



Beijing NMR Center, Peking University



NMR 硬件

用户手册

001 版





本书内容可能会在没有通知的情况下修改。

BRUKER BIOSPIN 不对使用该手册产生的结果负责。无论是在安装还是在操作仪器的过程中, BRUKER BIOSPIN 不对由于该书内容错误对仪器造成的损害负责。未经允许, 该手册的全部或部分内容不得由出版商出版发行, 或者将其翻译成其它语言。

该翻译供北京大学北京核磁共振中心内部人员交流使用, 未经许可, 不得转为其他用途。

作者: Eamonn Butler; 翻译: 李红卫 博士

技术支持: Wolfgang Bermel 和 Frank Decker 博士

修改和出版: Stanley J. Niles

© October 26, 2005: Bruker Biospin GmbH

Rheinstetten, Germany

P/N: Z31756

DWG-Nr.: 1458001



目 录

1	导 论.....	6
1.1	引 论.....	6
1.1.1	其它技术支持联系方式.....	7
1.2	该手册适用的系统.....	7
1.3	术语: AVANCE vs. AVANCE II 系列	7
1.3.1	无 SGU 的 AVANCE 系统特有单元.....	9
1.3.2	装有 SGU 的 AVANCE 系统特有单元.....	9
1.3.3	AVANCE II 特有单元.....	9
1.3.4	所以 AVANCE 系统共有单元.....	9
1.4	本手册所用模板格式.....	10
1.5	文中的 NMR 硬件	10
1.5.1	信号的清零 (blanking) 和门控 (gating)	11
2.	机柜和系统概述.....	13
2.1	概论.....	13
2.2	位置和圖片.....	13
2.3	常规信息、配置和功能.....	13
2.3.1	获取控制系统 (AQS, Acquisition Control System)	14
2.3.2	布鲁克智能磁体系统 (BSMS, Bruker Smart Magnet System)	15
2.3.3	控温单元 (VTU, Variable Temperature Unit)	15
2.3.4	放大器 (Amplifiers)	16
2.3.5	磁体 (magnet)	17
2.3.6	匀场系统 (Shim System)	17
2.3.7	高性能前置放大器 (HPPR, High Performance Preamplifier)	17
2.3.8	锁场系统 (lock system)	18
2.3.9	探头 (Probe)	19
2.3.10	基本信号通路概述.....	19
2.4	单元开关.....	20
2.5	提示 “n” 技巧/基本问题定位	20
2.6	序列号 / ECL 级别 / 软件下载	21
2.7	其它相互界面/单元	22
2.8	可选或核心组件.....	22
2.9	更多信息.....	23
3	获取控制系统 (AQS, Acquisition Control System)	24
3.1	概论.....	24
3.2	位置与圖片.....	25
3.3	基本信息、配置和功能.....	25
3.4	开关转换.....	28
3.5	提示 “n” 技巧/基本问题定位	28



3.6	序列号/ECL 级别/软件下载.....	29
3.7	其它需要的信号/单元.....	30
3.8	可选或核心组件.....	30
3.9	更多信息.....	30
4	计时控制单元 (Timing Control Unit, TCU3)	31
4.2	定位与图片.....	32
4.3	基本信息、配置和功能.....	32
4.3.1	详细信息.....	32
4.4	单元开关.....	34
4.5	提示“n”技巧/基本问题定位	34
4.6	序列号/ECL 级别/软件下载.....	35
4.7	其它需要的信号/单元.....	35
4.8	可选或核心组件.....	35
4.9	更多信息.....	35
5	频率控制单元 (FCU, Frequency Control Unit)	36
5.1	概述.....	36
5.2	定位与图片.....	38
5.3	基本信息、配置和功能.....	39
5.4	单元开关.....	40
5.5	提示“n”技巧/基本问题定位	41
5.6	序列号/ECL 级别/软件下载.....	41
5.7	其它信号或单元.....	42
5.8	可选或核心组件.....	42
5.9	更多信息.....	42
6	信号生成单元 (SGU, Signal Generation Unit)	43
6.1	概述.....	43
6.2	定位与图片.....	45
6.3	基本信息、配置和功能.....	45
6.3.1	前面板连接.....	46
6.3.2	详细说明.....	47
6.4	单元开关.....	49
6.5	提示“n”技巧/基本问题定位	50
6.6	序列号/ECL 级别/软件下载.....	50
6.7	其它需要的信号/单元.....	51
6.8	可选或核心组件.....	51
6.9	更多信息.....	51
7	ROUTER.....	52
7.1	概述.....	52
7.2	定位与图片.....	53
7.3	基本信息、配置和功能.....	53
7.4	单元开关.....	55
7.5	提示“n”技巧/基本问题定位	55
7.6	序列号/ECL 级别/软件下载.....	55
7.7	其它需要的信号/单元.....	58



7.8	可选/核心组件	59
7.9	更多信息.....	59
8	外置放大器.....	60

1 导 论

1.1 引 论

该手册的主要目的在于介绍 **AVANCE** 谱仪的硬件。该书主要是为一些想了解 **NMR** 硬件各个组成单元以及这些单元是如何相互联系在一起的操作员而编写，并不能使读者能够胜任任何的仪器检修。但是，越来越多的用户想要了解更多更加深入的硬件知识，以便他们能够

- 根据他们的需要选择核磁的系统；
- 在升级他们现有系统时做出明智的选择；
- 对现有的系统进行优化。

从一个更加必要的层面来说，**NMR** 谱仪变得越来越复杂，而操作者对于硬件的了解也越来越少。该手册试图扭转这个趋势。希望读者能够体会到现代仪器系统中一些设计方面的问题。

虽然通过一个简单的手册把谱仪硬件全面描述清楚的日子已经一去不复返了，但是该手册试图为读者提供一个仪器控制系统各个组成单元的简明概述。

分离的独立系统如 **BSMS**、**HPPR**、**VTU**、探头和磁体在其它手册中已有了充分的描述，在这里就不再重复。该手册试图介绍机柜内部的基本硬件。当手册试图包含更多内容时就会存在搜集过多琐碎内容的风险，该手册内容的重点是尽可能为读者提供更多的信息而又不讨论太多的技术细节。因此，本书中的一些解释和描述将以一种简单的方式来表达，希望没有以牺牲严格的科学和技术的正确性为代价。对于一个非常庞大的系统来说，提供任何真实且全面的概述都是不可能的。需要太长或太复杂才能描述清楚的部分将被忽略。在每一章的结束，有一个以“补充材料”为题的部分，用来列出读者应该需要的详细信息。

该手册致力于提高读者对控制系统硬件的了解，从而通过某种方式使 **NMR** 具有更高的回报。该手册并不教你如何操作系统或者启动一个基础的实验，想学习这些内容请参考以 **AVANCE AV**（基于 **SGU** 的频率合成）为题的手册。



请谨记，希望读者以充分的积极性来阅读！如果你有任何关于改进该手册的修正与评论请联系：

1.1.1 其它技术支持联系方式

BRUKER BioSpin GMBH

am Silberstreifen

D-76287 Rheinstetten

Germany

Phone: + 49 721 5161 0

FAX: + 49 721 5171 01

E-mail: <e-mail address>@bruker.de

Internet: www.bruker.de

1.2 该手册适用的系统

该手册主要为 AVANCE 基于 SGU 频率合成的谱仪所写，一些性质也适用于早期没有装配 SGU 的系统。最近，AVANCE II 已被发明，下一节会对不同的系统的区别进行比较。

1.3 术语：AVANCE vs. AVANCE II 系列

谱仪的硬件在不断的改进，可用的谱仪的配置非常丰富。为了方便介绍硬件，可以将谱仪各种不同的配置划分为以下三类，如下表前三列所示。正如前面所提到的，SGU 的发明是主要的区分标准。在表中前两列配置的划分主要以是否安装了 SGU 为标准，第三列 AVANCE II 系列主要以是否应用了最新的 DRU 为区分标准。

眼下表中如此多的详细信息会使读者（与读者所修课程相关）畏惧，这些信息列在这主要是使读者对各种配置的仪器有一个总揽。表中硬件的性质会在以后的章节中逐渐介绍。

仅由一本手册来描述不同配置谱仪的困难之一是读者要在特定的系统中保持清醒是很困难的。因此，表中所列的各种配置会为读者在阅读手册时提供一个有用的参考。某些情况下，表中相关行的信息会在个别章节中重复介绍。

表 1.1 三代谱仪硬件总结

AVANCE (无 SGU)	AVANCE (带 SGU)	AVANCE II (带 DRU)	注 释
AQR/AQX	AQS	AQS 或 AQS/2	AQS/2 具有额外的两个类似的空位用来容纳内部的 HPPR 模块。如果出现内部 HPPR 模块或者 DRU 表明该谱仪安装了 AQS/2。
TCU0 或 TCU1	TCU3	TCU3	TCU2 没有商业化。
FCU0	FCU3	FCU3 或 FCU4	FCU1 和 FCU2 没有商业化。 FCU0 是模拟和数字输出。 FCU3 和 FCU4 是完全的数字输出。
ASU+LOT+PTS 或 Schomandl	SGU	SGU	SGU 的发明是近年来最大的发展。SGU 具有频率合成和振幅设定的组合功能。
ROUTER	ROUTER	ROUTER	ROUTER 在没有 SGU 的 AVANCE 系统中需要清零，而在有 SGU 的系统中不需要清零 (blanking)。
仅 External amplifiers	External 或 internal amplifiers	External 或 internal amplifiers	内部和外部放大器不能混合。
HPPR 或 HPPR/2	HPPR 或 HPPR/2	HPPR/2 或 internal HPPR	内部 HPPR 模块需要 AQS/2。
RX22+RCU	RX22+RCU	RXBB+RCU AQS1 或 AQS/2 RXAD+DRU 仅 AQS/2	RX22 和 RXBB 需要一个独立的数字转换器，如 HADC、SADC 或 FADC
HADC/SADC/F ADC	HADC/SADC/ FADC	RXAD	安装的 RXAD 具有数字转换器功能。
RCU	RCU	DRU	DRU 是 AVANCE II 最主要的特性。
	REF22 或 REF	REF 或 REF/2	早期谱仪没有与 REF 对等单元。
CCU10 或 CCU11	CCU10 或 CCU11	CCU10 或 CCU11	手册中的 CCU 指 CCU10。CCU09 不适合 AVANCE 系列。

1.3.1 无 SGU 的 AVANCE 系统特有单元

AQX / AQR chassis (机壳);
FCU0;
TCU0 或 TCU1;
ASU (Amplitude Setting Unit) (振幅设置单元);
LOT (Local Oscillator Tune) (本机调整振荡器);
PTS or Schomandl frequency synthesizer (频率发生器)。

1.3.2 装有 SGU 的 AVANCE 系统特有单元

AQS chassis (机壳);
FCU3 / FCU4;
TCU3;
SGU;
REF;
Amplifiers 可内置或外置。

1.3.3 AVANCE II 特有单元

DRU;
RXAD;
AQS/2。

1.3.4 所以 AVANCE 系统共有单元

ROUTER
External amplifiers (外置放大器)

1.4 本手册所用模板格式

除了导论一章外，谱仪每个单元都用一套标准的标题来描述。对于如此多的单元，虽然没有一个适合所有单元的模板，但是这样一套标准的标题可以帮助操作者快速和有效的找到所需要的信息。对于某些没有相关信息的特殊单元，对应的标题将被描述为“na”（not applicable，不适用），或者直接忽略。以下章节所包含的标题如下：

- **概论：**对相应单元进行概述，并简单介绍它在整个仪器运行当中的角色。
- **位置和图片：**对于许多操作者，识别和定位各个单元是进一步了解它们非常重要的第一步。
- **常规信息，配置和功能：**这是一个自解释性的标题。这部分内容对于适当的内容进行详细介绍，并对面板上可触及的符号进行解释。
- **单元开关。**
- **提示“n”技巧/基本问题定位：**请谨记这不是一本服务手册，但是许多操作者有兴趣了解一些基本问题的定位和检查。
- **序列号 / ECL 级别 / 软件下载：**就与 Bruker 服务人员交流而言，这部分内容非常重要。
- **其它需要的符号和单元：**现代谱仪问题定位过程中一个主要的问题是分离和辨认问题单元以及问题开始的时间。
- **可选或核心组件：**这部分帮助操作者理解各种可能的配置。
- **更多信息：**通常是 BASH 文献参考，帮助读者进一步研究相应单元。

1.5 文中的 NMR 硬件

为了在手册中组织各个章节，考虑现代 NMR 硬件需要的基本性质可能是非常有用的。许多系统的设计是为了满足一下性质：

发射激发信号需要：

- 准确定义脉冲长度和调节振幅，精确的频率和相位控制和快速转换。
- 好的开关比率（例如在信号传导过程中最大程度的压制噪声）。

- 矩形脉冲迅速的下降和上升的边界。
- 整形脉冲精确定义的外形。
- 线性且准确的放大。
- 频率、相位和振幅的高分辨率。

接收 NMR 信号应该：

- 在较大的范围内线性放大。
- 能够在高的采样速率下将其数字化，从而扩大可用扫描宽度和方便密集采样（在运行过程中对数字化数据进行处理和数字过滤成为可能）。
- 有高分辨率（高点数确定数字信号的振幅）。
- 在反复的获取过程中保持不变的相位。

另外，所有的单元应该在时间上同步，特别是信号的发射和接收。发射和接收的转换时间必须进行优化。

如果读者能够将上述性质熟记在心就能帮助读者理解以下章节许多独立单元所起到的各种角色。

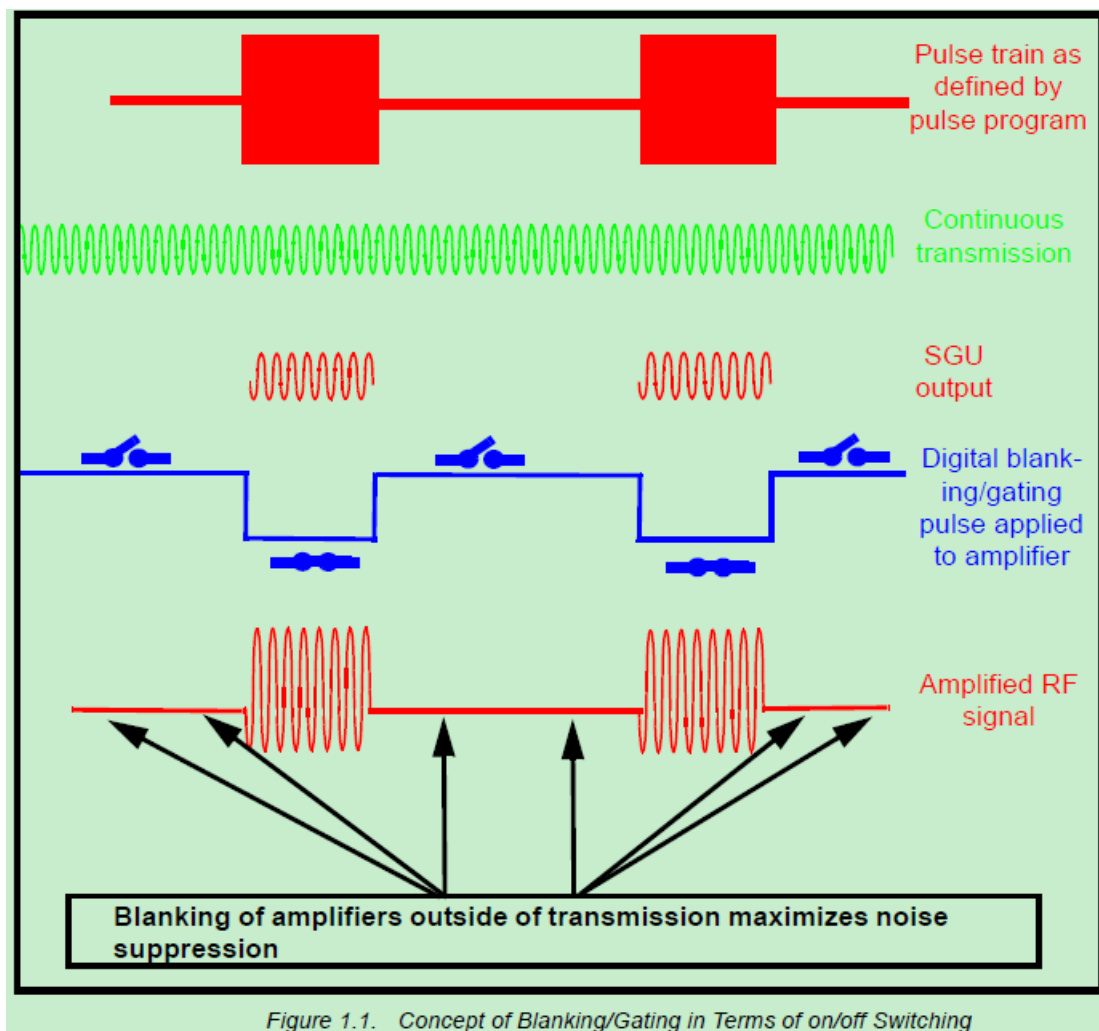
1.5.1 信号的清零（blanking）和门控（gating）

考虑到一些概念会在以后的章节中用到，所以在本章可能需要解释一下这些信号起到了什么作用。为了产生一个特定持续时间的 RF 脉冲，一个连续的 RF 信号首先产生，随后通过一个具有“开”和“关”两种调节模式的电子开关发射。这个开关负责 RF 信号的清零和门控。开关转换由作用在激活的低逻辑的数字信号（TTL level）的清零和门控控制，当信号很强时（大约 5V），开关打开阻止发射，当信号很弱（大约 0V），开关闭合允许发射。

正如前面所说，矩形脉冲重要的性质是好的开关比率和迅速下降和开启的边界，这些性质能够通过反复的清零和门控来提高。很明显，如果清零/门控在一些位置重复，各种信号必须准确同步。

最近谱仪系统的趋势是减少发射时仅产生 RF 信号而清零的需求，这样 SGU 输出在发射之外将被关闭（见图 1.1）。放大器本身仍需要清零，因为不可避免在所有时间噪声都会被放大。早期没有 SGU 的系统在 ROUTER 输出时需要额外的清零，因为频率的生成是连续的，因此额外的清零用来完成需要的压制。ROUTER

清零理论上和放大器清零是一致的，数字信号控制着具有“开”（发射）和“关”（不发生）两种模式的开关。



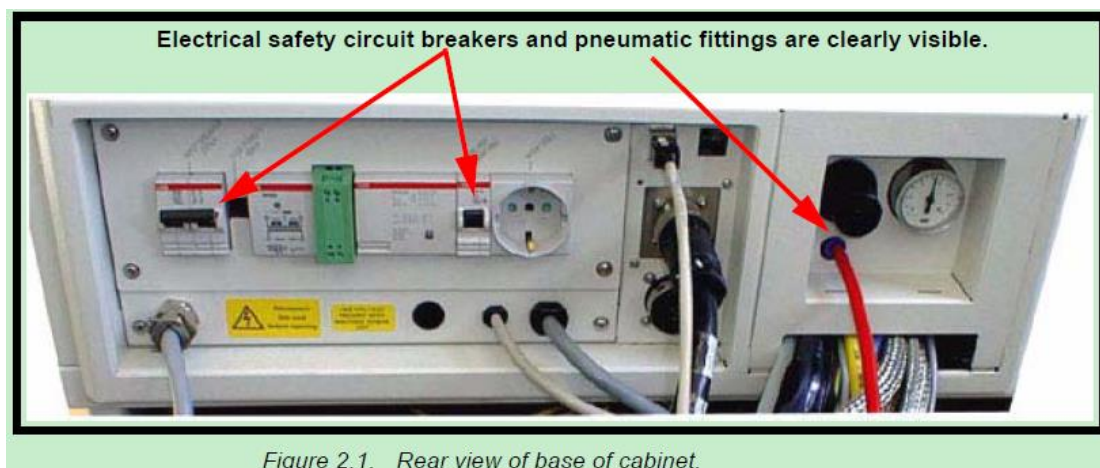
2. 机柜和系统概述

2.1 概论

机柜是用来容纳各个谱仪单元，使其紧凑排列；并为界面提供屏蔽，如是电磁辐射与外界隔离。通风设备安装在机柜的背面，用来冷却各个单元。机柜还提供重要的内部线路，并设计用来满足对充气 and 主要电源的需求。充气 and 电源连接见图 2.1。

机柜能够轻松移动（所有单元关闭的情况下），它的位置，特别是先对于磁体的位置，是一个需要考虑的重要问题。从一个操作者或用户的角度来说，其它唯一需要考虑的是他们是需要微箱、单箱还是双箱机柜。

2.2 位置和图片



2.3 常规信息、配置和功能

根据仪器配置，机柜可以是微箱、单箱和双箱的。



- 微箱机柜最多可以容纳 3 个独立的 RF 通道。
- 单箱机柜最多可以容纳 4 个独立的 RF 通道（如果使用内置放大器，减少为 3 个）。
- 双箱机柜最多可以容纳 8 个独立的 RF 通道。

在机柜的上面存在一定的空间可以放置一些外部单元，虽然这些单元将不被机柜保护。在机柜中存在的基本子单元包括：AQS（Acquisition Control System，获取控制系统）、BSMS（Bruker Smart Magnet System，布鲁克智能磁体系统）、VTU（Variable Temperature Unit，控温单元）以及各种各样的放大器。我们将对这些基本的子单元进行简明的介绍。

