



地球物理勘探仪器 —应用技术与发展

2 0 1 0 年 1 0 月

地球物理勘探仪器

—应用技术分析与发展



1. 概述
2. 地震仪器的结构与使用状况分析
3. 常用地震仪器采用的先进技术分析
4. 地震仪器的发展趋势展望

地球物理勘探数字化

- 自数字计算机问世以来，的半个个多世纪中，人们物理量，业电用强数调字来数传递字精确地信息，因而展化各带，动了地球物理勘探数商德克萨数字地震仪。美器震仪，造出了DFSIV，DFS V 数字地1964 年申请了瞬时浮点放大器（放大-衰减型）专利。

数控地震仪

- 法国的 SERCEL 公司则不甘落后地推出 SN328, SN338 数字地震仪, 使用七阶型瞬时浮点放大器。其他的一些地球物理厂商, 例如 GEOSPACE 则推出了游标型瞬时浮点放大器, 并且创新地首次将数字计算机 PDP11/15 应用到了数字地震仪中, 制成了世上第一台数控地震仪——计算机控制的 GS2000 地震数据采集系统。

48 道或120 道地震仪器

七十年代， DFSV 和SN338 两种仪器由于性能稳定、工艺精良从而成百上千台地涌入地震勘探市场作为地震队的核心采集设备。当然，其它一些地球物理仪器制造商，例如 GEOSOURCE, GEOSPACE, 包括国内仪器厂也占据了一些份额，为地震勘探作出了很大的贡献。当时的仪器道数为 48 道或120 道。

地球物理学家要求提高采集道数

当地球物理学家迫切要求提高采集道数以适应三维勘探需要时，仪器制造者曾靠增加箱体做到了 240 道以上，但由于仪器过于庞大而未能持久。有些地震队也曾采用两台 DFSV 同步，实现了 240 道地震数据采集。

集中式仪器

不波的千短线增度字布
想检重3长大但长数分
思到笨达递管，递使了
计识大长传尽用传便向
设认粗至缆。应号，转
的也沿甚电染的信想构
SN338人信了号重技模计统
、长模大道应电减的集
DFS增波得同感等和化采
数地递且受陷需数中结
器道的传而号踪的步集统
仪了感缆，信跟量一从系
式制传电上，容进仪集
中限串以一衡道及震采
集仅器CDP米不平加以地式

新技术数传电缆

- 七十年代末，法国 SERCEL 公司、美国的 GAS 公司分别推出了 SN348 单站单道和 GAS-BUS 单站四道这两种遥测数字地震仪器。作出这一贡献的 GAS 公司在早些时候就已设计制造了单站四道的分组地震数据记录站，就地采集的地震数据存储在盒式磁带上，然后回收、转录分析。为了将数据实时地传回到仪器主机上，自然需要数传技术，模拟 CDP 电缆被新技术数传电缆替代了，模拟电缆变成了数字电缆。

遥测数字地震仪

- 第一批遥测数字地震仪 SN348 和 GAS-BUS 是先行者，引人注目，但由于新技术复杂，可靠性不尽人意，产量不多，使用也不理想。然而随之而来的各种新推出的遥测地震仪，由于不断引入电子工业中的有线数据传输和无线数据传输（电台）等新技术却大有作为。人们对扁平馈线、双扭线、同轴电缆、光导纤维等各种有线传输介质都在遥测数字地震仪中作了尝试，并为提高数传速率增加单线道容量，保证可靠稳定性等方面作了大量努力。

三维地震勘探的多道采集设备。

- SERCEL 公司的SN368, I/O 公司的SYSTEM I 以及GEASOURCE 公司的MDS-14, MDS-16, GEOSPACE 公司的WAVEIII, TI 公司的DFSVII, 我国的SK-1004, YKZ-480, SK-1005 等遥测地震仪器在八十年代成为地震勘探, 特别是三维地震勘探的多道采集设备。

无线遥测地震仪采集技术

- 除了有线遥测地震仪，最初的无线遥测地震仪采集技术则体现在美国公司的OPSEIS 5586 和 TELESEIS以及法国地球科学学院的MYRISEIS，这几种仪器中，无线遥测以在空中传播的电磁波作为数据传输介质，采集道容量已不受限制，人们也常称这种地震仪为万道地震仪，但数据传输率还是有限的，每放一炮，数传时间较长，牺牲了野外生产效率，采用多频窄带并行传输数据，但仪器庞杂，可靠性受到一定影响。

