

3. 相敏检波的意义和相敏检波电路

由二维傅里叶成像原理可知，体素的空间位置信息均包含于 NMR 信号中。具体地说，序列在激发和信号读出阶段由梯度脉冲分别进行了频率和相位编码，使得信号的频率和相位特性实质上代表了体素的空间位置。为了在图像重建时能够还原出体素的空间信息，信号采样前就必须用硬件的办法将二者加以区分。这就是采用相敏检波的原因。下面结合图 11-27 和图 11-28 来说明相敏检波前后信号的演变过程。图中的 A_s 和 φ_s 分别为信号的幅度和相角。

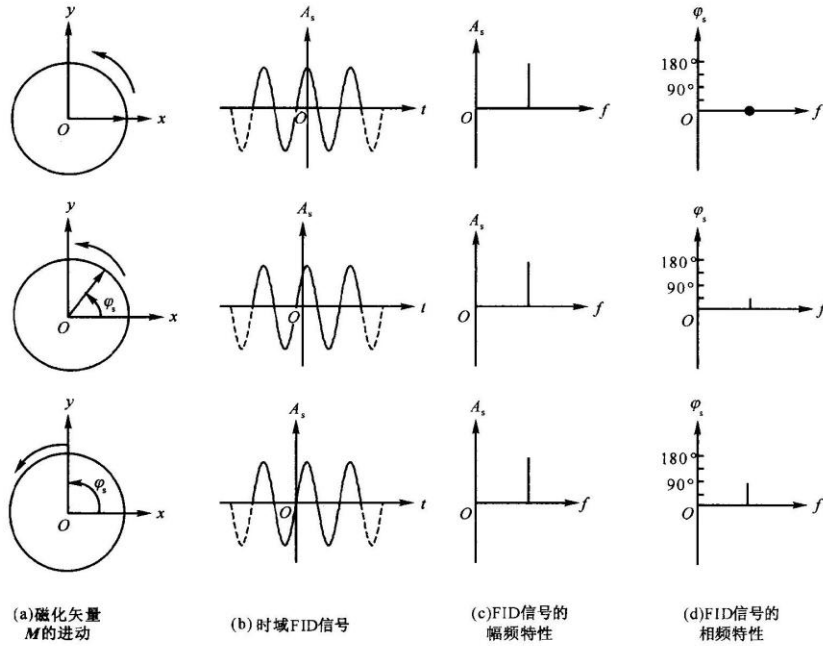


图 11-27 FID 信号的时域和频域表达(1)

图 11-27(a)和(b)表示磁化矢量 M 的进动与时域 FID 信号的对应关系。可以看出，信号的相移完全取决于 M 在 xOy 面上投影的相位角。图 11-27(c)和(d)是上述关系在频域的反映。为了说明问题，我们假设信号源的弛豫进行得很慢，以至于 M 从 0° 进动到 90° 期间信号的幅度没有改变。这时，在图 11-27(c)的幅频特性上获得了等高的幅度，但相位的变化在图 11-27(d)上却表现得非常显著。

线圈中得到的信号，实际上是 M 的横向分量 M_\perp 的表现。 M_\perp 的虚部和实部分别对应于 M 的 y 和 x 分量(M_y 和 M_x)。根据这一对应关系，可将图 11-27 画为图 11-28 的形式。我们在图中分别以 R_e 和 I_m 来表示信号的实部和虚部。由此可见，相敏检波分离出的两路信号就是 M_\perp 的实部和虚部，其电压值分别正比于输入信号的振幅与

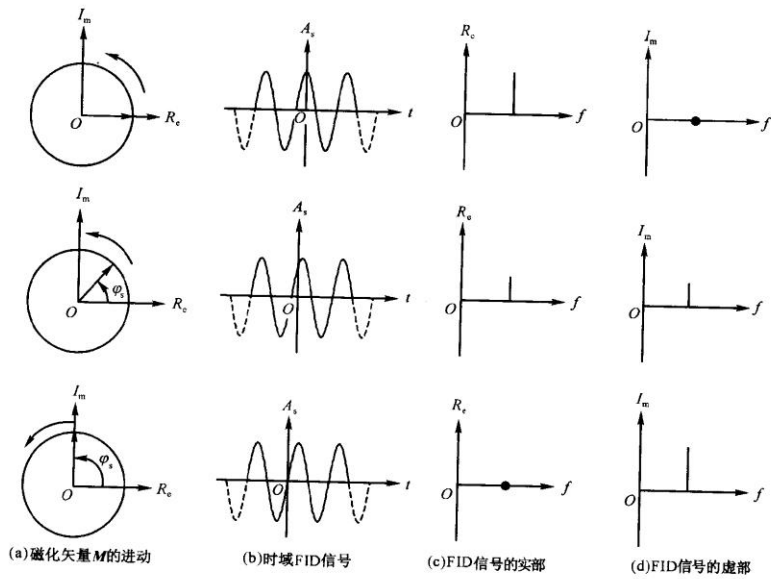


图 11-28 FID 信号的时域和频域表达(2)