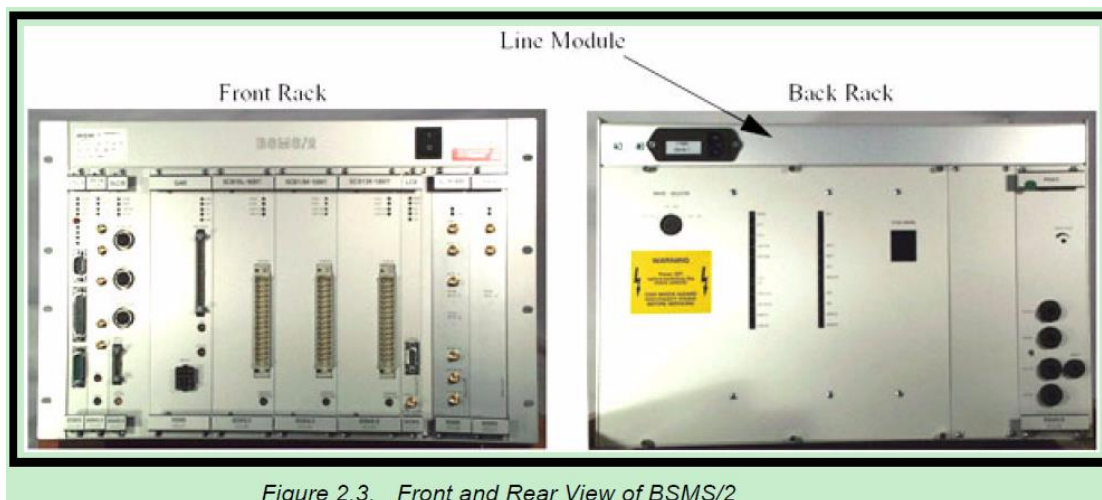
2.3.1 获取控制系统（AQS，Acquisition Control System）

AQS 中的各个单元合成用于激发样品的无线电频率脉冲，并接收、放大和数字化由样品发出的 NMR 信号。一旦数据被接收和数字化，信息被传给主计算机

用来进一步的处理和储存。与主计算机的连接主要通过 CCU (Communications Control Unit, 通信控制单元)。需要强调的是在整个实验过程中 AQS 控制着整个谱仪的运行, 这是为了确保谱仪连续的运行以便保证获取的完整性。AQS 的主架上还有一套数模插槽型单元。AQS 详细的内容将在下章介绍。

2.3.2 布鲁克智能磁体系统 (BSMS, Bruker Smart Magnet System)

该系统通过 BSMS 键盘控制, 用来操作锁场和匀场系统以及控制样品的升降。关于一些 BSMS 符号的概述请参见“主要信号路径示意图 (图 2.6)”。BSMS 的硬件在许多手册中已经得到了充分的描述, 在此手册中不再细谈。



2.3.3 控温单元 (VTU, Variable Temperature Unit)

根据模式的不同, VTU 可以是独立的单元, 也可以集成到 BSMS 上。VTU 的功能是通过对一个加热器的和一个空气或氮气输送管线的调节来控制温度。将一个热电偶作为温度计不断监测样品附近的温度。所有装置都附在探头上很容易被发现。VTU 不断监测热电偶的读数, 并不断调节加热器的功率, 从而维持一个可调的温度。相对于整个谱仪的硬件来说, VTU 相对简单, 所以本手册将不再详细介绍, 但是值得一提的是带有“self-tune”键的“edte”菜单。运用“self-tune”功能可以优化温控参数, 并将与探头相关的参数在磁盘文件中保存。通过这种方

式，无论什么时候更换探头，很容易加载一套和是的参数。

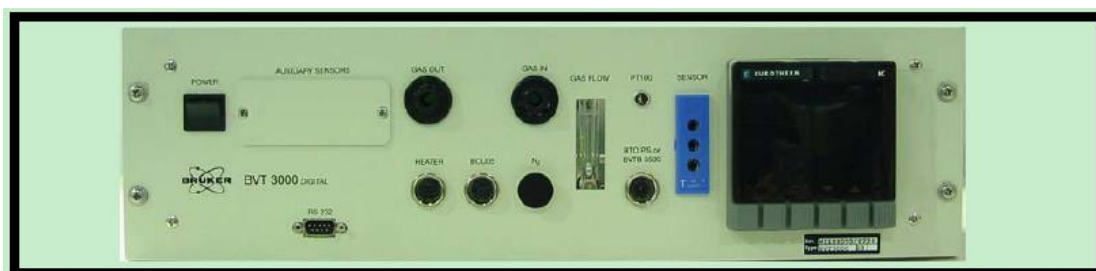


Figure 2.4. Typical VTU Unit (BVT3000)

2.3.4 放大器（Amplifiers）

正如发射器一样，放大器将在以后以“外置放大器”和“内置放大器”分别详细介绍，在此为了介绍整体硬件的连贯性将做简单介绍。样品的激发通常需要振幅相对较大的信号，因此需要放大器。放大器可以内置（集成到 AQS 支架上），也可以外置（分为独立的单元）。直接连接放大器输出和 HPPR 的电缆将 RF 信号传给样品。虽然可用放大器很多（包括固体 NMR 的放大器），但都可以分为两类：

选择性放大器（selective amplifiers，通常称为 ^1H 或质子放大器）特别设计用来放大高频信号，如 ^1H 和 ^{19}F 谱。

宽频放大器（Broadband amplifiers，通常称为 X 放大器）用来放大较宽范围的低频信号（ ^1H 和 ^{19}F 外），包括 ^{13}C ， ^{31}P 。

RF 信号通过在面板上标有“RF in”的 SMA 连接器进入放大器。这是一个带有 1Vpp 最大振幅的相对较弱的信号。该信号的质量非常关键，因为它带有最终信号的频率、时间、形状和相位。有经验的操作者有时会通过一个示波器来检查该信号。放大器的功能是接收该输入信号并进行固定的放大。振幅的控制和特殊的振幅改变均执行在进放大器之前的参数（pl0...pl31，矩形脉冲）和（sp0...sp63，整形脉冲）来调节。离开放大器的 RF 信号是几百伏的量级，没有足够的衰减是不适合用示波器来检查的。

虽然这本手册主要是介绍机柜内的各个硬件，但也应该简要的介绍系统的基本组件，如磁体（magnet）、匀场系统（shim system）、高性能前放（HPPR）、探头（probe）和锁场系统（lock system）。

2.3.5 磁体 (magnet)

磁体产生磁场，与 RF 激发信号一起产生 NMR 跃迁。为了维持超导体系统，磁体的核心运用液氮和液氦冷却到很低的温度。高强度磁场的进展由增加信号灵敏度来驱动。除了场强，磁体好坏的一个主要参考是场的均匀性，这直接反映在通过 NMR 线宽测定得到的分辨率上。灵敏度和线宽（或线型）是谱仪的基本说明。磁场的均匀性可以通过后面介绍的“匀场”的过程来调节。

2.3.6 匀场系统 (Shim System)

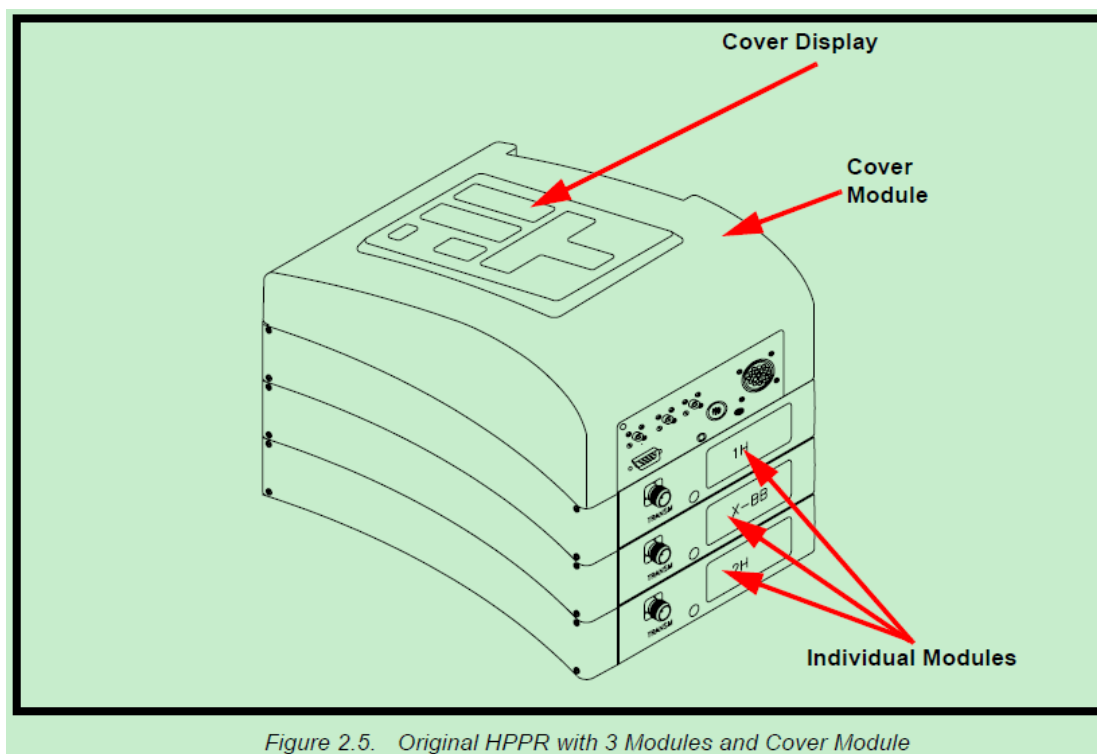
安装在磁体底部的室温匀场系统是一套载流线圈（称为 shims），通过抵消由样品或探头等引起的场的不均匀性来增强场的均匀性。室温线圈（之所以称为室温是因为线圈并没有浸泡在液氮中冷却）中的电流由 BSMS 控制，通过调节 BSMS 键盘可以优化 NMR 信号。调节匀场线圈的过程称为“匀场（shimming）”，它主要影响信号的分辨率和灵敏度。“lock level”通常用来监测匀场操作的过程。

2.3.7 高性能前置放大器 (HPPR, High Performance Preamplifier)

虽然发射信号通过 HPPR 传递给样品，但是 HPPR 主要用来放大由样品产生的相对较弱的信号。早期的模型是将其放置在磁体基座上用来尽早放大 NMR 产生的信号从而减少 NMR 信号在电缆中的损失。新的内置 HPPR 模块在机箱内集成在 AQS/2 的支架上。一旦信号被 HPPR 放大，接下来在电缆中的损失便不那么重要的了。HPPR 同样用在发射和接收氦或氟的锁场信号用来进行 wobble 过程。HPPR/2 最多可以配置 9 个独立的模块，而最初的 HPPR 最多只可以配置 5 个独立的模块。所有这些模块都会在 edsp/edasp 窗口中显示。HPPR 常见的配置包括三个独立的模块，质子、X-BB 以及与盖子相邻的氦的模块（见 2.5）。 ^2H 模块主要用来发射和接收锁场信号。HPPR 大部分技术是发射/接收（Transmit/Receive）转换（Transmit/Receive switching）。频率过滤（减小噪音和插入的不可避免的 1dB 的信号损失）后有效的信号在没有进行任何操作的情况下发射给探头。一旦发射

信号传递过去，HPPR 中的信号通路发生改变，以便用于放大从探头接收的信号（一般放大 30dB）。其中的关键是转换应该既可能的快，并且要压制泄漏，以便发射信号的尾部不会淹没生成信号的开端。

HPPR 硬件的详细介绍可以在 BASH CD 的手册中找到，并且会在本手册“HPPR”一章中详细介绍。



2.3.8 锁场系统（lock system）

锁场的目的是确保样品周围的磁场强度在整个实验过程中不发生变化，或者说尽可能的减小外部扰动。操作者必须确信场强总是准确维持在相同的强度，这就涉及到将样品“锁定（locking）”。锁场系统是一个单独监测氘信号的谱仪。需要指出的是氘发射的信号频率远离于我们感兴趣的 NMR 信号的频率。如果氘的信号不合适，可以用氟的信号来代替。由于更流行，我们仅介绍氘锁场，但操作者应该知道氘锁场和氟锁场是一样的。

AVANCE 系统中，BSMS 提供了锁场所需的硬件，一个独立的氘的 HPPR 模块

发射和接收锁场信号。当然用于分析样品中需要引入氘，这很容易通过将样品融入氘代溶剂来实现。

对于特定的磁体，氘发出的信号频率能够精确知道，因此，如果磁场强度正确，对于一定的自旋，样品中任何氘的信号都应准确发出该频率。如果磁场强度发生变化，氘发出的频率也相应发生变化。锁场系统运用一个接收器（内置于 BSMS 中）监测氘的频率，并根据磁场强度做一些修正。

2.3.9 探头 (Probe)

探头用来承载样品，发射激发样品的 RF 信号以及检测样品发回的信号。发射和接收通过特定 RF 线圈完美实现。探头插入磁体的底物，安置在室温匀场线圈的内部。同轴电缆将来自于 HPPR 的激发频率传递给探头，将返回的 NMR 信号传递给 HPPR，正如 2.3.7 中所讲，HPPR 用来将一般较弱的 NMR 信号放大。

2.3.10 基本信号通路概述

为了能够帮助读者在介绍谱仪各个单元之前了解谱仪的整体运行过程，了解在标准的收谱中一些基本信号的简要总结非常有用（见图 2.6）。

激发信号的发射：RF 脉冲序列通过 FGU 或 SGU 准备和生成。SGU 生成信号后 ROUTER 转换信号通路，然后信号被放大并发射给合适的 HPPR 模块。

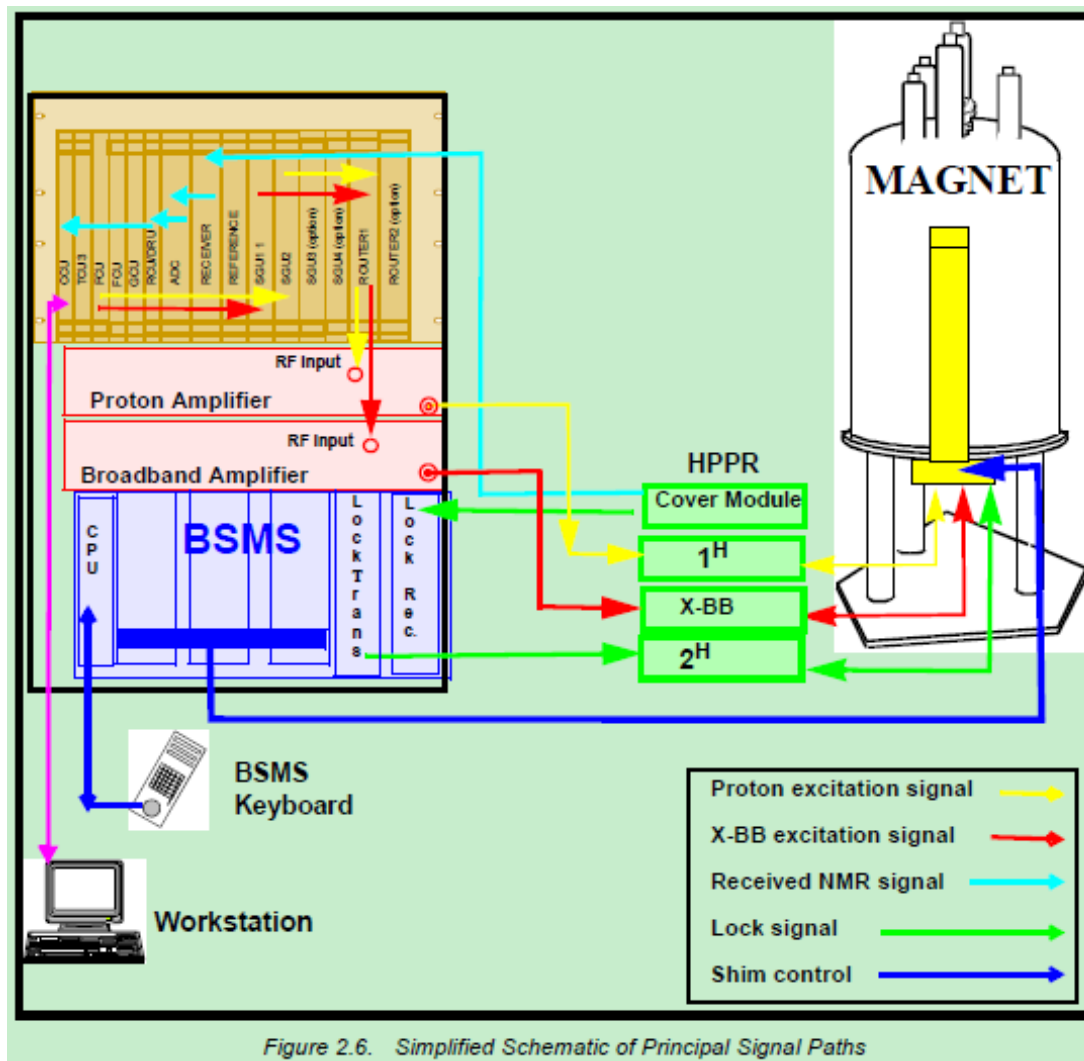
发射/接收转换：HPPR 发射和过滤传递给探头的激发信号，并过滤和放大接收到的 NMR 信号。需要注意发射到样品的信号和相对弱的 NMR 信号是通过同一根电缆。

接收到的 NMR 信号：信号被接收器 (Receiver) 检测和放大后传递给数字转换器 RCU 和 DRU，最后通过 CCU 传递给 NMR 工作站。

锁场信号：BSMS 通过 HPPR 氘的模块发射和接收氘的锁场信号。

匀场控制：由 BSMS 实现。

锁场和匀场由与 CPU 和 BSMS 相连的 BSMS 键盘控制。



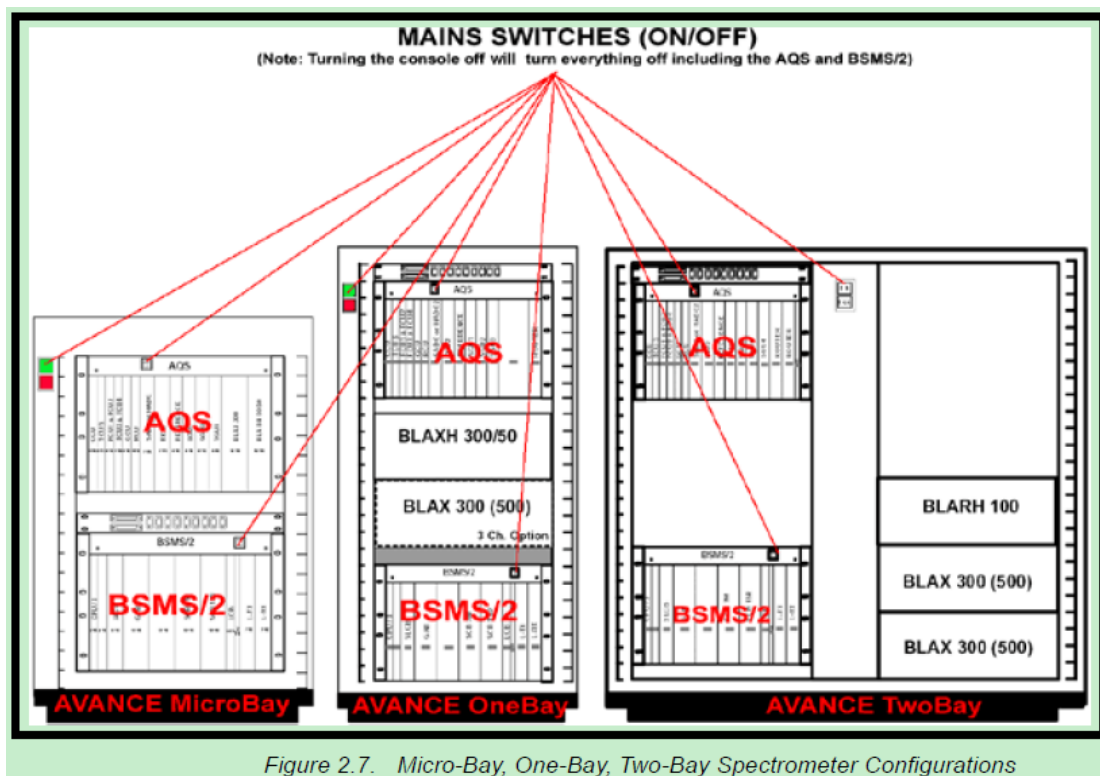
2.4 单元开关

机柜和所有电源都是由位于前面的红/绿开关控制。紧急情况下这是切断仪器各个单元电源供电最快速的方式。红/绿开关可以切断所有各个单元的供电，而 AQS 和 BSMS 等架子上独立的单元开关用来切断各个单元的电源。独立的体系如 VTU、外置放大器等分别由独立的电源开关。