微电子工业和计算机工业最新技术

- 二十世纪六十年代初到九十年代初的三十年中，地震勘探数字化取得了惊人的进展，微电子工业和计算机工业中飞速发展的高新技术作出了突出贡献，令人叹为观止的新型仪器层出不穷。从起初的 24 道发展到了千道以上，数字计算机控制、数据传输和数据实时分析处理都体现出了当时的最新技术。
- 毕竟，地震数据采集系统与地震勘探方法的发展的需求还是距离很大，地球物理学家也一直抱怨仪器动态范围不够。在高分辨率勘探地质任务面前更是越来越显示出了它的不足。

数字化的核心部件 — 模数转换器

- 数字化的核心部件 — 模数转换器。模数转换器是实现模拟信号与数字信号之间转换的关键部件。它由采样保持电路、量化器和编码器组成。采样保持电路在采样时将输入信号的值保持下来，以便量化器进行量化。量化器将模拟信号的值转换为数字信号的值。编码器将量化后的数字信号的值转换为二进制代码。模数转换器的性能指标包括分辨率、转换速度、非线性误差、量化误差等。分辨率是指模数转换器能够分辨的最小模拟信号的变化量。转换速度是指模数转换器完成一次转换所需的时间。非线性误差是指模数转换器的输出与理想值之间的偏差。量化误差是指模数转换器的输出与输入之间的误差。模数转换器广泛应用于各种数字系统中，如数据采集系统、通信系统、控制系统等。

瞬时浮点放大器的弊端

- 随后人们开始认识到瞬时浮点放大器的弊端，既是对在低频大信号上叠加的高频小信号起平滑作用而不利高频信号的采集。恰好在这个时候微电子器件中 $\Delta-\Sigma$ 过采样模数转换器问世，从而使此问题迎刃而解。 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器的理论在七十年代就已提出，这种基于概率论的模数转换技术可以使用易于制造的宽容限模拟元件，但需要快速和非常复杂的数字信号处理。仅仅由于应用了与微处理机芯片同步发展的微电子超大规模计算芯片才使 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器得以投入使用。动态达 120dB 的 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器使仪器研制者彻底停用了瞬时浮点放大器这一模拟部件，也去除了繁琐的各种模拟滤波器

瞬时动态范围的新概念

- 瞬时动态范围的新概念：即在同一采样间隔内能够记录到的不同频率的最大信号与最小信号之比。1992 年 I/O 公司率先造出了采用 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器进行数字化的系统 II 仪器。在随后的八年里，地震数据采集系统又经历了一次更新换代。美国 I/O 公司的 SYSTEM II，SYSTEM 2000，IMAGE，法国 SERCEL 公司的 SN388，408UL 等优质品牌的遥测数字地震仪迅速占领了市场，基本上满足了地球物理勘探的需求。值得一提的是加拿大 GEO-X 公司推出了具有网络数传结构的 ARAM-24 仪器，随后又更新推出 ARAM-ARIES 型号。

数据传输采纳网络结构

- 法国 SERCEL 的 408UL 的数据传输也采纳了网络结构，将采集系统的各个部分均视为网络结点。形成“地震区域网络”，灵活可靠地实现地震数据的传输交换，而这一切都有幸于计算机网络通讯技术的飞速发展以及 TCP/IP、IPX 等先进重要通讯协议对信息高速公路的贡献

遥测地震仪快速发展

- 二十世纪后八年的遥测地震仪的发展，更加现代化，更加快速，更加全球化，日本、德国、俄罗斯和我国也都各自造出了技术水平较高的 24 位遥测地震仪，无线遥测仪器则有 OPSEIS-EAGLE 和 BOX，而 BOX 仪器的新技术应用和制造工艺更是表现得极为优秀。
- 回顾地震数据采集仪器数字化四十年的历程，人们经历着认识、实践、再认识、再实践的反复，人们更是度过了科学技术飞速发展年代。