相位。

检波电路的作用通常是交流信号变为脉动的直流信号，其输出信号的幅值与交流信号之幅值成正比，且各种检波器都由非线性元件所组成。相敏检波电路是一种特殊的检波电路。它输出的直流信号除反映输入交流信号的幅值外，还能反映它同参考电压之间的相位差。下面以图 11-29 来说明相敏检波电路的工作原理。

图 11-29 所示实际上为一平衡式的混频电路。输出端的 RC 并联网路是一个滤波电路。它满足 $\frac{1}{\omega C} \ll R$ 的条件，用来滤去交流分量。当该电路作为相检波器使用时，在线路的两个输入端分别加入频率相同、相位相干的交变电压：一端接信号电压 u'_s ，另一端接参考电压 u'_r ，并取 $u'_r \gg u'_s$ 。设 $u'_s = u_s \cos(\omega t + \varphi)$ 、 $u'_r = u_r \cos \omega t$ ，两个输入变压器的初、次级绕组匝数相同，并设二极管 D_1 、 D_2 以及所在支路的电路参数基本一致。同时，取图中所示的电压参考方向。由电路原理可知，略去高次项与交流分量后，输出电压 u_0 为

$$u_0 = 2aR u_r u_s \cos \varphi \quad (11-7)$$

式中， a 为线路参数。从中可以看出，相敏检波电路的输出电压既与信号电压和参考电压的幅值有关，也与二者之间的相位差 φ 成正比。当 φ 为 0° 或 180° 时，输出电压 u_0 取得极大值。

在 MRI 系统的射频接收单元中，一般采用两个上述的相检波电路进行相位检测。在这两个相检电路的输入端分别馈入与信号有 0° 和 90° 相位差的参考电压，就可在输出

端分别获得实部和虚部信号。

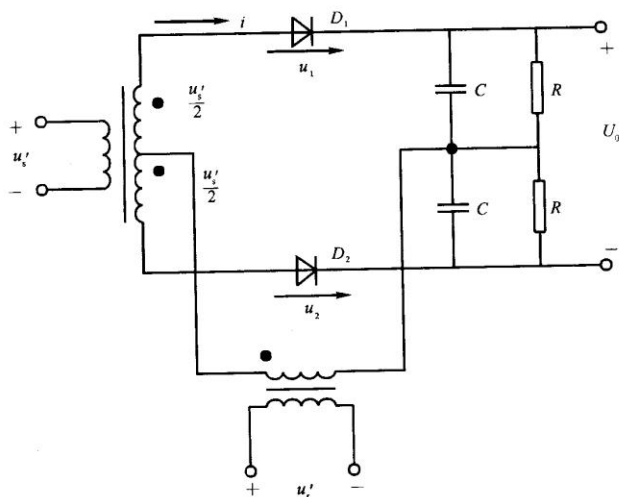


图 11-29 相敏检波电路

第五节 信号采集和图像重建子系统

数据采集(data acquisition 或 signal sampling)是指对相敏检波后的两路信号分别进行 A/D 转换,使之成为离散数字信号的过程。这些数字信号经过累加及变换处理后就成为重建图像的原始数据。在 MRI 设备中,射频子系统和数据采集子系统的工作原理与脉冲傅里叶变换波谱仪基本相同,因而这两个子系统又被合称为谱仪系统(测量系统)。图像重建的任务则是根据测量系统所提供的原始数据来计算可显示的灰度图像。数据采集和图像重建是磁共振成像的最后一步。

一、采样和采样保持

1. 采样

我们知道, NMR 信号是随时间连续变化的信号,即模拟信号。这种信号必须转换为数字信号才便于进一步处理,如累加、存储、变换和运算等。所谓 A/D 转换,就是将模拟信号转换为数字(离散)信号的过程。A/D 转换可分为采样和量化两个步骤。

采样就是把输入信号某一瞬间的值毫无改变地记录下来,或者说就是把一个连续时间函数的信号,用一定时间间隔的离散函数来表示。对于采样,我们所关心和感兴趣的,是通过采样器之后的输出信号能否完全重现原来的输入信号,以及要使输出信号完全重现输入信号对采样器有何具体要求等问题。这些问题在著名的奈奎斯特(Nyquist)采样定理中已经有了明确的解答。