2.5 提示“n”技巧/基本问题定位

- 机柜应该长期关闭，这样可以最大程度的屏蔽和减少外界电子干扰。应

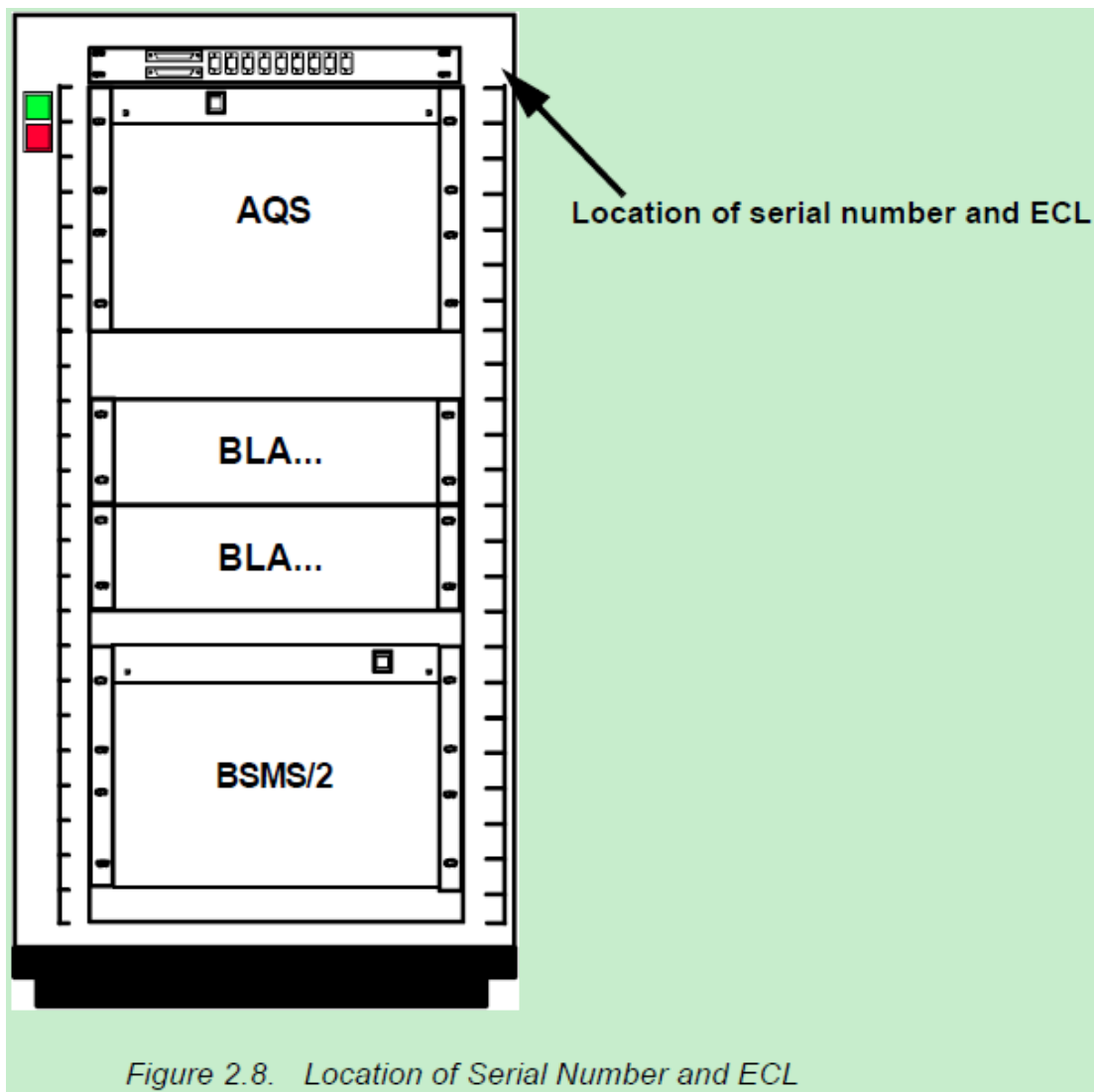
仔细选择机柜所用材料，从而增强辐射屏蔽。机柜保持关闭可以减少由于温度振动而引起的扰动。值得注意的是实验室稳定的温度有助于得到可信的 NMR 数据。



- 如果遇到由空气动力引起的功能问题，如样品的升降和旋转，应从机柜背部检查是否有足够的压力。

2.6 序列号 / ECL 级别 / 软件下载

序列号和 ECL 级别的位置显示于下图中。



2.7 其它相互界面/单元

n/a

2.8 可选或核心组件

微箱、单箱和双箱机柜均为核心组件。

2.9 更多信息

- CD 中机柜的平面设计是对于了解机柜的尺寸、位置以及电源和充气的需求是很有用的。
- 有很多独立的手册来描述各种各样的 BSMS 单元。若要总体了解各种 BSMS 可参见 P/N Z31185（用户手册）的导论一章。
- 想要了解 VTU 可参见手册 P/N Z31482。同样有许多独立的手册介绍各种 VTU。

3 获取控制系统 (AQS, Acquisition Control System)

3.1 概论

AQS 是一个高效的支架系统，容纳了各种各样系统单元。该支架一个基本功能是在背面提供电源和内部连接，因为内部连接可以减少面板上各个单元之间的连接电缆。支架系统提供了一个很大的空间，使得大量信号不用通过底板传递，否则，某些位置不可及，使得查找问题非常具有挑战性。支架的设计应具有一定的灵活性，从而使得标准的支架可以用于不同的谱仪配置。AQS 的设计还应考虑到它必须与已经发明的各种单元兼容。这些单元具有不同的物理形状和通信方式。因此，一些老式的单元需要背部适配器以便它们能够和底板连接器兼容。

AQS 具有两个版本可用：

原始的 AQS 具有 8 个数字的和 8 个模拟的插槽，适合：

4 个 RF 通道（外置放大器）

3 个 RF 通道（内置放大器）

第二种 AQS 可以容纳 8 个 RF 通道。

较新的 AQS/2 具有 6 个数字的和 10 个模拟的插槽适合：

6 个 RF 通道（外置放大器）

3 个 RF 通道（内置放大器）

第二种 AQS/2 可以容纳 8 个 RF 通道。

AQS/2 多出的两个模拟的插槽可以容纳内置的 HPPR 模块。

在整个手册中，除非特别说明，否则 AQS 的意思可以代表原始的 AQS 也可以代表 AQS/2。

3.2 位置与图片

AQS 位于主机柜（图 2.7）。

存在很多配置，其中一个如下图所示。

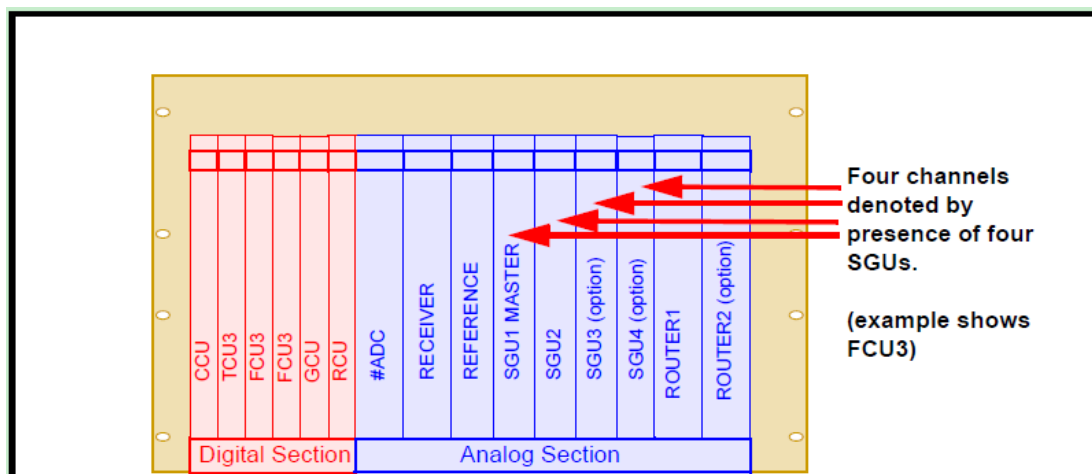


Figure 3.1. AQS (original version) with Four Channels

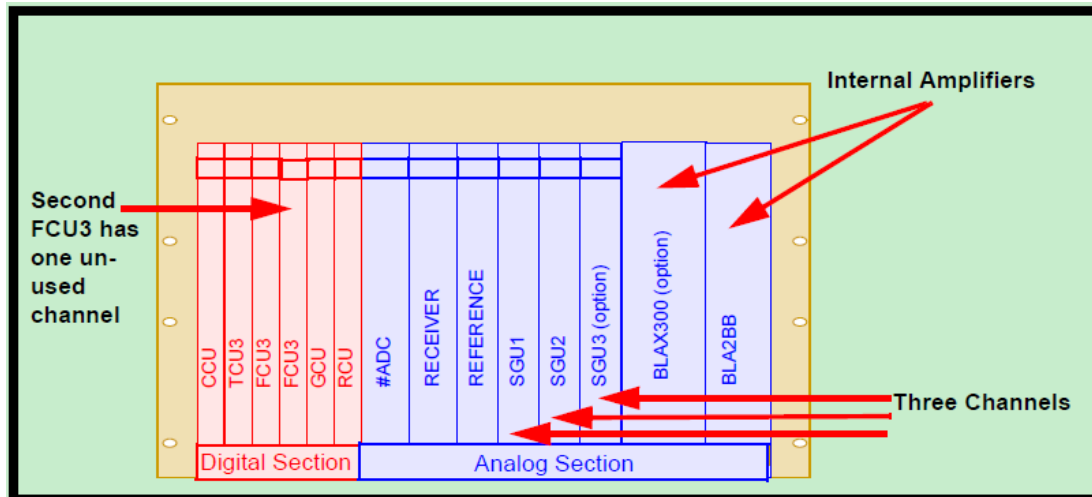
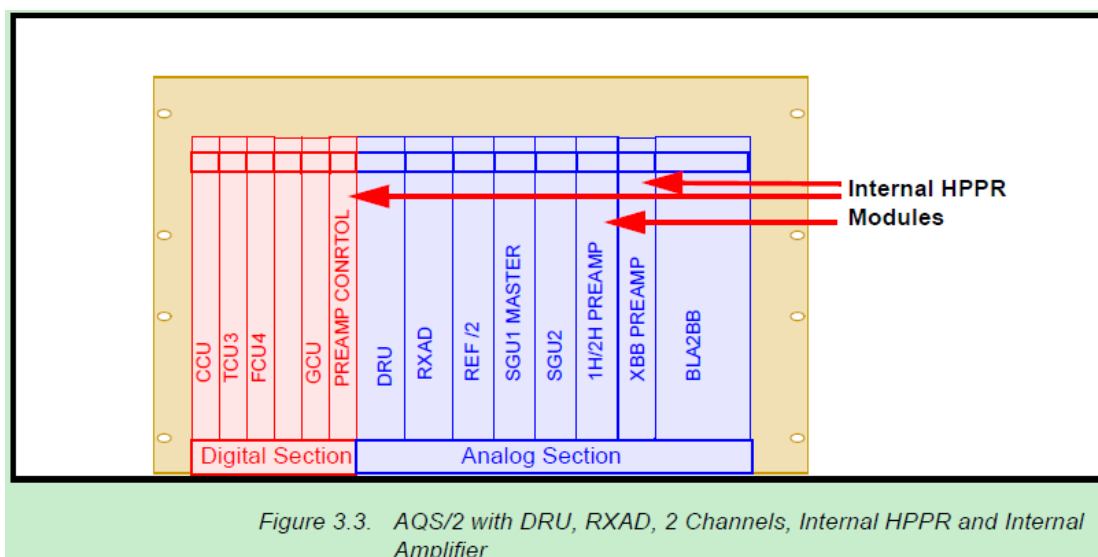


Figure 3.2. AQS (original version) with Three Channels and Internal Amplifiers

3.3 基本信息、配置和功能

AQS 设计用来以集成的支架系统容纳插槽单元，它包含了许多与谱仪相关的电子硬件。通常观察 AVANCE 谱仪的以下单元是有意义的：

- AQS（执行多数的收取功能）
- BSMS 系统（控制锁场、匀场已经样品的升降）
- Amplifiers（放大模拟的 RF 发射信号）
- VTU（控制样品温度）



各种 AQS 单元合成用于发射的信号，同时接收放大和数字化由样品发出的 NMR 信号。这样在 AQS 中将会发现以下单元，如 CCU、TCU3、FCU、SGU、接收器和数字转换器等，除了容纳这些单元外，AQS 支架后面还为各个单元提供电源和电子通讯线路。一旦 NMR 信号被接收和数字化，信息被传送给主计算机进行进一步处理和存储。与主计算机主要的连接通过 CCU（通讯控制单元，Communication Control Unit）实现。装备 DRU 的较新的系统不经过 CCU 而直接通过以太网与主计算机连接。需要强调的是获取控制单元（AQS，Acquisition Control System）在实验的过程中控制的仪器的运行。他保证了仪器运行的不间断性和确保了接收数据的完整性。

为了节省空间，AQS 的设计将模拟功能从数字功能中分离。AQS（AQS/2）左侧的数字部分具有 8（6）个插槽，可以容纳 8（6）个物理宽度相同的数字单元（早期的 AVANCE 系统有所不同，TCU1 和 TCU0 均占了不止一个插槽）。

数字部分依次包括 CCU、TCU3、FCU、GCU 和 RCU。这些单元的功能将在以后的章节中介绍。在这需要说明的是除了 GCU 外，其它单元都是核心组件。FCU

的数量根据系统的配置而定，每个 FCU 可以为 2 个（FCU3）和 4 个（FCU4）RF 通道服务。

虽然 AQS 的模拟部分可安装的单元数由物理宽度而定，但是它通常具有的 8（10）个插槽与底板连接。AQS 的模拟部分的设计根据需要容纳的单元很灵活。因此，根据支架的数目、ROUTER 的数目、用内置还是外置放大器以及所用的前置放大器，模拟部分的配置各种各样，通常从左到右依次是：DRU（Digitizer + Reciever）、REF、SGU 组、内置 HPPR、内置放大器或 ROUTER。

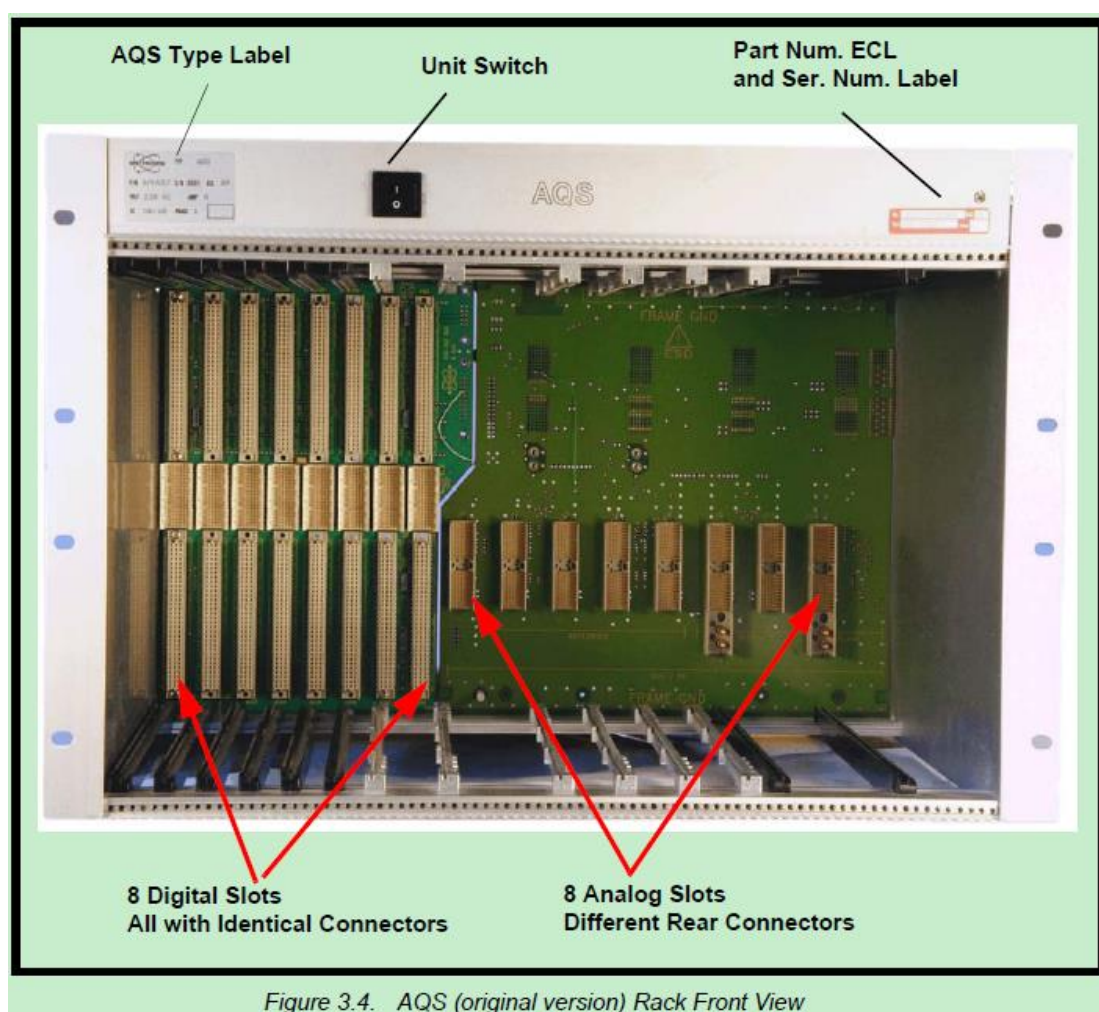


Figure 3.4. AQS (original version) Rack Front View

对于数字、模拟以及内置放大器，AQS 支架的背部主要设计用来提供电源。另外，背部也用来容纳 ACB（Amplifier Control Board，如果安装的话）和 PSD（Power Supply Distribution）单元。