数字地震仪三次更新换代

- 这四十年大体分为三个阶段，三次更新换代：
1962 — 1980，集中式 48 道 120 道数字地震仪；
1980—1992，遥测地震仪；1992—2000，24位遥测地震仪。由于油气能源的需求，以及地震勘探工作日益加剧的高成本、高风险、高难度，人们不断寻求高保真地采集地震数据以解决地质任务的装备与方法。更新换代的步伐越来越快。一直努力寻求彻底数字化，不断地革除复杂的模拟部件，代之以先进的、高精度的数字化装置。在不到八年的时间里，便完成了 $\Delta-\Sigma$ 24位遥测数字地震仪的更新换代。

地震信号传感器

- 关键是地震信号传感器这一环节在半个世纪以来确实一直徘徊不前，未能摆脱动圈式机电转换的机理。比如地震队成千上万使用的 GS-20DX 检波器是三十年前研制的产品，七十年代初，当数字地震仪推广使用时，为了与数字地震仪相配套，人们曾把 GS-20DX 检波器称为“数字检波器”，顾名思义完全牵强附会，只不过是这种检波器性能指标比以往检波器要高，频带要宽，质量控制严格，可以配合数字仪使用。但确实是一种不折不扣的机电模拟产品。制约其动态范围的畸变（失真度）指标仅为 0.2%，这说明动态范围仅为 54Db。近年来各厂家花费大力物力研制的各种超级检波器，其性能指标也未能数量级地向上突进，其失真度指标不过在 0.1% 左右。

光纤压力传感和微机械电子传感

- 激励不统一、要素不成熟、了说系断波因者电成地、频入了除该集不检要作械为模数转换微小计动了，应采的规重工机更感数微速度启高件据纪常的技微感模数转换体积速从而不器数世前展科和传模数转换体积速从而率器震个日发来感子 Σ 将体加从辨感地半说集年传电 Δ 一地机成果，分传是过是采多力械 Δ 功子成的，的该通就据压机微位成电的想，用应者这数初，压机微位成电的理使才作，震之光而24位已经微喜代，不所件工识地纪：24位已经微喜代数据，器探共率世件了。推出公司级了新数外的勘到辨一元世了。推出公司级的新集之感震达分十感出一个推出公司级的新采集传地地高二传功出一个推出公司级的新震改号。议约在号成第一个推出公司级的新地待信分争制恰信地成第一个推出公司级的新区有震部所为恰震性地成第一个推出公司级的新地件地键无成，地破性1992年SYSTEM II真领域下多条。关乎已是突破在1992年SYSTEM II真领域下很多。关乎已是突破在1992年SYSTEM II真领域下前接精核，性喜攻感越。应地数据日发够的践的可力传优震带到了震

微电子机械加速度计

- 在1992 年第一个推出 24 位 $\Delta-\Sigma$ 模数转换地震仪 SYSTEM II 的 I/O 公司已经成功地将体积微小、频带响应宽、失真度达百万分级的微电子机械加速度计引入到了地震勘探领域，并获得了可喜的成果，从而启动了地震数据采集系统下一轮的更新换代。

微电子机械加速度计使地震信号数字化进入更高水平

- 微电子机械加速度计使地震信号数字化进入更高水平
- 微电子机械系统（MEMS）是一种使用类似于集成电路工艺制造的，广泛地应用于汽车工业、国防、生命工程、家用消费电器等各个领域中的微米级器件。
- 微电子机械技术发展迅猛，起初用于汽车的轮胎压力传感和安全气囊传感，检测冲击力以判定何时打开安全气囊。经过多年的发展和应用，大量、低价、性能各异的微电子机械器件应运而生，像ANALOG DEVICE 这样一类半导体器件制造厂家正在积极地开发研制各种 MEMS 器件。

MEMS 加速度计快速推广

- 不仅在汽车工业的安全装置，诸如侧面气囊、安全窗帘的传感中应用量很大，而且在手机中作为 RF 射频元件、血压测试中的微型压力传感、游戏机操纵杆中传感、计算机中除键盘和鼠标以外的加速度姿态控制，以及手持投影机中的微镜扫描阵列、DNA 检测装置、微型生物泵、喷墨打印头、微镜传感等诸多项应用中都获得了广泛推广。
MEMS 加速度计虽然比压电传感器要贵些，但由于其类似于半导体硅芯片的大规模制造工艺，其生产成本会越来越降低，这可能是将快速推广的依据之一。

