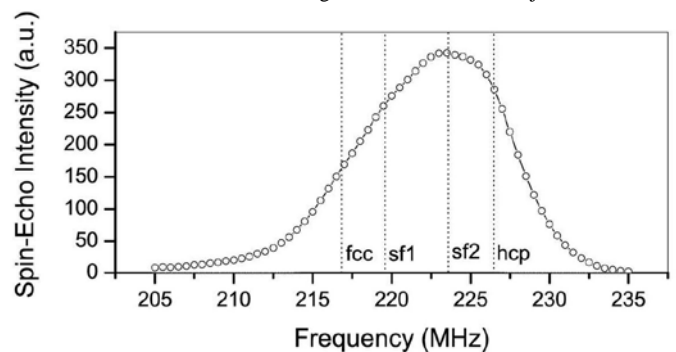


Fig. 4 - Espectro de NMR de uma amostra de cobalto metálico.

Localização das ressonâncias atribuídas a determinadas características da amostra, nomeadamente, a estrutura cristalina. Neste caso trata-se de uma mistura homogénea de cobalto com duas estruturas cristalinas diferentes (fcc e hcp) com estruturas com defeitos (sf1 e sf2).

Referências: [1] AR2001, AOR Inc, Japão.



1-José Mariano
Sócio da AMRAD
Licenciado em Física pela FCL, mestre em Eng. Electrotécnica e de Computadores e doutor em Física pelo IST. Actualmente é Prof. Auxiliar na Universidade do Algarve, onde faz investigação em magnetismo, NMR e instrumentação.
Contato: jmariano@ualg.pt