3.4 开关转换

AQS 通常是永久打开的，集成的风扇保证了单元的冷却。开关位于上部靠左（图 3.4）。各个单元没有独立的开关，都是由 AQS 的总开关控制。

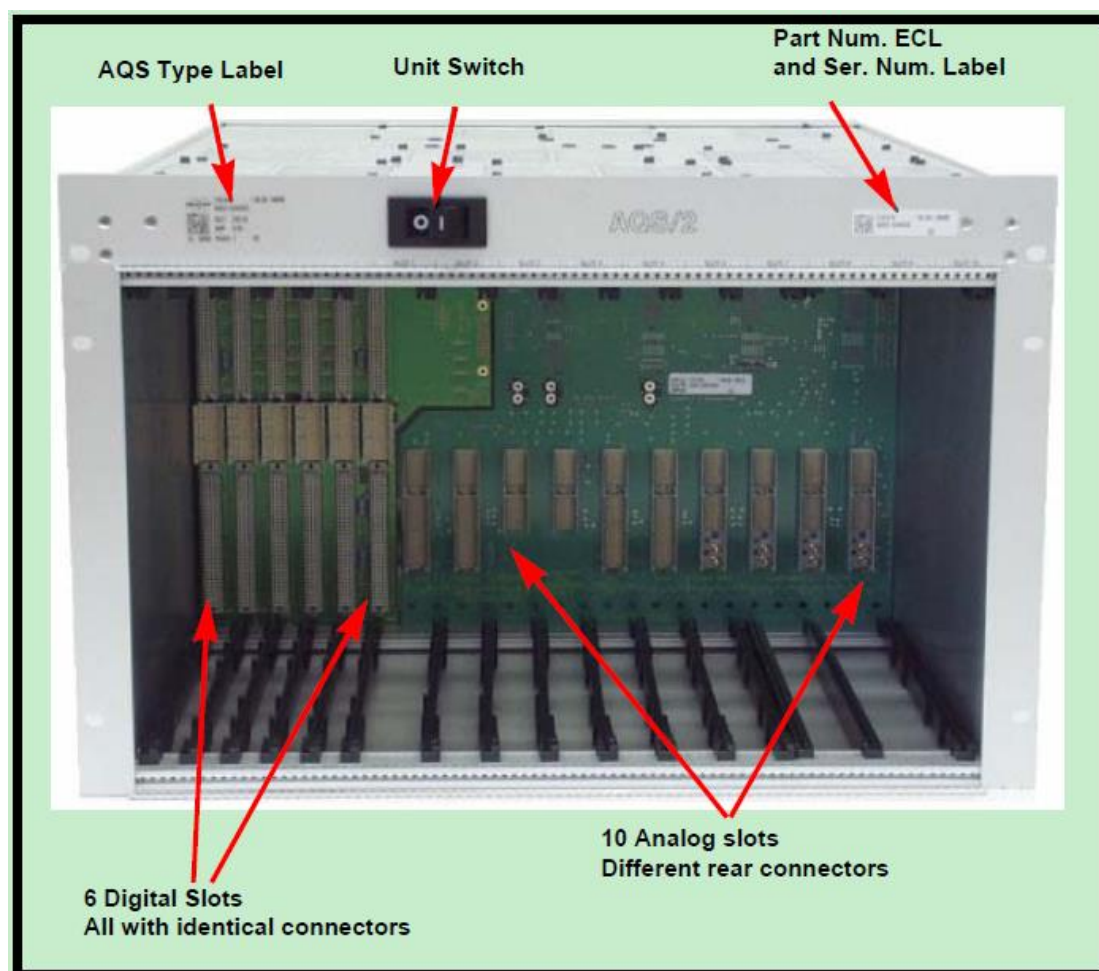


Figure 3.5. AQS/2 Rack Front View

3.5 提示“n”技巧/基本问题定位

AQS 在该区域不适合服务，独立单元仅能由服务人员去掉和更换。模拟信号部分在示波器上是可以看到一些信号，在数字部分就很难进行问题查找和定位。

- 操作者在此能够查找的问题仅局限于面板上的电缆是否松动或被去除，或者 LED 显示上电源的灯是否亮着。

- 传递模拟信号的各个单元连接电缆通常是越短越好，这样可以减少外部的干扰。一旦更换这些电缆，最好是选择同样长度以确保没有额外的相位引入。

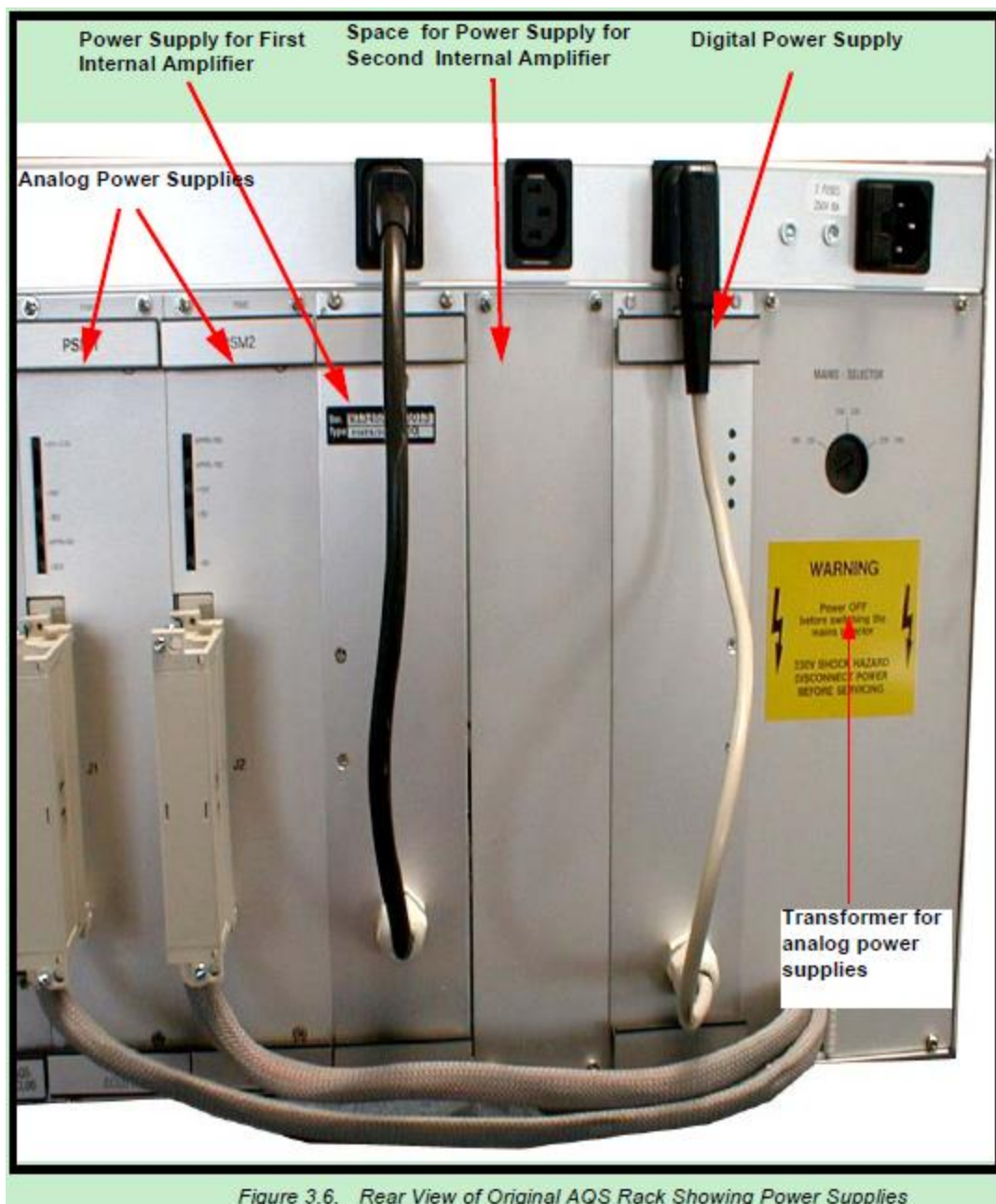


Figure 3.6. Rear View of Original AQS Rack Showing Power Supplies

3.6 序列号/ECL 级别/软件下载

虽然 AQS 中每个单元都需要软件下载，但 AQS 本身不需要。ECL 级别和序列

号见图 3.4 和 3.5。

3.7 其它需要的信号/单元

如果 AQS 出现问题，由于它在系统中的控制中心的角色，几乎所有的仪器功能都会受到影响。虽然为了系统启动，CCU 和工作站之间的联系必须完好无损，但 AQS 本身相对独立。

3.8 可选或核心组件

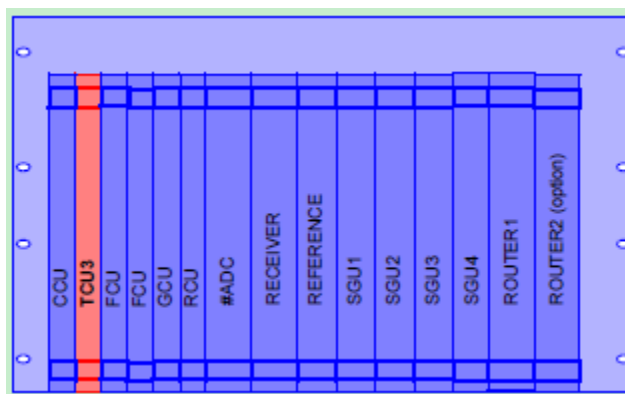
所有的系统都必须安装一个或两个支架。

3.9 更多信息

更多原始 AQS 的信息参见 CD 上“AQS for RCU systems(TM) P/N Z31560”部分。读者需注意这本手册也描述了 AQS 中的一些独立单元，如 REF 单元（第四章）、接收器（第五章）和 SGU（第六章）。

更多的 AQS/2 的信息参见 CD 上“AQS for RCU systems(TM) P/N Z31717”部分。读者需注意这本手册也描述了 AQS 中的一些独立单元，如 RXAD 单元（第六章）和 DRU（第七章）。

4 计时控制单元(Timing Control Unit, TCU3)



计时是 NMR 谱仪一项关键的性质，不仅对激发样品，而且对接收样品发出的信号。关于技术的重要性下面有一些简单的例子。

- 在关闭激发信号和打开接收信号计时的重要性方面。如果接收器打开太早，信号将淹没在激发信号中，但是如果打开的不是足够好，信号的灵敏度将有所损失。
- 现在激发序列包含了多通道复杂序列，因此必须在计时、频率、相位和振幅方面准确执行。更重要的是各种 RF 通道必须能够独立并同步的运行。
- 准确和可重复的计时是实验可重复的保证。
- 在样品和计时运行的方面，实现了接收到信号的数字化。在密集采样、“空中”处理和数字过滤方面，计时更加重要。

现代谱仪的设计理念是将所有关键的计时都交给一个称为计时控制单元 (TCU, Timing Control Unit) 的独立单元。一般来讲，通过对 TCU3 性质的了解，能够知道它是多么准确的控制各个事件的计时以及它是如何计时。不必说，同步需要所有的相关单元必须通过一个共同信号时钟，对于 AVANCE 系统，它是由 REF 单元发出的一个 20MHz 的信号实现的。

基于从 CCU 收到的信息，TCU3 解析脉冲程序的需求，并将其转换为一套实时的由 FCU 控制的数字指令。TCU3 监测获取的过程，并能够根据进展制定实施的指令。这样相位和频率移动可以在收取是生效，同样条件循环生效。

4.2 定位与图片

TCU3 的插槽位于 CCU 和最左边的 FCU 之间，它的位置固定，与谱仪的配置、AQS 的支架数和通道数无关（见图 3.1）。所有谱仪都是仅需要一个 TCU3。

4.3 基本信息、配置和功能

正如所命名的那样，TCU3 负责谱仪运行过程中很大范围的同步计时控制。简单的说，在整个谱仪运行的过程中，TCU3 传送一系列高分辨率和高准确性的同步计时脉冲序列。所有 TCU3 输出信号是 TTL 激活数字信号。

总体说来，TCU3 可以认为是：

- 通过信号沿着 AQS 后面板传递控制各种数字单元事件的机时。
- 从前面面板输出一套用于驱使其它谱仪单元（如外置放大器、QNP 单元或 BSMS 等）运行的准确的计时输出。

实际上，前面板输出和后面板信号具有很少或没有差别。可能的话，信号可以沿着后面板传递给各个单元。但是对于一些没有与 AQS 面板相连接的单元，如外置放大器、QNP 空压机或 BSMS 单元，它们接受 TCU3 的信号通过前面板的电缆。

TCU3 的设计考虑到了以后仪器的进展和额外的操作，因此，前面板很多输出接口在标准的谱仪配置中并没有用到，仅有最上面 T2（T2A, B, C）的少数接口连接，T1 接口仅用于固体 NMR。

TCU3 的计时通过一个 80MHz 的内置钟实现，产生的信号是前面板可见的 20MHz 输入的四倍。

4.3.1 详细信息

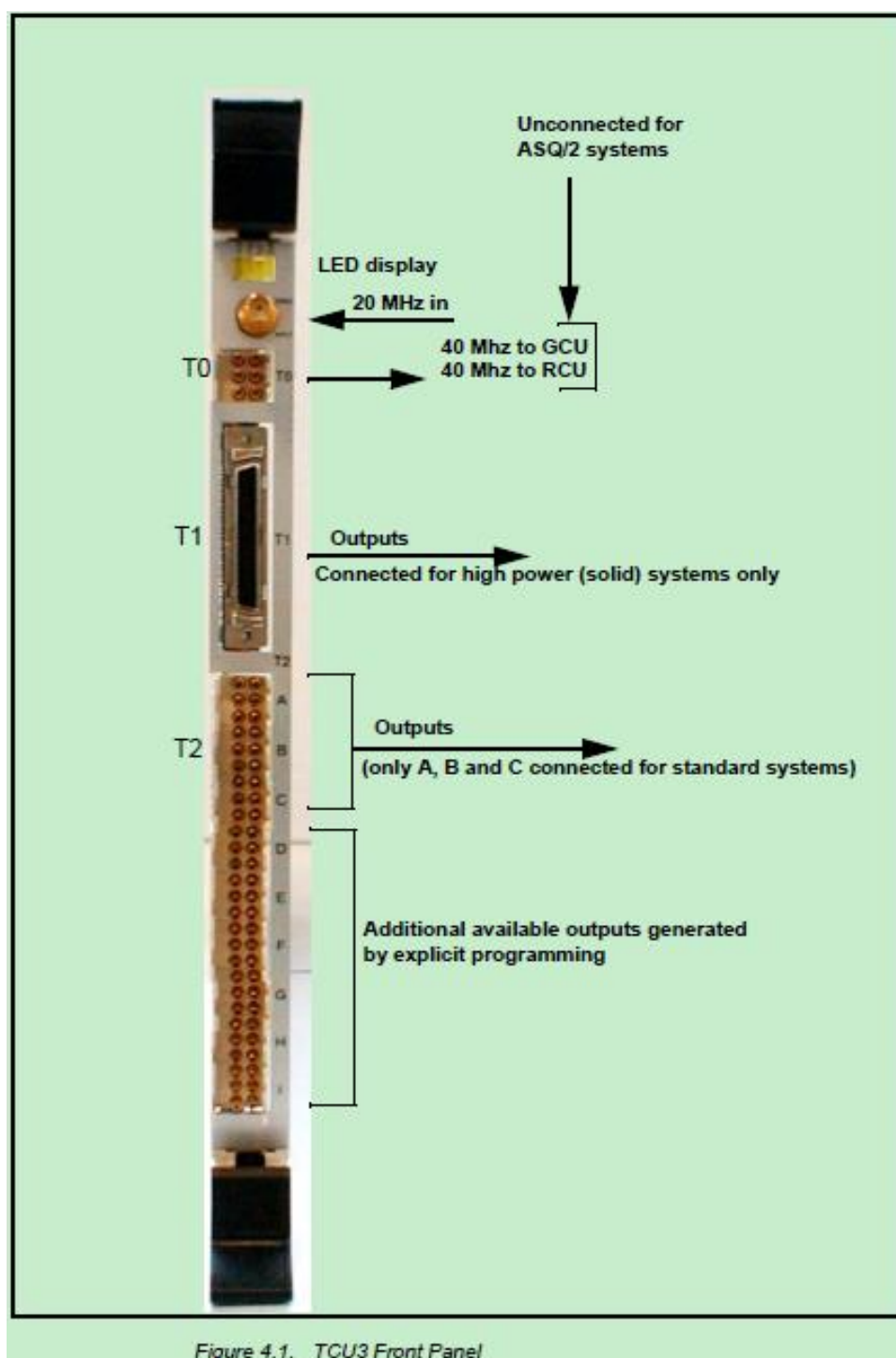
正如概述中所描述的，TCU3 能够通过它能控制事件计时的精度（计时分辨率）以及能够同时控制事件的个数（输出数）来界定。

实时输出信号的总数：67（前面板），不包括从后面板发射的信号。

最小持续时间：50ns

这实际上意味着齿片设置为高或低的最短时间是 50ns。

事件分辨率：12.5ns



该时间分辨率由早前提到的 80MHz 的始终频率设定。齿片设置为高或低的持续时间为 50、62.5 或 75.87ns 等。

实时输出信号的质量很大程度上依赖于它们升或降有多陡，对应于脉冲的开和关。

TTL 脉冲上升时间：5ns。

TTL 脉冲下降时间：4ns。

读者知道，现代 NMR 脉冲长度的时间是毫秒数量级，TCU3 的性能被界定在纳秒。

4.4 单元开关

TCU3 没有独立的开关，它的开关由 AQS 系统主开关控制。

4.5 提示“n”技巧/基本问题定位

TCU3 的信号通常来自 edsp、edasp 或 eda 菜单设置或脉冲程序本身。但是 TCU3 运行操作者自己设计各种额外的输出，并用它们准确控制转换信号。操作者可以自由的使用前面面板空余的输出来完成各种定制的目的，但是对于非标准的功能，操作者必须将 TCU3 的命令准确写入脉冲程序。这对于高级操作者是一个很好的设计，在此暂时不提。见“更多信息”。

- TCU3 由 AQS 支架背后的 PSU 提供电源，在 TCU3 面板上没有 LED 指示灯，在 PSU 上有 LED 指示灯，很容易检查。
 - 在面板上的 LED 显示作为分析工具是没有什么用的，因为反应时间太快。
 - 一旦更换 TCU3，新的 TCU3 必须在 cf 中重新配置。
 - 从服务的角度来看，TCU3 很少能够检查和测量。但是 20MHz 的输入是可及的，可以从它的来源 REF 单元处检查。
 - 在文件夹/u/systest/tcu 下的 tcutest 程序是一个分析工具。
1. 若要打开程序，输入./tcutest。

2. 输入 auto。
3. 若要离开，输入 quit 或 q。

出现 “no errors found after 1 loop”，表示测试通过。

4.6 序列号/ECL 级别/软件下载

TCU3 取代了 TCU0 和 TCU1 (TCU2 没有商业化)，是第一个与装有 SGU 的 AVACE 系统兼容的 TCU。TCU3 需要 XWIN-NMR 3.0 或以上版本，或者 Topspin。BIS (Bruker Information System) 数据存储在 FROM 板上，在 cf 是被读取。

4.7 其它需要的信号/单元

很大程度上 TCU3 是一个独立的单元，它产生信号基于来自 CCU 的信息，CCU 的信息基于操作者的软件设置。它的极端最小需求是 20MHz 的输入和来自 AQS 后面板的电源。

对于安装了原始 AQS 的系统，TCU3 为 RCU 和 GCU 提供一个 40MHz 的时钟信号（该信号最初起源于 REF 单元的 20MHz 的信号）。(见图 4.1)

4.8 可选或核心组件

每一台谱仪有且仅有一个 TCU3，一个 TCU3 设计用来为最大 8RF 通道的谱仪所有的单元提供需要的计时信号。

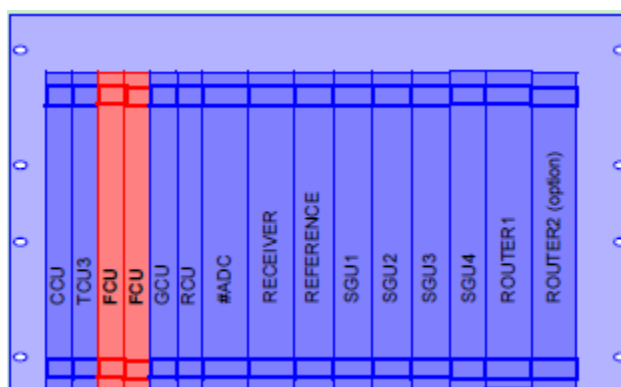
4.9 更多信息

详细的 TCU3 硬件描述见 AQS 计时控制单元 P/N Z31562 on the BASH CD。

如何将 TCU3 命令准确写入非标准功能的脉冲程序见 AV 服务手册 P/N Z31634。

5. 频率控制单元（FCU，Frequency Control Unit）

5.1 概述



共有 3 个版本的 FCU 可用，分别是 FCU0、FCU3 和 FCU4（FCU2 未商业化）。它们主要的差别由下表标出。本手册主要介绍 FCU3 和 FCU4，文中出现的 FCU 表示两者。属于 FCU3 和 FCU4 的详细信息会分别列出。

表 5.1 三种 FCU 总结

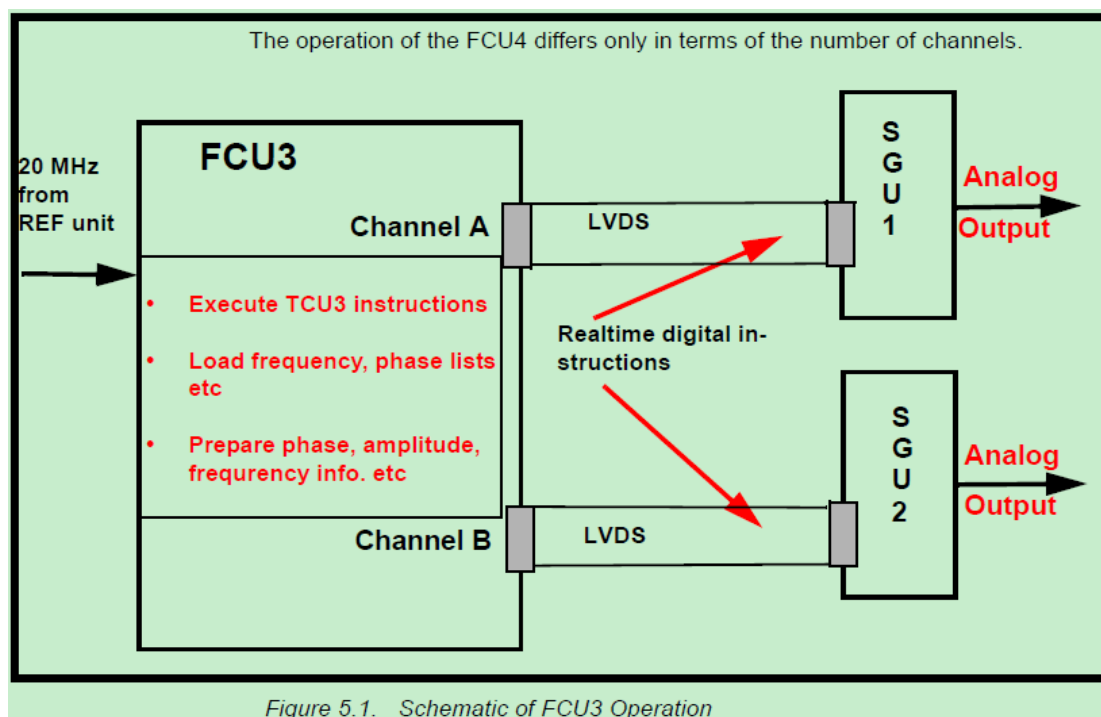
AVANCE（无 SGU）	AVANCE（有 SGU）和 AVANCE II（有 DRU）	
FCU0	FCU3	FCU4
1 个通道的能力	2 个通道能力	4 个通道能力
模拟和数字输出	完全数字输出	完全数字输出
AQX	AQS	AQS/2
	XWIN-NMR3.0 以上版本 或 Topspin	XWIN-NMR3.0 以上版本 或 Topspin

正如前面所提到的，NMR 分析需要由各种特性，如相位、频率、脉冲长度和形状等，准确控制的 RF 激发信号。由于脉冲序列变得越来越复杂，现代 NMR

分析的要求也越来越高。解析脉冲序列并将它们表示成实时的数字信号是 FCU 基本的功能。一个快速的与 SGU 的连接（线性差分电压信号，LVDS，Linear Differential Voltage Signal）能够使这些实时的信号反射给 SGU，然后该信号在最终的放大和传递给样品前被转换为了模拟信号。FCU 的输入可以被认为是脉冲序列实时的数字化解析。当然，FCU 的计时是由 TCU3 控制，通过 AQS 后面板接收来自 TCU3 的信号。

现代 NMR 需要许多 RF 通道完全独立运行，并且同时保持同步和磁矩。

每个 FCU3 可以控制两个 RF 通道，因此，一个装有 4 个 FCU3 的 AVANCE 可以同时满足八个 RF 通道的需求，从而足够满足现状最为复杂的脉冲序列。