VECTORSEIS 数字 MEMS 检波器

- I/O 公司在 1986 年便启动了微机械地震加速度研制开发计划，1994 年建立了 4 英吋硅微晶片生产线，1996 年则在 STAFFORD TX 建立了 6 吋 MEMS 生产线，终于在 2000 年推出了用于油气勘探的 VECTORSEIS 数字 MEMS 检波器。随后 I/O 公司作为投资者和用户在 2001 年建立了应用 MEMS 公司，作为美国 I/O 公司在德克萨斯 STAFFORD TX 的子公司，工厂面积为 35000 平方英尺，专门开发研究微重力、精密加速度计。

目前地震仪器一览

目前以24位ADC仪器作为绝对主体。

特点：稳定和可靠性高；系统软/硬件功能强、指标高、指标差距不大，各有特色。

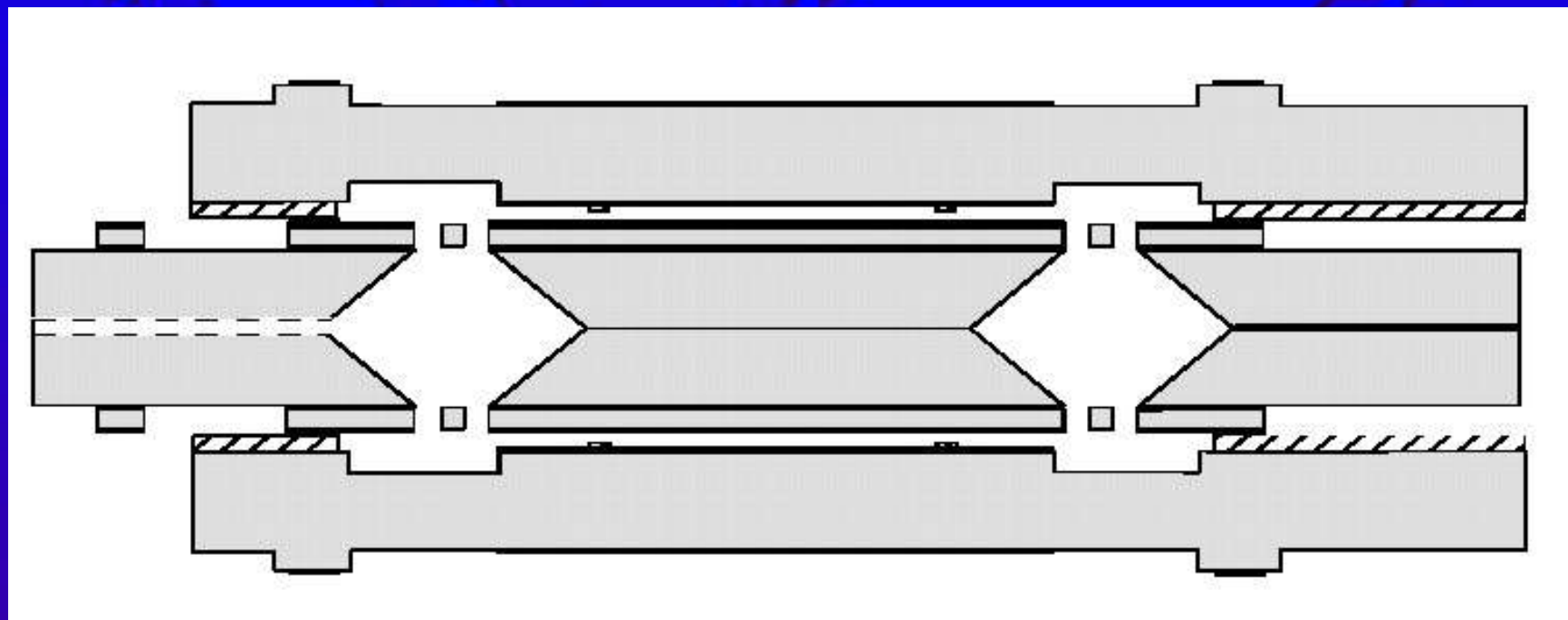
- 有线传输式的网络仪器：408UL； IMAGE； ARAM-ARIES； SI-2000
- 无线数据传输仪器： BOX； Vibtech-it
- 数据存储式独立型地震仪器： I/O-RSR、 SYSTEM-IV (VR)； JGI-MS-2000； BGP-3S-1
- 全数字式： I/O-SYSTEM IV； Serce1-408DSU