每个 FCU4 可以控制 4 个 RF 通道，因此，一个装有 2 个 FCU3 的 AVANCE 可以同时满足八个 RF 通道的需求。

能够控制的通道数目是 FCU3 和 FCU4 最主要的差别。另外，FCU3 和 FCU4 可以同时用到一个系统中。

5.2 定位与图片

FCU 定位于 TCU3 与 GCU/RCU 之间（图 3.1）。



5.3 基本信息，配置和功能

FCU, 连接了 SGU 和 TCU3, 负责控制用于激发样品的 RF 信号的所有方面(相位、频率、振幅和计时等)。操作者可以通过 edsp 和 edasp 来控制各种 FCU (图 5.3)。

产生精确可控的激发序列的第一步是由 FCU 实现的。脉冲程序中包含的信息以及基本的参数, 如频率、振幅等, 在 FCU 中被转化为实时的数字说明。当操作者键入“ii”或“zg”时, Topspin 状态框将会显示各种状态信息, 这些信息解释了 FCU 正在解析的 SGU 执行脉冲序列所需的数字信息。与前者不同, FCU 的输出是数字化的, FCU 可以被认为是 SGU 的数字化部分。简单的说, 从 FCU 传递的实时的数字解析在 SGU 中被转化成模拟信号。这些信号随后在传递给样品前被放大。矩形脉冲、整形脉冲的定义、CPD 序列以及相位程序等均有 FCU 编码, 并以数字的形式传递给 SGU 供执行(图 6.1)。从 FCU 到 SGU 实时的数字连接是 LVDS 连接, 在 FCU 面板上清晰可见(图 5.2)。

每一个 FCU3 (4) 可以为 2 (4) 个独立的 RF 通道提供所需的信号, 如前面面板上的通道 A 或通道 B。因此, 2 个 FCU4 可以满足 8 通道的系统。一个 FCU 能够满足几个通道的需求, 这就大大减小 AVANCE 系统的体积。所有 FCU 的时间都是由同一个 20MHz 的信号(起源于 REF 单元)校准, 从而保证所有通道同步工作。20MHz 的信号整齐的从一个 FCU 单元到下一个, 在前面面板上输入和输出清晰可见(图 5.3)。

对于特定的谱仪系统, FCU 的个数可以通过“cf”得到, 并且可以通过“edsp”和“edasp”窗口中得到, 它们都是独立命名。虽然面对面板时, FCU 从左开始编号, 但所有相同类型的 FCU 的形状和电子抑制。从 AQS 支架的顺序, FCU 能够精确找到。独立 FCU 之间并不存在空隙。

对于带 FCU3 的系统而言, 最左边的 FCU3 配置了 FCUCHAN1 和 FCUCHAN2, 紧接着的 FCU3 配置了 FCUCHAN3 和 FCUCHAN4 等等。

对于带 FCU4 的系统而言, 最左边的 FCU4 配置了 FCUCHAN1、FCUCHAN2、FCUCHAN3 和 FCUCHAN4, 紧接着的 FCU4 配置了 FCUCHAN5、FCUCHAN6、FCUCHAN7 和 FCUCHAN8。

5.4 单元开关

该单元没有独立的开关，单元的开和关由 AQS 总开关控制。每次打开系统须做一个检查以确保 FCU 的数量和位置与最近在“cf”中检测到的配置一致。

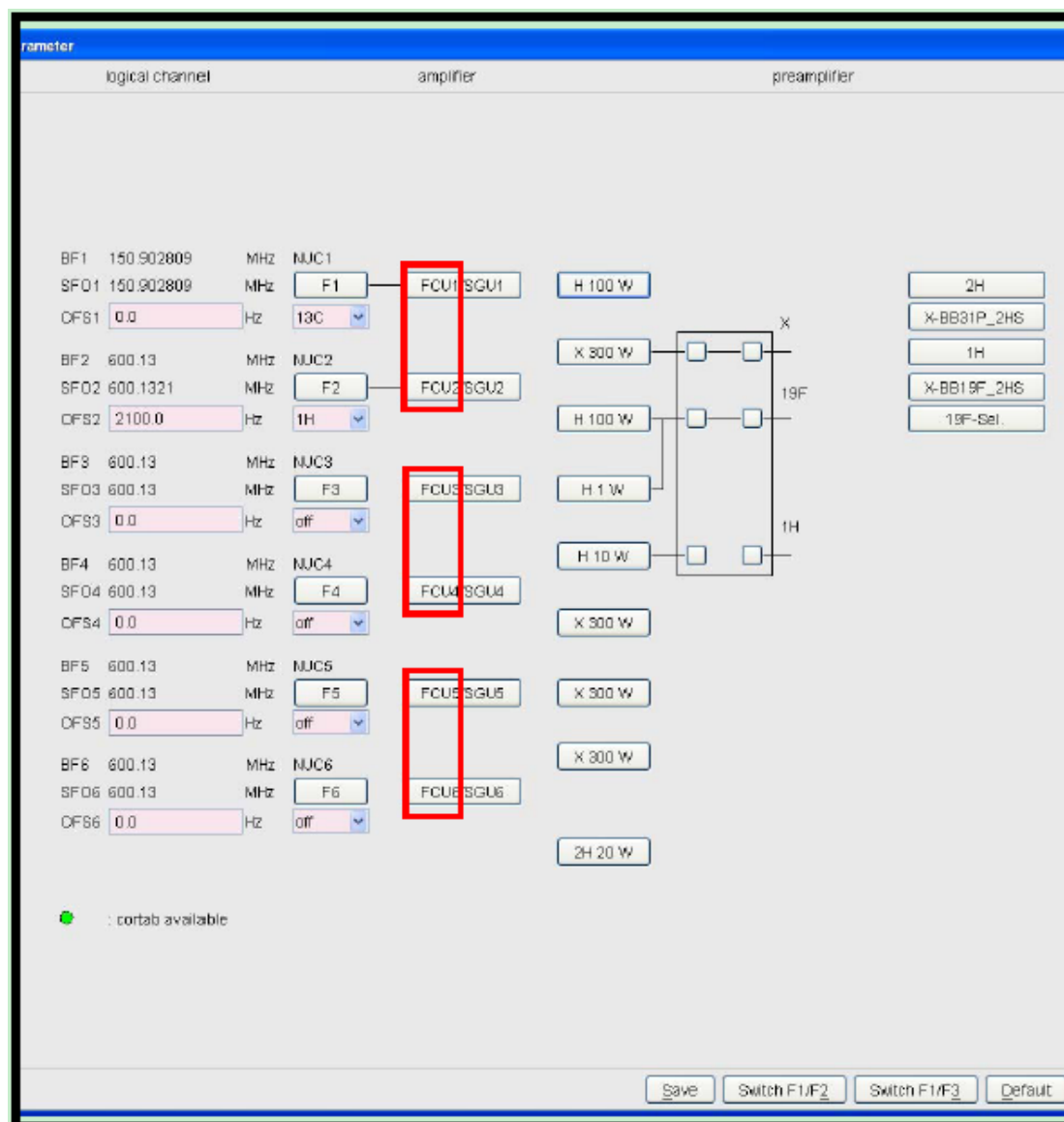


Figure 5.3. edsp/edasp Menu Showing 6 Frequency Channels Corresponding

5.5 提示 “n” 技巧/基本问题定位

- 如果一个 FCU 出现故障，可以在 edsp/edasp 窗口中选择另一个 FCU 来完成同样的任务，该操作并不需要硬件的改变，无论你选择哪个 FCU，软件都会自动选择信号路径。FCU 是数字输出，因此改变一个 FCU 并不影响输出。应注意的是 FCU 是与 SGU 有硬件连线的，因此使用不同的 SGU 会影响脉冲长度和功率等，这可能会导致意想不到的结果，操作者应小心，特别是用高功率时。
- 如果怀疑 LVDS 线有问题，可以交换测试。
- 20MHz 输入和输出信号很容易通过示波器测试。
- FCU 板需要有经验的专业人士更换。
- “fcutest” 程序是位于 /u/system/fcu 文件夹下的诊断程序。它能自动识别 FCU 类型，并运行程序的正确版本。
 1. 打开程序，输入 ./fcutest。
 2. 输入 auto。
 3. 输入 quit 或 q 离开。出现 “no errors found after 1 loop”，表示测试通过。

5.6 序列号/ECL 级别/软件下载

FCU3 和 FCU4 的先驱是 FCU0（FCU1 和 FCU2 没有商业化）。

FCU3 和 FCU4 是带有 SGU 的 AVANCE 系统的特性，而 FCU0 是不带 SGU 的 AVANCE 系统的特性。FCU0 不能与 FCU3 和 FCU4 交换。FCU3 和 FCU4 是可以交换的，只需执行 “cf” 重新配置谱仪。

FCU 没有软件需要下载，其软件在谱仪安装时已经自带。FCU 需要 XWIN-NMR3.0 或以上版本，或 Topspin。升级软件不需要 FCU 特殊的软件下载。BIS 信息存在 FROM 板上，在 “cf” 时读取。

5.7 其它信号或单元

FCU 与 TCU3 和 SGU 有联系。TCU3 控制计时确保所有的 FCU 同步。SGU 将 FCU 输出的数字信号转化为模拟信号。电源来自后面板。

5.8 可选或核心组件

FCU 是核心组件。每个谱仪至少需要一个 FCU3 或 FCU4。更多的通道需要更多的 FCU。

2 个 FCU3 的存在并不表示一定有 4 个通道, 因为 3 个通道也需要两个 FCU3。3 个 FCU3 的存在并不表示一定有 6 个通道, 因为 5 个通道也需要两个 FCU3。FCU4 是同样的逻辑。

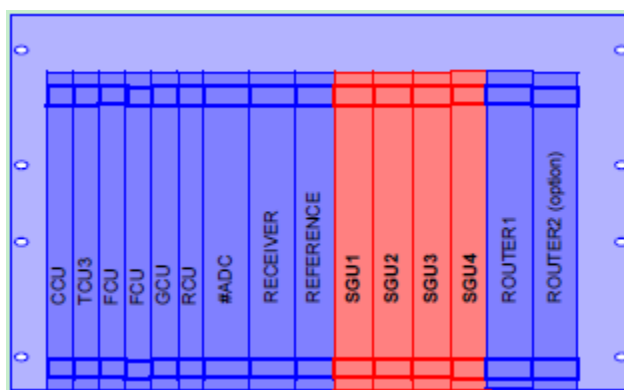
5.9 更多信息

FCU3: 详细的技术说明请参见 BASH CD 上 AQS Frequency Control Unit (FCU3) Hardware P/N Z31563 部分。

FCU4: 详细的技术说明请参见 BASH CD 上 AQS Frequency Control Unit (FCU4) Hardware P/N Z31651 部分。

6. 信号生成单元（SGU，Signal Generation Unit）

6.1 概述



最近几年，由于与数字电子信号相关的控制、精度、重复性和可靠性都有明显提高，倾向于尽可能多的使用数字化的电子信号。但是用于激发样品的信号和样品发出的信号本身是模拟信号，一些情况下数字信号转变为模拟信号或者相反必须执行。从这方面考虑，SGU 是一个非常成熟的数模转换器（DAC，Digital to Analog Converter），可以将从 FCU 接收到的实时数字说明转换为模拟信号。比其它单元更重要的是，SGU 代表谱仪模拟信号的开始，SGU 发射 RF 信号可以被认作为谱仪系统的核心。因此它是 AVANCE 谱仪系统的一个重要的进展。事实上，谱仪经常由是否安装的 SGU 信号生成系统来划分（见表：三代谱仪硬件总结）。

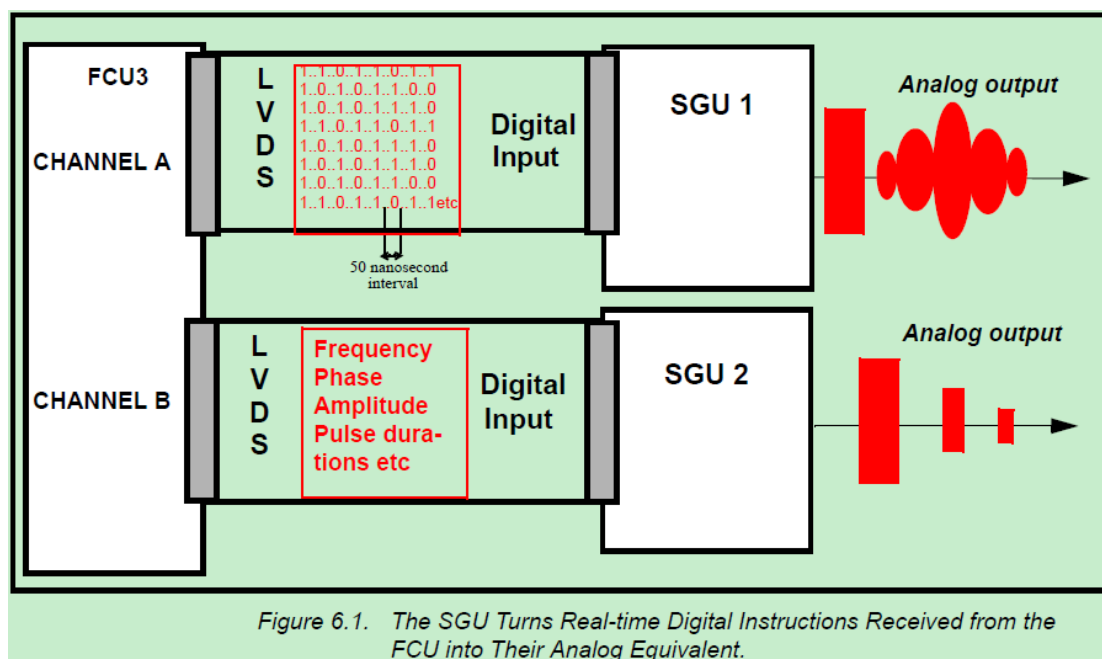
在发射阶段，SGU

- 输出精确频率和相位的 RF 激发信号。
- 调节振幅（包括形状）
- 生成各种放大器中用到的空白和选通脉冲

SGU 的 RF 输出应该是除振幅外发射给样品信号准确的复制，并且该输出是服务工程师查找问题的起点。SGU 输出信号和最终激发样品的信号最大的改变是功率通过放大器固定的增加。从这个意义上说，SGU 控制了激发信号的形状和振

幅。

放大器中的空白和选通脉冲需要确保信号外最大程度的噪音压制。通过将谱仪各个位置空白/选通脉冲的生成指定给 SGU，脉冲同步生成得到了优化。无论随后 RF 脉冲选择哪条路径，任何空白或选通脉冲都是起源于最初生成信号的 SGU。



在接收阶段，SGU

- 为接收器产生 LO（Local Oscillator）。
- 产生接收器选通脉冲。
- 为数字转换器产生时钟。

LO 频率是接收器所需要用来从载频中检测真实的 NMR 信号（类似于 FM 收音机，自动低 Hz 的信号从载频中分离）。

对于安装 RX22 和 RCU 的系统，LO 频率是 $SFO1+22\text{MHz}$ ，这就是 RX22 名字的由来。

对于安装 RXBB 或 RXAD 和 DRU 的系统，LO 频率是 $SFO1+720\text{MHz}$ 。

当激发信号已经结束，接收的信号被激发信号淹没是，接收器的选通脉冲确保接收器准确的打开。这的技巧在于在激发信号逝去后尽可能快的打开接收器收取尽可能多的接收信号，但又不能捕捉到激发信号的尾部。

始终用来校准数字转换器。数字转换器固定采集模拟信号的速率由时钟确定。

从上面简短的介绍，很显然在信号发射和接收过程中 SGU 都发挥着非常重要的作用。

6.2 定位与图片

SGU 位于 AQS 支架的模拟部分，位于 REF 单元和 ROUTER 或内置放大器（如果安装的话）之间（图 3.1 和 3.2）。

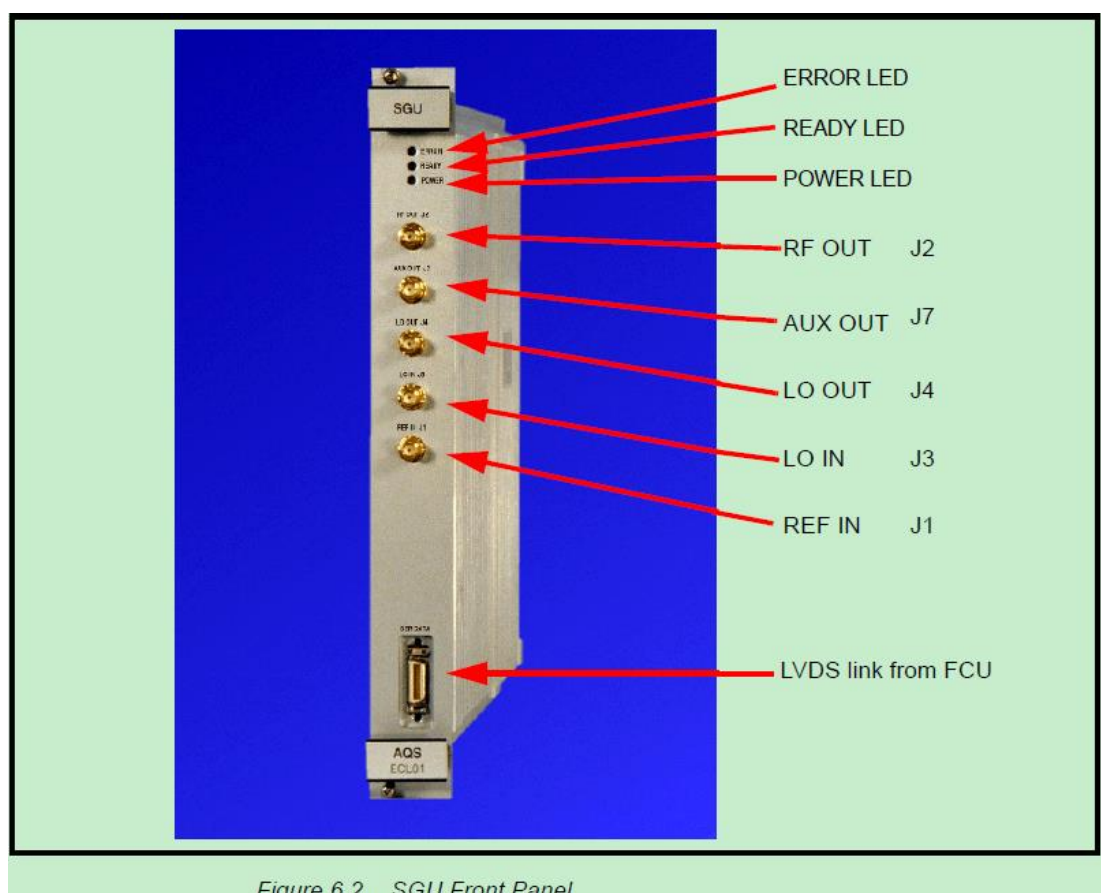


Figure 6.2. SGU Front Panel

6.3 基本信息、配置和功能

正如前面所提到的，SGU 的输出是样品激发信号准确的复制，它们有相同的频率、相位、形状和振幅（除了功率外）。

SGU 最大的输出被设计为振幅为 1V 峰峰数量级 (1Vpp)，对应于软件中功率参数 pl1、pl2 等为-6dB。历史的原因，任何通道最小的功率为-6dB。这些惯例一直维持为长期操作谱仪的工作者减少改变。

功率不设为-6dB 时，SGU 的输出会随即衰减。减小的功率通过增强 SGU 的衰减级别控制，在范围-6dB 到 120dB 中改变。

每一个 RF 通道都需要一个 SGU，因此 4 通道的系统需要 4 个 SGU。如果你不确定你的系统有多少通道，你可以数 SGU 的个数。无论什么系统，这些单元均位于 REF 单元的右侧。

SGU 的一个特殊的性质是它的外壳具有屏蔽的作用，这是确保所生成的 RF 信号不受外界干扰。

6.3.1 前面板连接

描述前面板上各个信号具有指导意义（当然不要忘记，许多数字信号也通过后面板传递）。以下描述请参考图 6.2。

J1: REF IN

各个 SGU 的同步通过一个 20MHz 的时钟信号，该信号起源于 REF 单元。如果各个通道 phase coherent 等时，同步至关重要。该输入也包含了板载频率生成的其它频率。

J2: RF OUT

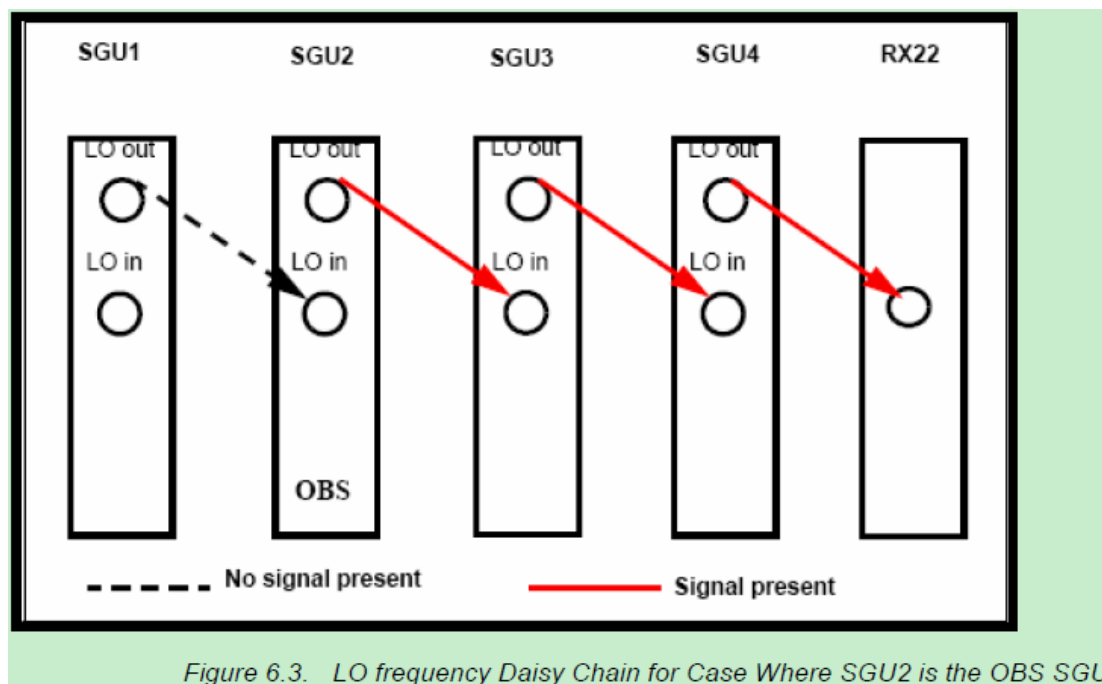
最终激发样品的模拟信号从此输出。许多服务工程师运用该输出检查仪器的问题。注意，为了在示波器中捕捉到该输出，脉冲程序必须尽可能少的延迟，同时近乎无端回线来维持输出，以便其足够长而被检测到。

J3: LO IN 和 J4: LO OUT

各种 SGU 最主要的差别是一个 SGU 被先指派为可观测 SGU，生成 LO 频率，正如前面所描述的那样。任何 SGU 都可以被选为可观测 SGU，由 edsp/edasp 的菜单设定决定。在该菜单中，逻辑通道 F1 决定哪一个 FCU，因此也决定了哪一个 SGU 生成可观测核频率和 LO。例如，如果逻辑通道 F1 在菜单中连接 FCU2，那么 SGU2 生成可观测核频率和 LO 频率。为了是所有的 SGU 在不交换物理连线的环境下都能作为可观测 SGU，信号通过 J3 和 J4 将所有的 SGU 连接（图 6.3）。

J7: AUX OUT

用于探头调谐的 wobb 信号总是来自 SGU2 的 AUX 输出，因为硬件上它直接与 HPPR 盖子模块的“Tuning in”输入相连。其它所有的 SGU 该输出没有连接，除非在有内置放大器的 AQS 上，SGU1 该输出可以与 BSMS 的 2HTX 单元相连（该信号正常情况下由 ROUTER 产生，有内置放大器系统没有相应的 ROUTER）。



LVDS 连接

每一个 SGU 有一个专用的 LVDS 接口连接 FCU。该高速连接将 50ns 槽中所有的 NMR 实时数字信号传递给 SGU（例如，脉冲、峰形、相位移动和频率变化等）。这样 FCU 控制了 SGU（图 6.1）。

6.3.2 详细说明

SGU 性质的鉴别可以从一些基本的细节来判断。SGU 的性质限制了最终脉冲序列的复杂性。虽然通过检查以下细节读者可以得到这样的结论：总之，SGU 过于复杂，应牢记的是单元的设计要满足以后的发展，这种发展毫无疑问需要它们更加准确的性质。并不是巧合，以下许多细节与讨论 TCU3 时一致，因为 TCU3 有效的控制 SGU 的计时。

计时：

最小输出脉冲时间 50ns。

分辨率：12.5ns

脉冲时间或长度可以设为 50、62.5、75 等等。

纳秒的分辨率是非常好的，因为通常的脉冲长度是毫秒量级。

频率：

频率范围：3-1100 MHz。SGU 的频率由谱仪的基频决定。

频率稳定性：频率稳定性是由晶体振荡器决定的，一般是 3×10^9 /天和 1×10^8 /年。这就确保了产生的频率在极端长的时间内也不会有大的移动。

频率分辨率：< 0.005Hz

实际上，这是频率可能的最小的改变或增加。该分辨率与基频相关，基频可能高达 1100MHz。

频率转换时间：对于小于 2.5MHz 的步长 < 300ns。随着步长增加会有所增加，但总小于 2us。

相位：**相位分辨率：< 0.006 度。**

实际上，这是相位可能的最小的改变或增加。

相位转换时间：< 300ns。**振幅控制：MOD 和 MULT**

信号振幅控制是通过 MOD 信号的方式实现，它将形状或外壳应用于信号，代表脉冲里振幅的改变。振幅被调整了，因此信号命名。脉冲整体振幅的由 MULT 信号确定。事实上，调整后的振幅通过一个固定的系数叠加来改变整体的振幅。矩形脉冲只需要 MULT 信号，整形脉冲需要 MOD 和 MULT 组合实现。

MOD 范围：96dB

这意味着单独一个脉冲振幅最大改变 96dB。dB 是一个对数坐标，对于大的范围非常有用。例如 96dB 的改变代表 60000 的振幅系数。

MOD 分辨率：RF 信号调制以 16bit 的数字分辨率完成。真实的分辨率由 MULT 给出的整体值决定。

MULT 范围：90dB。

这就意味着任意两个脉冲振幅改变的最大值是 90dB。

MULT 分辨率: 0.1dB。

振幅转换时间: 50ns

振幅+相位转换时间: 100ns

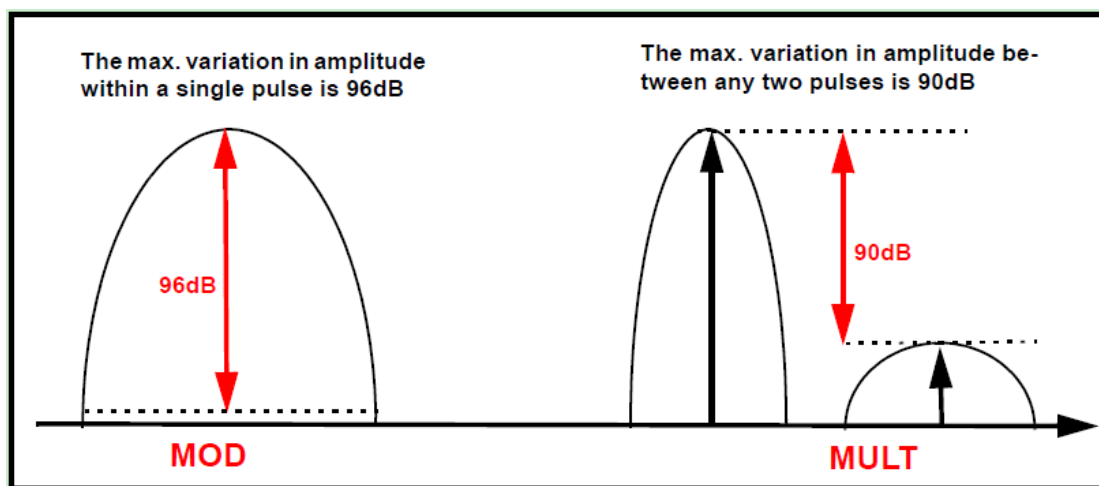


Figure 6.4. Schematic Representation of MOD and MULT Specifications (not to scale)

图 6.5 显示了信号调制的一些基本概念。很清楚，通过在固定间隔将不同振幅施加给 RF 脉冲，脉冲形状便可控。可控形状的分辨率很明显依赖于最小时间间隔和最小的时间振幅增加。对于 SGU，振幅改变的最小时间间隔是有 TCU3 计时时钟决定的 50ns。振幅的最小改变小于 0.005dB。图 6.5 也显示如何通过计时时钟的改变（同样的振幅设置）来改变形状。

6.4 单元开关

没有独立开关，由 AQS 主开关控制。前面板有电源 LED 等，表明有来自后面板足够的电压运行 SGU。

6.5 提示“n”技巧/基本问题定位

- 所有的 SGU 一样，并且内部可交换。如果 SGU 被更换，建议重新用“cf”配置仪器，以确保单元的配置一致。
- 前面 LED 亮说明所有必要的电压得到满足，并处于正确的水平。电压下降，LED 灯灭。

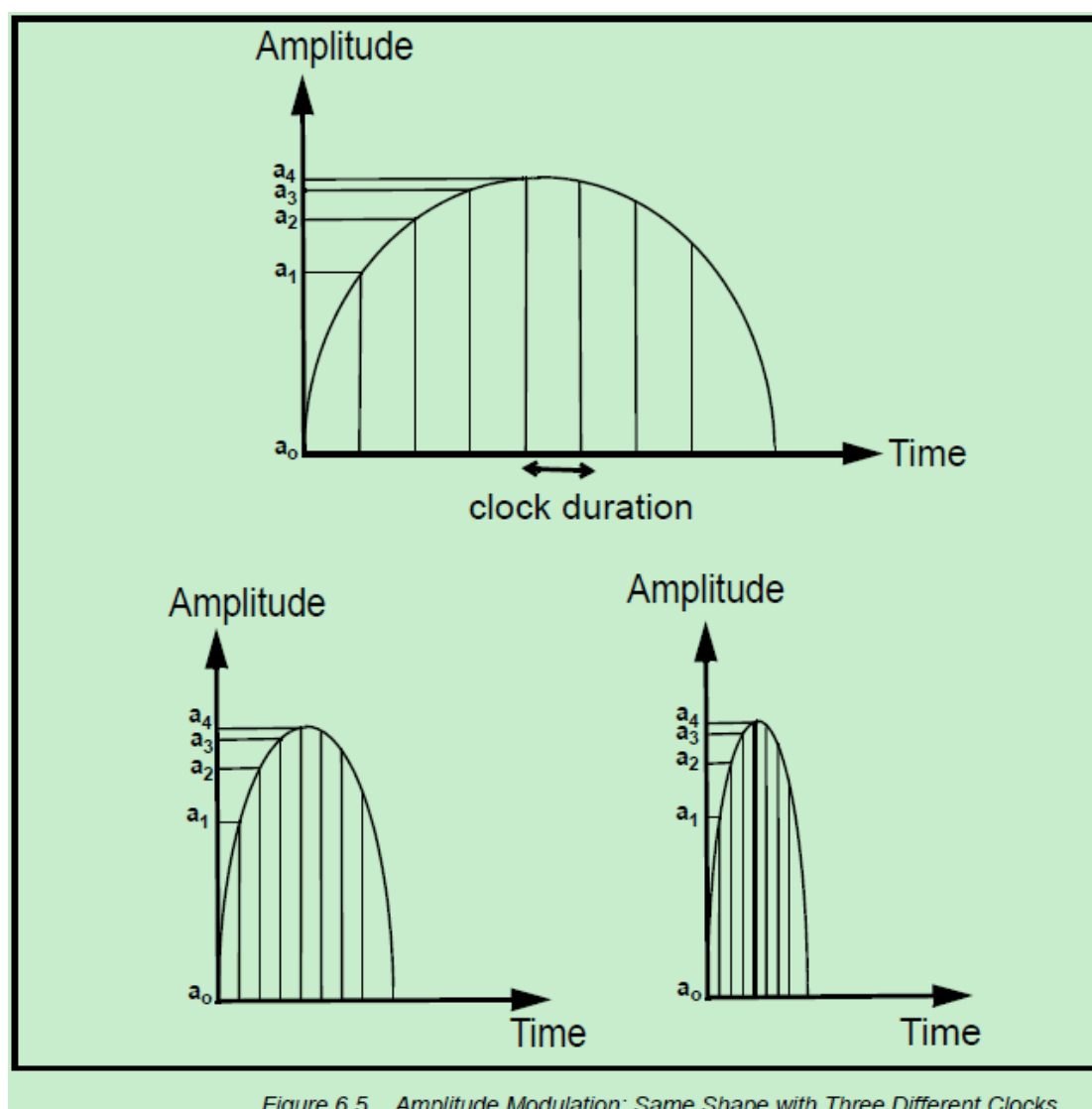


Figure 6.5. Amplitude Modulation: Same Shape with Three Different Clocks

6.6 序列号/ECL 级别/软件下载

SGU 是一个重要的发明，以前没有类似的单元。

SGU 的 3 个模型最高频率限制分别为：430、643 和 1072MHz。3 个模型主要参数和数字控制表现完全一样，只是更具不同谱仪的基频选择。

通过“cf”命令，所有安装的 SGU 都能找到，包括主 SGU。每一个 SGU 都有一个独立的编号，以便于在 AQS 支架上精确定位，并用于各个 SGU 的区分。并不存在跳位。

6.7 其它需要的信号/单元

SGU 通过前面板上清晰可见的 LVDS 连接接收 FCU 的数字指令和来自 REF 的时钟信号。其它信号都来自后面板。

6.8 可选或核心组件

SGU 是核心组件，SGU 的个数决定了通道的个数，因为每个 SGU 只针对一个特定频率的通道。

微箱系统最多可以容纳 3 个 SGU。

单箱系统最多可以容纳 4 个 SGU（使用内置放大器时 3 个）。

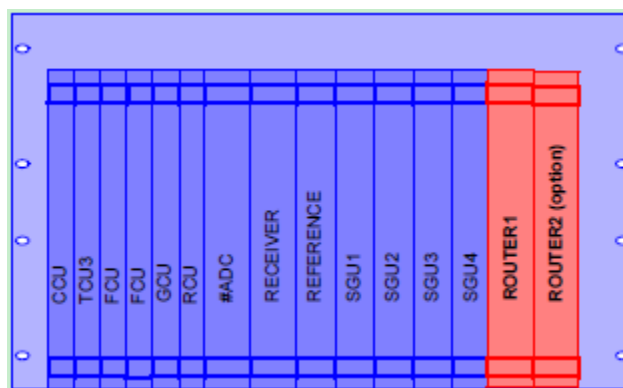
双箱系统最多可以容纳 8 个 SGU。

6.9 更多信息

参见 BASH CD 上手册 AQS (TM) P/N Z31560 的第 6 章。

7 ROUTER

7.1 概述



AVANCE 的设计是很灵活的，为现在也为将来使用。每一个谱仪系统可以最多容纳 8 个 SGU，每一个 SGU 都可以完全独立的产生脉冲序列。在 SGU 之后，RF 信号在发射到样品之前需要放大。设计的理念是能够使用户灵活的选择各种放大器而不需要重新的物理连线。这需要有 RF 路径转换的能力，这就是 ROUTER 的基本功能。正如名字所表示的该单元将 SGU 的输出“route”到指定的放大器。该路径自动按照 edsp/edasp 的菜单中的设置执行。具有内置放大器的系统由 SGU 与放大器直接硬件相连，因此不需要 ROUTER。内置放大器本身内设置微型 ROUTER，自己本身能够将信号发送个不同放大器。

图 7.1 解释了 routing 的概念。FCU 到 SGU 再到 ROUTER 的信号路径是一对一的。相似的，ROUTER 的输出与放大器的输入单线相连，但是在 ROUTER 内部，RF 信号可采取各种路径，这样用户可根据需要选择合适的放大器。

图 7.2 显示 ROUTER 的转换能力是如何是信号组合。一个典型的应用是两个频率的预饱和。在本文该单元指 ROUTER/Combiner。

7.2 定位与图片

ROUTER 位于 AQS 支架。1 个 ROUTER 可满足 3 个通道，如果谱仪有 4 个或更多的通道，需要再多 1 个或多个 ROUTER。

前面板(图 7.3)清楚的表明有 3 个来自 SGU 的 RF 输入和 5 中可能的输出。在前面板基部的 J3 连接器接收来自 TCU0 的转换控制信号，但仅对于没有安装 SGU 的谱仪。最近的谱仪转换控制信号有 SGU 生成，从后面板传给 ROUTER。

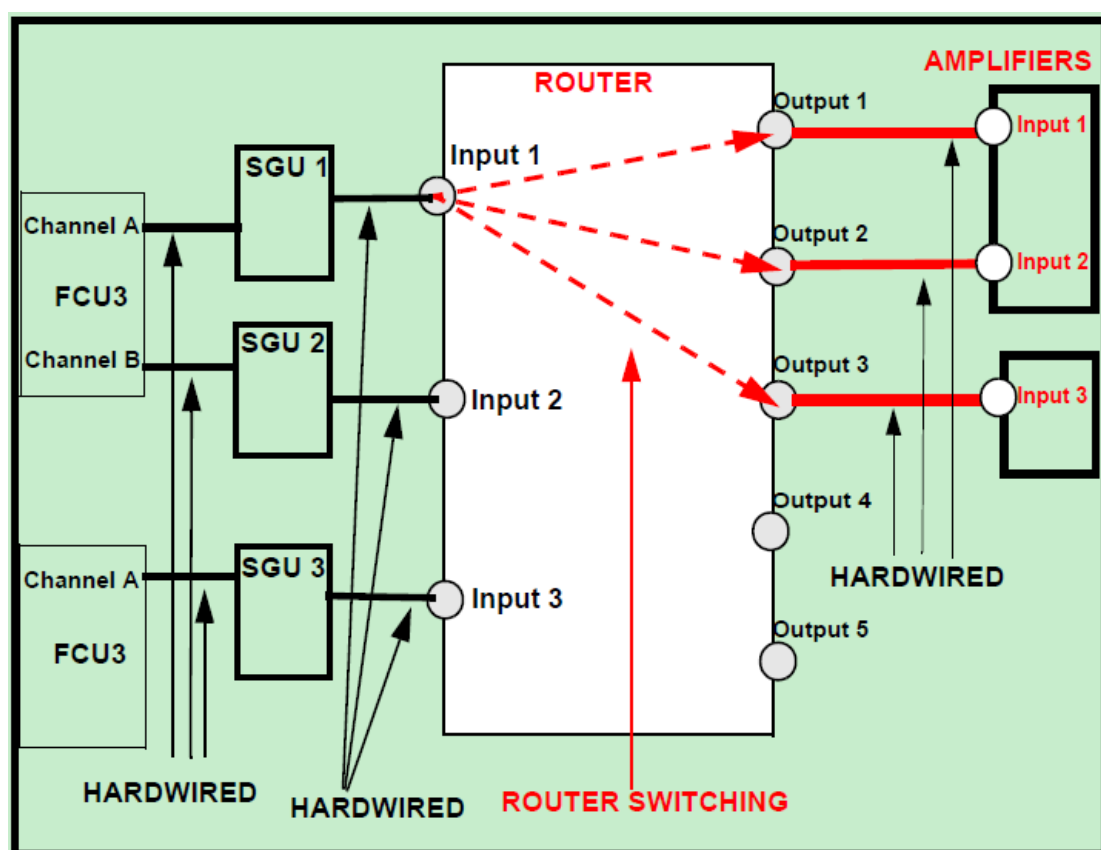


Figure 7.1. Schematic of how Router Input 1 can be Switched to Router Outputs 1,2 or 3 Depending on Which Amplifier Input is Selected.