目前地震仪器采用的新技术：

- 数据采集方面： Σ — Δ 型ADC技术
- 数据传输和排列管理上：有线局域网 (LAN) / 地震网络遥测技术和无线局域网 (WLAN) 及窄带调制等无线技术
- 地震信号的传感和抗感应方面：缩短信号传输路径和采用MEMS技术
- 解决大道数的同步数据采集和降低施工成本上采用GPS时钟同步技术
- 在减少体积、降低重量和功耗等方面大量采用ASIC芯片和贴片技术

硅微机械加速度计

- 经过 15 年研制开发而生产的数字加速度计包含两个主要部件：硅微机械加速度计和专用混合集成电路ASIC。硅微机械加速度计由用弹簧悬挂的在环绕支架上的运动惯性体组成。为此应用四片 6 英寸双面抛光单晶硅片制造，中间两层构成惯性体、支架和中心电极；上下两层则构成外层电极并用金属热压与支架形成一体。惯性体表面外延层光刻制成硅弹簧，在惯性体和顶底盖表面制成金属电极与连线，从而在惯性体表面与顶底盖之间形成了电容器。整个芯体案大约 6.5MM × 5.5MM × 2MM，真空陶瓷封装。





体结构微机械制造技术

- 为达到地震检波而需要的极低噪声的高性能，应考虑起主要作用的两个可控参量：惯性体质量（尺寸）和谐振结构的阻尼。惯性体质量越大噪声越小，因此采用体结构微机械制造技术，以便制成较厚的机械层（惯性体），构成较大的惯性体质量。谐振结构阻尼越大，噪声越大。为了减小谐振体阻尼，将传感器封装密封在高真空陶瓷外壳内，形成几乎无气体的空穴。因为空穴内气体分子的布朗运动撞击惯性体会增加器件的噪声水平。

统计机械学噪声理论公式

- 噪声公式根据统计机械学的均分理论可表达为
- $N = 4KTb/MgN =$ 噪声功率谱密度 g/Hz
- $K =$ 波尔茨曼常数
- $T =$ 绝对温度
- $b =$ 阻尼系数 Kg/s
- $M =$ 惯性体质量 Kg
- $g =$ 标准重力 m/s

单晶片表面和多晶片体结构微机制造工艺

- 通常制造微电子机械传感器采用两种晶片制造技术：单晶片表面微机制造工艺和多晶片体结构微机制造工艺。单晶片表面微机制造工艺可制成很小的器件，机械层很薄，惯性体质量也小。采用单片集成电路工艺在一片单晶硅上制造传感器。而大尺寸体结构多晶片微机械制造工艺，可以制成较厚的机械层，惯性体质量较大。根据前面分析，为了研制新型超低噪声数字加速度计，须采用体结构多晶片微机械制造工艺，可以形成较大的惯性体质量。

微机械加速度计与 $\Delta-\Sigma$ A/D 转换器一体化

- 微机械加速度计芯片可以单独地用作电容性加速度计器件，但为了达到地震勘探所需的高性能，还研制了专用混合电路集成电路（ASIC）。该专用电路（ASIC）由另一家 CMOS 半导体芯片厂家配合制作，用于提供两个主要功能。首先，MEMS 加速度计工作为闭环力反馈方式，ASIC 接收传感电容的变化，产生静电力反馈到 MEMS 加速度芯片以使惯性体保持在中心位置。其次，加速度响应通过测量反馈力，由内部 24 位 5 阶 $\Delta-\Sigma$ A/D 转换器数字化，输出 128 KHz 的过采样数字位流。