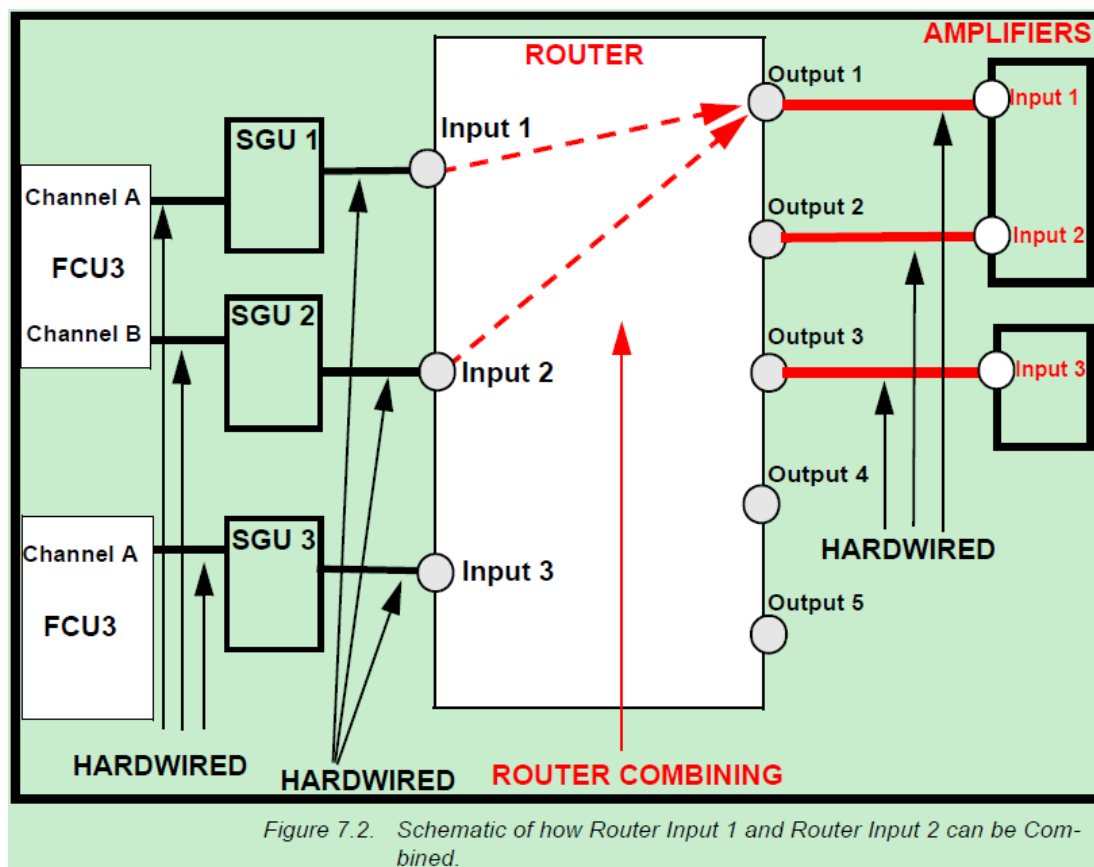
7.3 基本信息，配置和功能

edsp/edasp 窗口并不显示 ROUTER 的细节，这是因为一旦操作者选定 FCU3 通道和放大器，内部转换自动完成。一个特定的信号如何转换路径是由控制信号的设置决定。这是由操作者在 edsp/edasp 菜单中选定的信号路径的软件参数决

定。一般参数设置在 edsp/edasp 菜单中隐藏，可从底部 PARAM 中检查。

标准的 ROUTER 有 3 个输入和 5 个输出。并不是所有路径选择允许详细列出。

- Input 1 可以选择 Output 1, 2, 3 (如图 7.5 所示)。
- Input 2 可以选择 Output 1, 2, 3, 4。
- Input 3 可以选择 Output 1, 2, 3, 4, 5。



如果系统有两个 ROUTER，有一个标准的串联排布连接两个 ROUTER。2 号 ROUTER 的 Output1 连接 1 号 ROUTER 的 Output3(如图 7.6 所示)。如果 edsp/edasp 要准确控制所有通道转换，这种串联排布是必要的。更新的软件可以检测第二个 ROUTER 安装。(从硬件来讲，AQS 最多支持两个 ROUTER，它们可以有不同的串联方式，但是不会被软件自动支持。)

7.4 单元开关

没有独立开关，由 AQS 主开关控制。

7.5 提示 “n” 技巧/基本问题定位

所有的 ROUTER 是完全一致的，对于装有两个 ROUTER 的谱仪来说，一旦怀疑一个有问题，可以很容易的交换。如果更换 ROUTER，请重新运行 “cf” 进行配置。更换 ROUTER 需考虑独立的单元信号没有衰减，但放大有微小的差别。因此，一个更换的 ROUTER 必须由一个低功率应用来检查，从而保护探头。一个新的 ROUTER 使用高的功率，那么必须首先校准脉冲长度和功率。

- ROUTER 的存在是为了使操作者最灵活的选择信号路径。如果怀疑 ROUTER 有问题，可以跳过该单元。可简单的将 SGU 的输出与放大器的输入直接连接。不用说这是一个硬件的连接，去除 edsp/edasp 窗口中所有信号路径转换的可能性。
- ROUTER 是 AQS 早期的产物，没有 LED 指示灯。

7.6 序列号/ECL 级别/软件下载

ROUTER 最初为 AQR/AQX 支架设计。所有 AVANCE 系统上的 ROUTER 完全一致，新的系列的 ROUTER 不需要尾部的适配器来保持与 AQS 支架的兼容。控制上也有一些差别，带有 SGU 的系统中，ROUTER 前面板 J3 接口并不需要。唯一最大的不同是，在有 SGU 的谱仪中，ROUTER 的输出信号不再需要清零/门控，因为整个过程中只有 SGU 输出信号。除了外部发送，SGU 没有其它输出。

在无 SGU 的系统中 ROUTER 需要清零，信号从 J3 输入。

ROUTER 不需要软件下载。

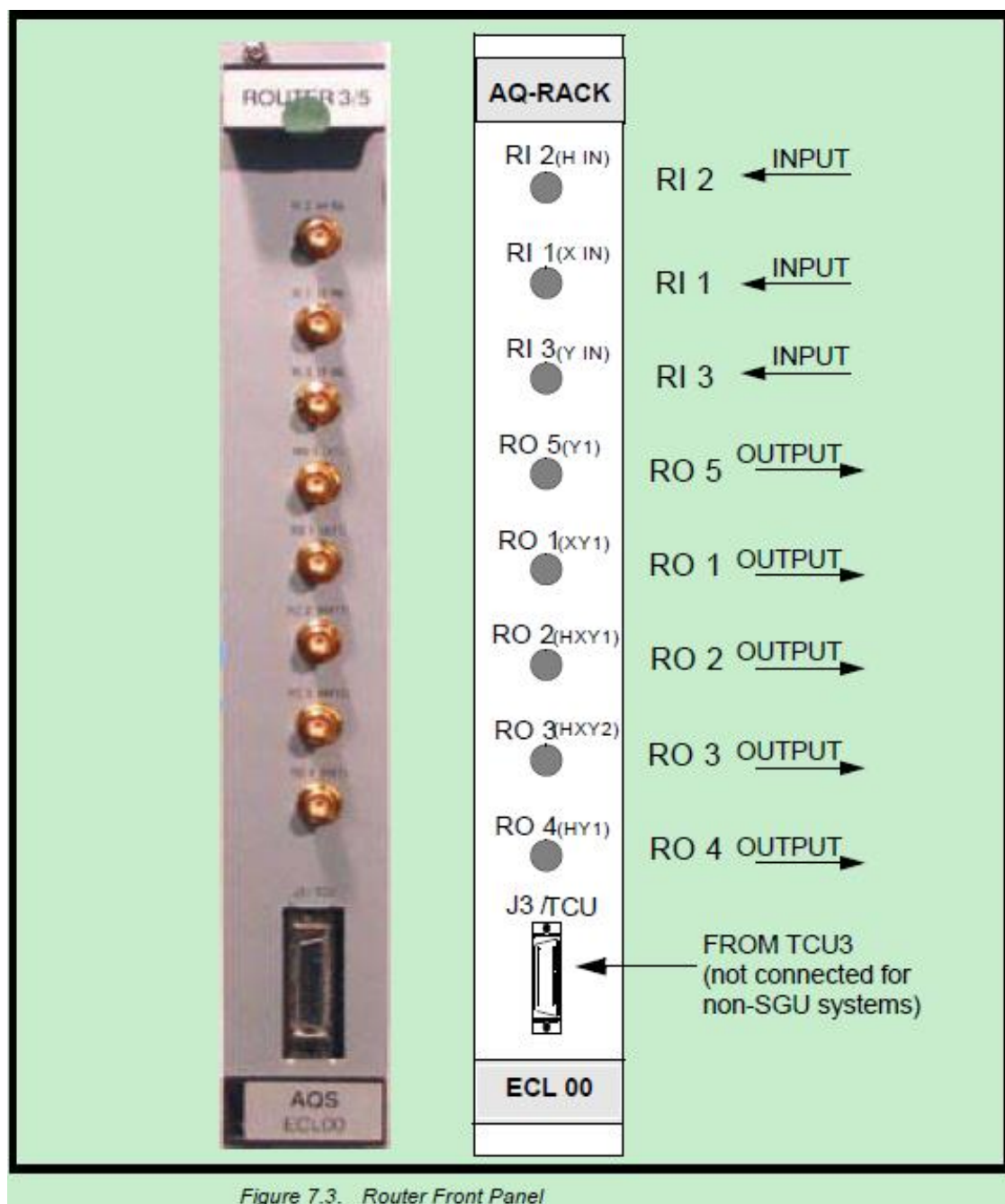


Figure 7.3. Router Front Panel

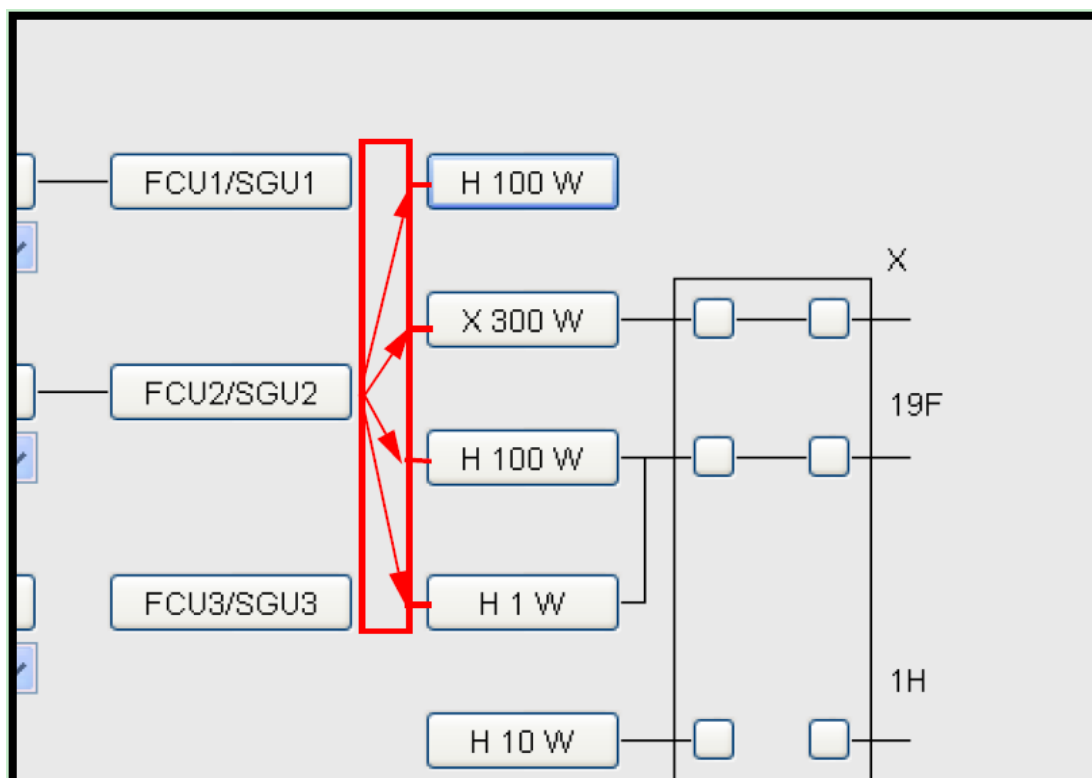


Figure 7.4. The Router does not appear in the edsp/edasp window but automatically switches the FCU output to the selected amplifier input.

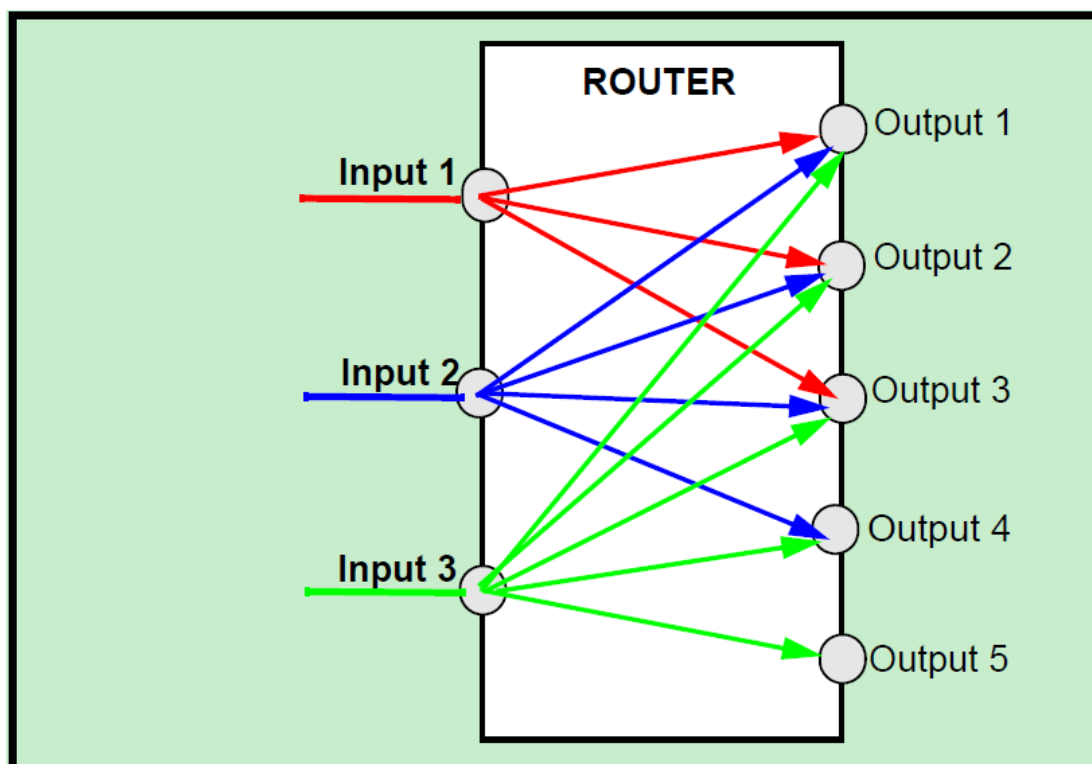


Figure 7.5. Schematic of Allowed Routing Options

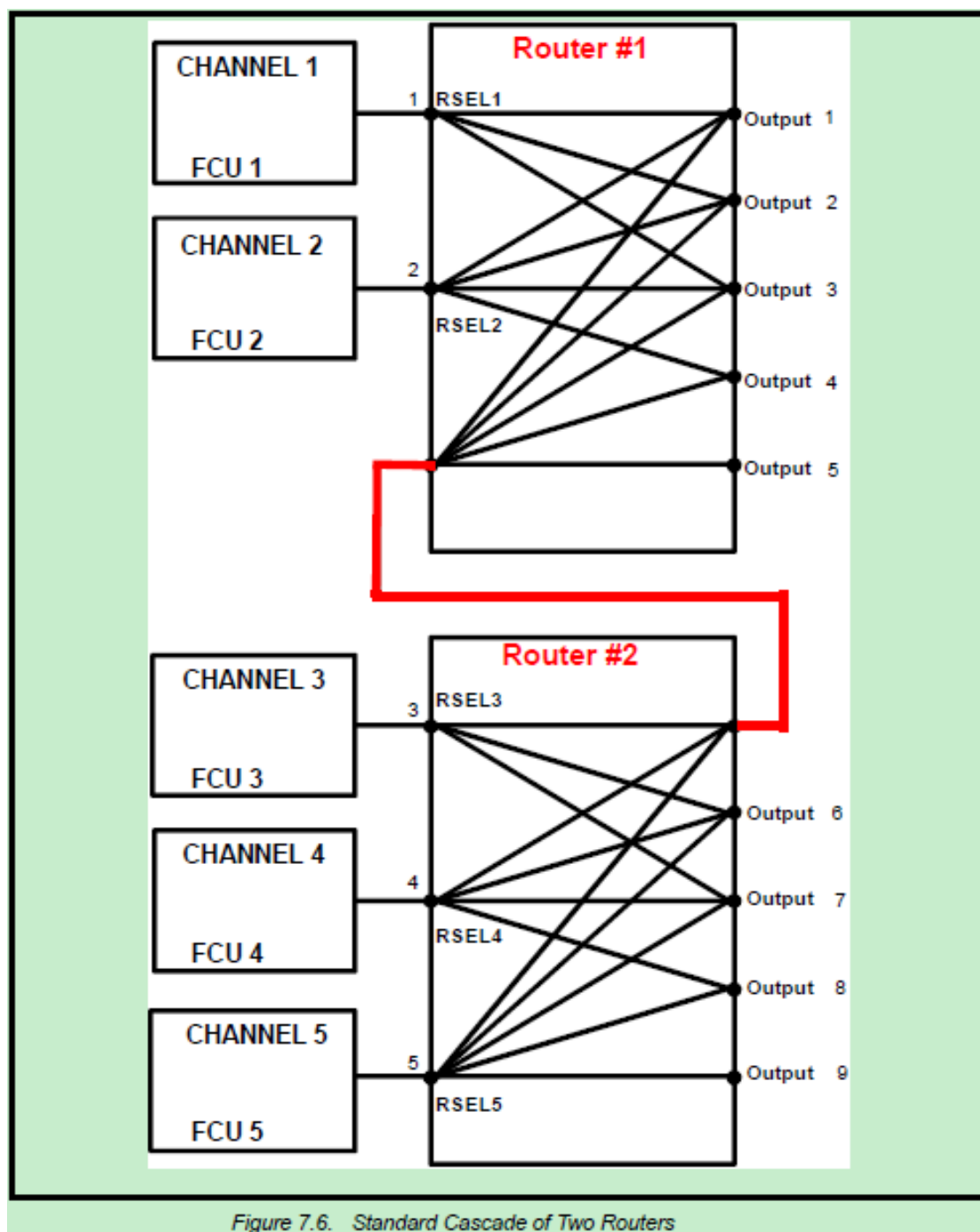


Figure 7.6. Standard Cascade of Two Routers

7.7 其它需要的信号/单元

在无 SGU 的系统中，ROUTER 由 TCU0/TCU1 控制，信号通过 J3 输入。有 SGU 的系统，控制信号有 SGU 生成，通过 AQS 板传递。

所有系统电源来自主板。

7.8 可选/核心组件

使用外置放大器的系统至少需要一个 ROUTER。

使用内置放大器的系统不需要 ROUTER，因为该功能有 SGU 中内置的微型 ROUTER 行使。

7.9 更多信息

详细说明请参见 BASH CD 中 ROUTER (TM) P/N Z31215。

8 外置放大器

8.1 概述

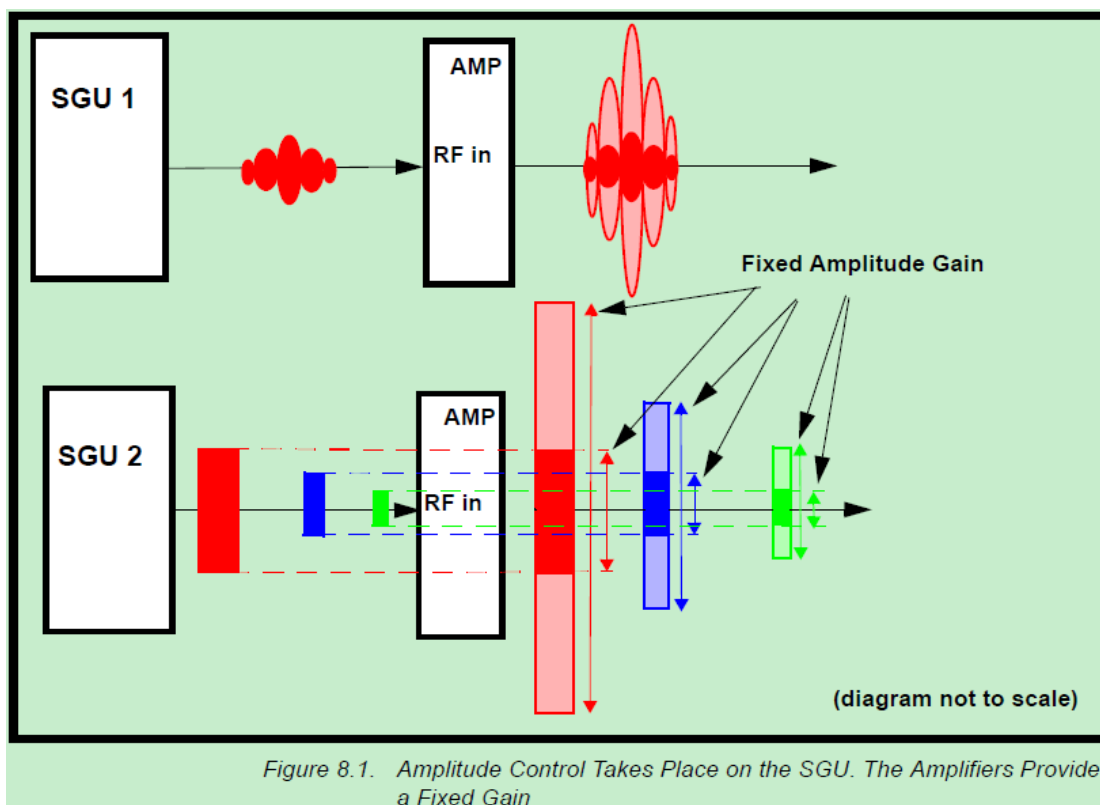
外置放大器很容易与内置放大器区分，因为它并不位于 AQS 的架子上，因此它不能从 AQS 板上得到任何信号。其它性质差别还有外置放大器有自己独立的电源，并具有比内置放大器更大的放大功率。还有就是外置放大器与 ROUTER 相连，而内置放大器本身有一个微型的 ROUTER。

虽然基于仪器系统的通道数和客户要求，一些外置放大器的配置会被推荐，但是并没有标准的放大器配置。放大器的设计是保证用户能够满足他们所定制的系统。另外很重要的一点是放大器内部线路的转换，从而使操作者能够在不改变联系的情况下完成各种实验。

放大器的功能是放大来自 SGU 信号的振幅到合适的程度从而最佳激发蛋白样品。放大器的增益是固定的，以便振幅的调制完全由 SGU 的输出控制（虽然信号在进入放大器前先进入了 ROUTER，但是 ROUTER 对信号没有任何操作）。

SGU 的最大输出振幅为 1Vpp 的数量级。除了 -6dB 外，其它功率都会相应的衰减。衰减的程度通过增加应用在 SGU 上衰减范围为 -6 到 120dB 的衰减器的衰减程度来实现（图 8.2）。

不同的放大器具有不同的增益，因此以相同的 pl 值决定的最终输出功率对于不同的放大器类型具有不同的输出功率。



8.2 定位与图片

外置放大器是独立的单元，其在机柜中的位置具有一定的灵活性。尽管为了屏蔽噪音，否则可以完全放在机柜的外面。

8.3 基本信息、配置和功能

放大器最简单的是以频率划分。两个主要的类型是质子放大器和宽频放大器。由于在 NMR 中质子信号的重要性，专门的质子放大器被发明了。特别设计了适合与质子相关的相对高频。由于频率相近，这些放大器也适用于氟，因此常被标为“ $^1\text{H}/^{19}\text{F}$ 放大器”。第二类，X 或 BB 放大器，适用于其它明显低于氢频率的核。

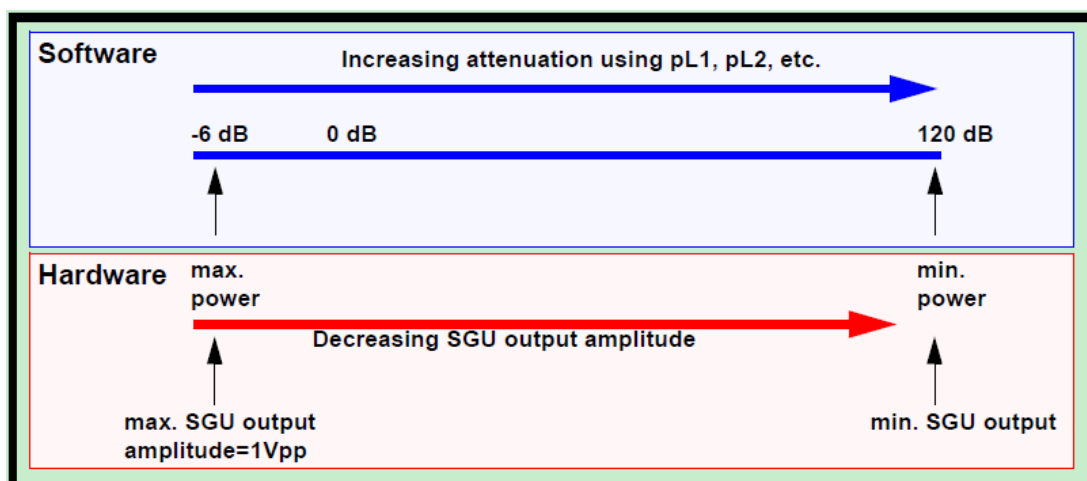


Figure 8.2. Relationship Between Hardware Output Power and Software Attenuation



Figure 8.3. BLAXH300/100

8.3.1 edsp/edasp 控制

RF 信号路径方面，放大器的控制有 edsp/edasp 菜单控制。菜单中放大器各种输入和一定程度的输出可以由操作者选择。只要前面板上 hex 地址已设置，配置自动完成，以便它们能够与 ROUTER 输出数匹配。在做 cf 的过程中，RS485 连接传递信息来建立已有放大器的编号和类型。这样，显示为每一个系统定制，edsp/edasp 对应于特定的谱仪配置。操作者可以通过 edsp/edasp 选择放大器输入，并且 ROUTER 会自动设置正确的信号路径。在输出的一侧，一些放大器内置

了转换开关盒，转换开关盒可以使操作者选择最终放大器输出，这样就可以在探头的各个输入之间转换，当然是在放大器和探头之间的电缆已经连接好的情况下。

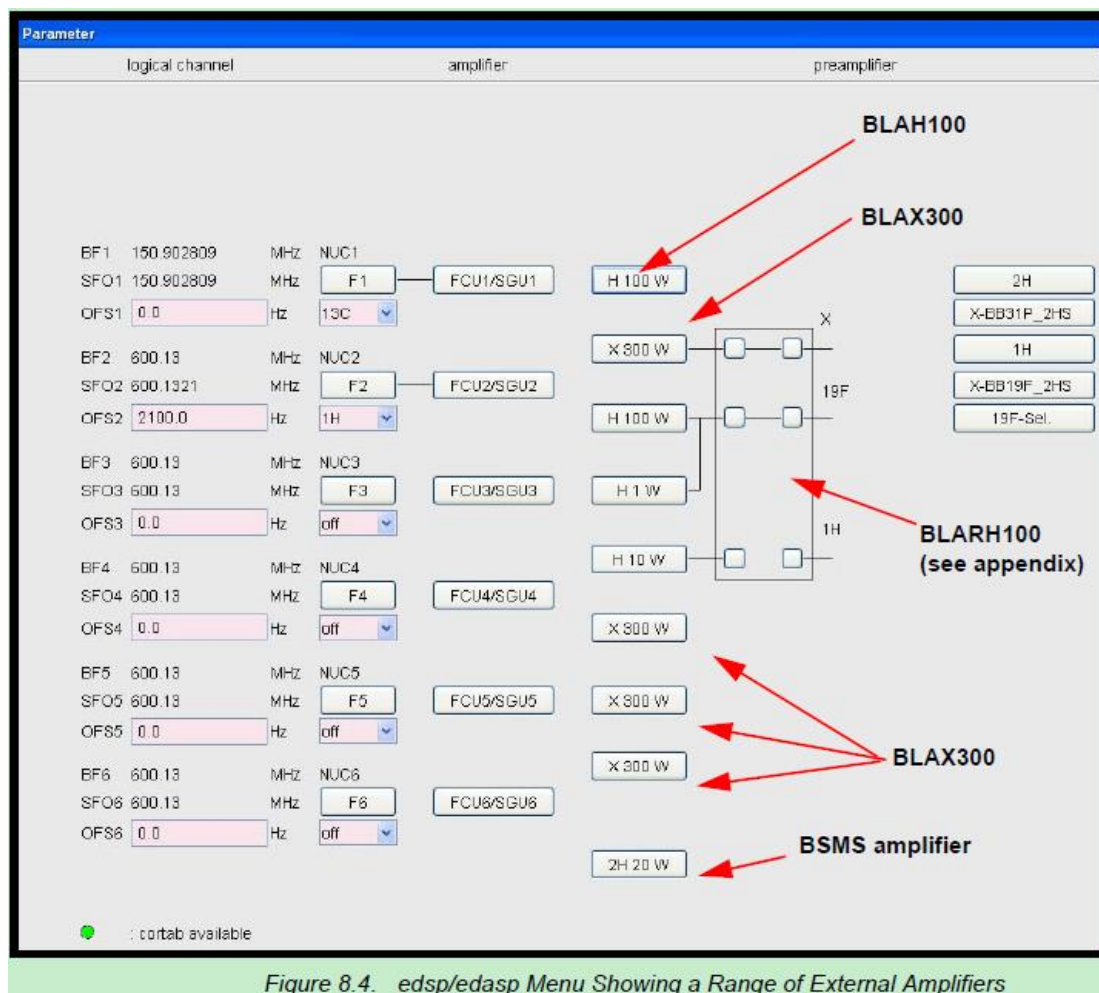


Figure 8.4. edsp/edasp Menu Showing a Range of External Amplifiers

放大器类型

各种放大器可以通过以下方面来描述：

- 通道数目
- 频率范围
- 输出功率

对于非常常用的类型，以下会有详细描述，在此之前简单介绍一下布鲁克用的命名传统会有一定帮助。

8.3.2 放大器命名习惯

布鲁克的放大器是线性放大器，即输出输入振幅比固定。放大器命名的前三个字母 BLA 是指布鲁克线性放大器（**Bruker Linear Amplifier**）。在命名中出现 R（BLAR）表示该放大器包含一组（array）放大器（该类型放大器在附录放大器一章中介绍）。

如果再增加一个 H 字母（BLAH）表示该放大器是一个质子放大器。

如果再增加一个 X 字母（BLAX）表示该放大器是一个宽频放大器。

如果再增加一个 XH 字母（BLAXH）表示该放大器同时是一个质子放大器和宽频放大器。

再后面的数字表示最大的功率输出。如 BLAH100 表示一个最大输出为 100W 的质子放大器。

如果存在两个通道的放大器，命名后的数字依次是命名中各通道的最大输出功率。如 BLAXH300/100 表示该双通道放大器 X 通道最大输出功率为 300W，质子最大输出功率为 100W。

对于排列类型的放大器，数字表示排列中最强输出功率。

8.3.3 质子放大器

BLAH100

这是一个标准的单通道质子放大器。

在一个 180-600MHz 的频率范围，对于输入 1Vpp 的 RF 输入，有 100W 输出。100W 的输出对应于 -6dB。

放大器有一些安全特性来确保输出的功率不会过高。一个 100W 的输出最大允许的脉冲长度为 100ms，最大允许的 Duty Cycle 是 25%。更长的脉冲和更高的 Duty Cycle 是允许的，但维持的平均功率小于等于 25W。这意味着在 100% 的 Duty Cycle 时，该单元能够连续操作的（CW）最大功率是 25W。

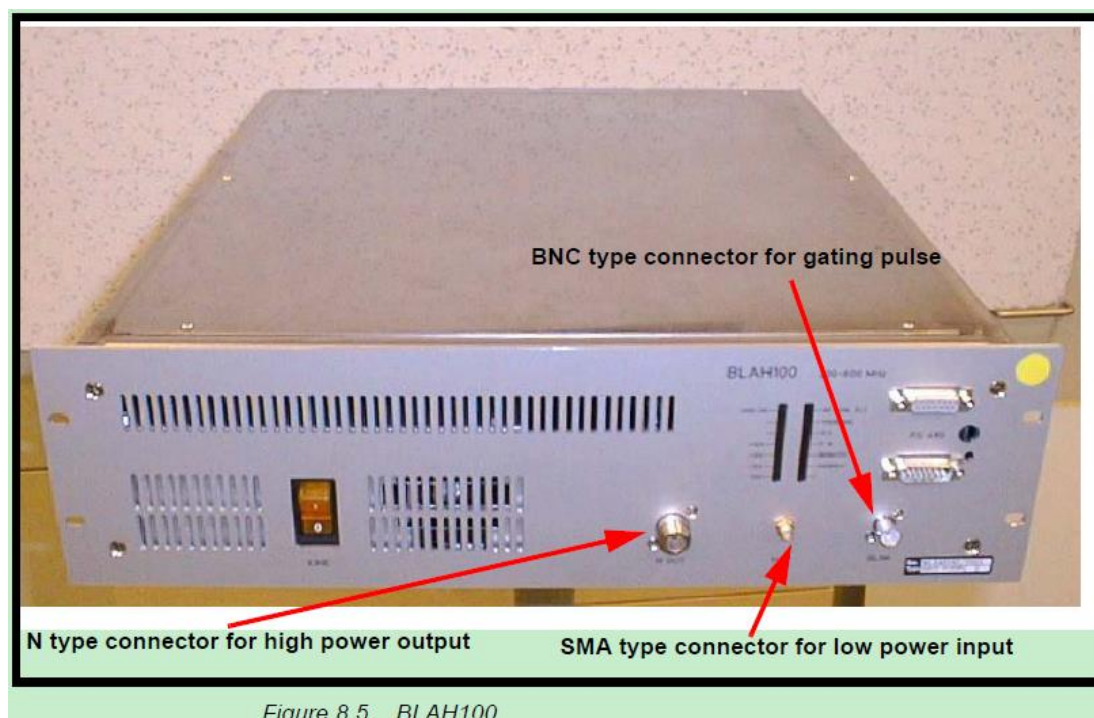
8.3.4 BB 放大器

共有三个版本的 BB 放大器。

BLAX500

这是一个标准的单通道 X 核放大器。

输入 XIN: 在 6-365MHz 的范围内, 1Vpp 的输入, 输出功率为 500W, 500W 的输出对应于 -6dB。



BLA2X500

和 BLAX500 一样, 但具有两个 BB 通道。

BLAX300

与 BLAX500 一样, 最大输出为 300W。

图 8.4 中, 放大器有许多安全装置来保证输出功率不是过高。对于 BLAX300 来说, 在最大输出功率时, 最大允许脉冲长度为 100ms (对于 BLAX500 来说是 60ms), 最大允许占空比为 10% (对于 BLAX500 来说是 6%)。更长的脉冲和更高的 Duty Cycle 是允许的, 但维持的平均功率小于等于 30W。这意味着在 100% 的 Duty Cycle 时, 该单元能够连续操作的 (CW) 最大功率是 30W。

8.3.5 质子和 BB 组合放大器

BLAXH300/100

它有两个通道。

输入 XIN: 在 6-365MHz 的范围内, 1Vpp 的输入, 输出功率为 300W。

输入 XIN: 在 180-600MHz 的范围内, 1Vpp 的输入, 输出功率为 100W。

在最大输出功率时 (X 通道 300W, 质子通道 100W), 最大允许脉冲长度为 100ms, 最大允许占空比为对于 X 通道为 10%, 对于质子通道为 25%。更长的脉冲和更高的 Duty Cycle 是允许的, 但维持的平均功率小于等于 30W (X 通道) 和 25W (质子通道)。这意味着在 100% 的 Duty Cycle 时, 该单元能够连续操作的 (CW) 最大功率是 30W (X 通道) 和 25W (质子通道)。

表 8.1. 放大器类型总结

名称	描述	1Vpp 时最大输出	最大功率时脉冲长度	最大功率是占空比	最大 CW
BLAH100	但质子通道	100W	100ms	25%	25W
BLAX300	单 BB 通道	300W	100ms	10%	30W
BLAX500	单 BB 通道	500W	60ms	6%	30W
BLA2X500	两个相同的 BB 通道	2×500W	60ms	6%	30W
BLAXH300/100	单 BB 通道和单质子通道	1×300W	100ms	10%	30W
		1×100W	100ms	25%	25W

8.3.6 前面板

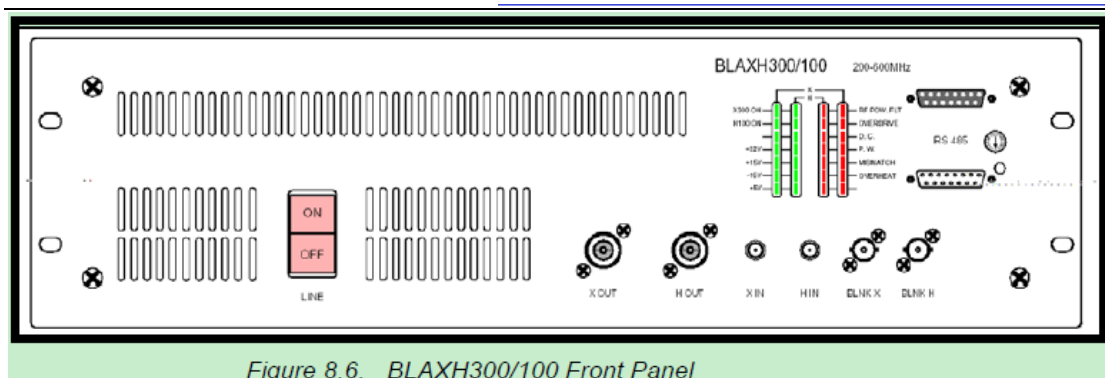


Figure 8.6. BLAXH300/100 Front Panel

与内置放大器不同，外置放大器没有与 AQS 后面板相连接，所以信号从前面板到达放大器。

虽然不同放大器存在不同，但是存在一些基本的性质，因此有必要讨论一下图 8.6 中前面板的连接。这里的描述以 BLAXH300/100 为例，但很容易扩展到其它的放大器。

RF 输入

两个 RF 输入(XIN 和 HIN)传递起源于 SGU 然后通过 ROUTER 后的 RF 信号。一旦在 edsp/edasp 菜单中作出选择，ROUTER 将自动确保所需的 RF 信号出现在 XIN 或 HIN 输入。

清零控制输入

这些信号 (BLNK X 和 BLNK H) 是标准的清零信号用来确保最大程度的压制噪音。虽然 SGU 在信号传递后并没有噪音输出，但是仍需要确保放大器在此时处于关闭。

清零信号是作用在低有源逻辑上的数字信号 (TTL 级)。当信号很高时，传递将被阻止，当信号低时，传递被允许。

放大器清零脉冲 (BLKTR1-8) 开始时间的准确软件计时控制能够通过“edscon”表控制。清零信号由 SGU 产生，通过 PSD 传递给外放。

高功率 RF 输出

从这些输出接口 (XOUT 和 HOUT)，电缆将 RF 信号传递给前放，并最终传递给样品。

LED 指示

各种 LED 指示将在后面进行介绍，它们的主要性质是保护放大器或样品远离

高功率。

H100 ON: X300 ON

通道最大输出功率的 20-30dB 以内的 RF 脉冲能够引起该灯亮。低于该功率，信号依然传递，但灯不亮。这是一个 RF 功率在输出时的实时测量，而不仅仅由清零脉冲激活。

电源 LED 指示

当电压在一个正常范围时该灯会亮。

RF Pow. FLT. (RF 电源失败)

这是一个整体的指示灯，在其它任何灯都亮时他会亮（overheat 除外）。

OVERDRIVE

当高功率通道输出功率超过规定的水平时，该灯会亮。默认的规定值是额定功率的两倍。这种情况可能会出现在输入功率超过 1Vpp。放大器会自动不工作 1-4s。之后放大器会自动重新运行。再次检测功率过大会导致其再次不工作 1-4s。该过程会持续到过高的输出结束。

D.C. (duty cycle, 占空比)

如果超过规定的占空比，该灯亮。放大器本身会自动停止工作，类似与 overdrive。

注意：根据硬件配置不同，部分放大器当占空比超过规定值时，放大器不停止工作。这可以通过 RF Pow. FLT 来检查，该灯只会在放大器不工作时亮。

PW (脉宽)

如果脉宽超过放大器规定的脉宽，该灯亮。此时放大器会停止工作。该功能只适应于高功率输出。

MISMATCH

当反射功率超过一定值是该灯亮。该值对应于最大功率与电压驻波比为 6，即前面功率 50%被反射。

Overheat

放大器内部有温度传感器监测温度。当温度上升超过上限时，放大器自动停止工作。直到温度恢复到正常水平，放大器会自动开始运行。

RS485 连接器

根据类型，一般会有一到两个 RS485 连接器。该连接的一个功能是使谱仪中硬件单元能够在“cf”时被软件识别，以便 edsp/edasp 能够检测安装放大器的数目和类型。该连接也用于传递 BSMS 键盘或图形界面显示的前进和反射的功率显示。

Hex 转换

一个谱仪可能安装许多放大器，相同或不同的类型。为了确保软件能够识别和区分不同的放大器，每一个放大器会有一个硬件地址，由 Hex 转换来设置。地址应与 ROUTER 输出的数目相同。

8.3.7 好的放大器的特征

下面是 RF 放大器的一些重要性质。这里放一些用来联系上下文，更多的信息参见 8.9 节。

功率输出：放大器由它们使短的激发脉冲可用的功率来划分。电子放大器的一个特性是随着频率的增加，输出功率下降，所以与质子放大器相比，X 放大器具有更高的输出。同时知道 CW 和脉冲操作所允许的最大输出功率不同。为了保护放大器，在 CW 下最大允许的输出功率是被限制的。脉冲操作中占空比允许足够的冷却。

频率范围：放大器频率范围的测量被设计使用。在此频率之外的 RF 信号的增益会大大降低，虽然并不损害放大器本身。这对于 X 放大器问题比较严重，而质子放大器频率范围较小。RF 生成中，放大器是第一频率依赖因素。

输入信号复制：理想的输出是输入信号一个一致且放大的复制。这样在放大过程中，准确持续时间、频率和相位不能有任何改变，峰形也不能有任何的紊乱。

重复性：布鲁克放大器有固定的放大因子或增益。为了避免重新刻度脉冲长度，该增益应该一直是一常数。

短的起落时间：矩形脉冲一个重要的特征是需要有好多开关比和陡的起落边界。理想的情况是放大器不能延长脉冲的起落时间。

8.4 单元开关转换

每一个放大器都有自己的单元，并有面板的开关控制。如果放大器在 edsp/edasp 中准确配置，放大器必须打开。不使用时放大器也应保持打开的状态。

8.5 提示“n”技巧/基本问题定位

- 与内置放大器不同，外置放大器没有和 AQS 没有后面板的连接，因此所有的信号从前面板传递。从服务的角度说，这非常适合问题定位。放大器需要电源，RF 输入和清零信号来工作。
- 一个很明显的检查是观察诊断的 LED 灯。检查其他所有的安全指示灯。
- 操作者应该知道，虽然所有单元都是依据严格的规定生产，但是功率水平个别的差异在所难免。因此，如果 SGU、ROUTER 或放大器更换的话或者之间的连线有所改变，脉冲长度和功率需要矫正。

8.6 序列号/ECL 级别/软件下载

在 AVANCE 所有单元中，放大器是对 ECL 级别和软件最不灵敏的。

RS485 能够是 BIS 数据传递。

8.7 其它需要的信号/单元

与其它单元相比，外放是相对独立的。所需要的是电源，RF 输入和清零信号。

8.8 可选或核心组件

任何谱仪都需要放大器，无论是内置还是外置。放大器的数目根据用户需要

而定。

8.9 更多信息

特殊的放大器参见独立的 BASH CD 手册。涉及到本章放大器的部分如下：

BLAH 100 Amplifier 200-600 MHz (Operating & Service Manual) Z31638

BLAXH 300/100 Amplifier 200-600 MHz (Operating & Service Manual) Z31636

BLA2X500, BLAX500 & BLAX300 Amplifier 6-365 MHz Z31595

各种放大器基本讨论参见 AV Service Manual P/N Z31634。

本书附录涉及一些早期放大器。