高质量数据潜力

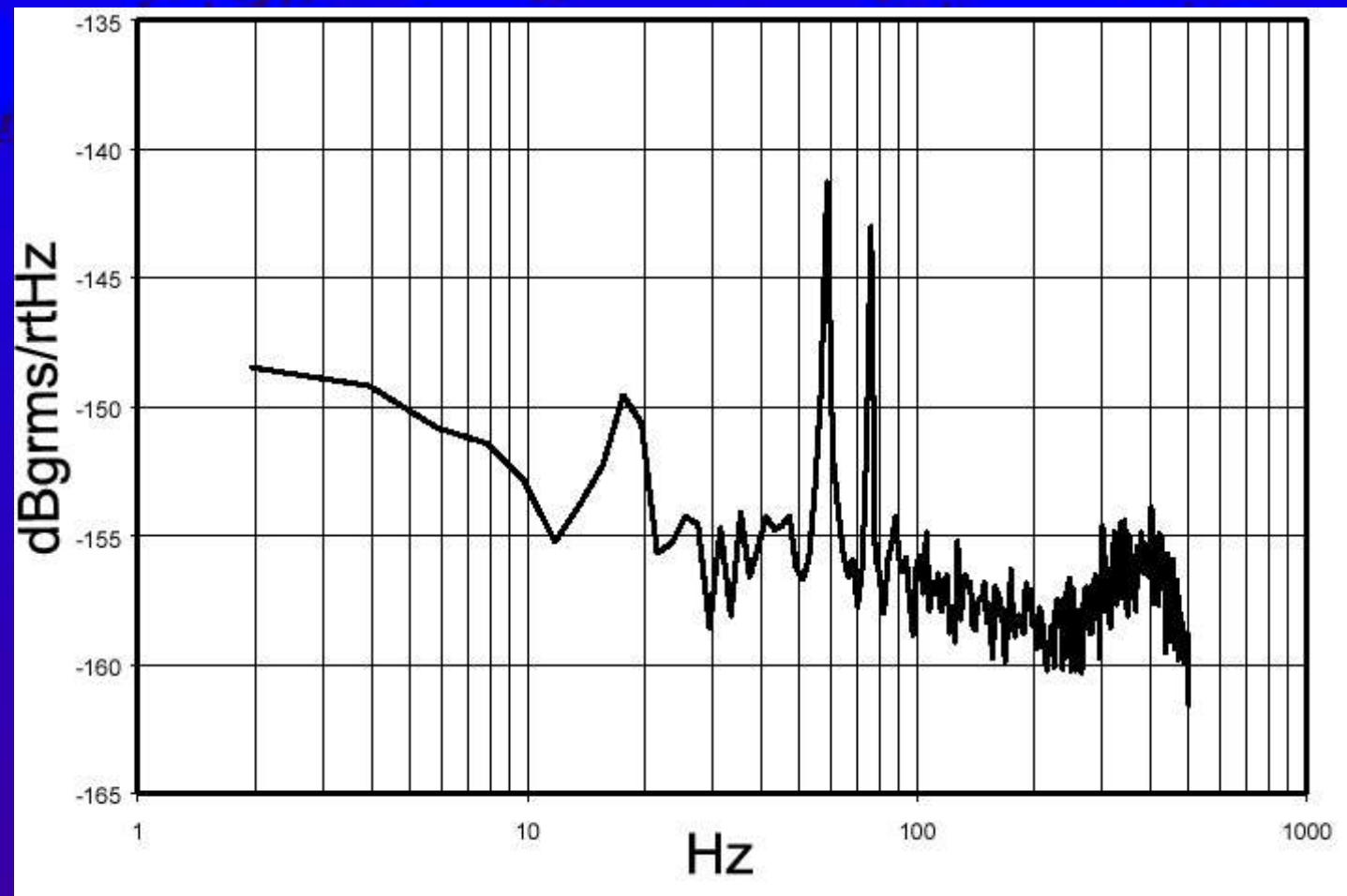
- 高性能 VECTORSEIS 加速度计具备高质量数据的潜力，对于采集多分量地震数据起到重要作用，而且具备很宽频带，可以全面采集高低频数据，高频数据可以提供识别薄互层和断层的高分辨率信息。低频数据则有利于识别岩石类型，例如沙岩、白垩岩、碳酸岩等，从而使地震勘探可以进入开发地震阶段。传感器弹簧、惯性体悬挂系统的谐振频率可移至地震频带 upper 之外，达到千赫兹。由于设计在谐振频率之下工作，传感器表现为加速度型。在地震频带范围内，频率特性惊人地表现为平直良好。

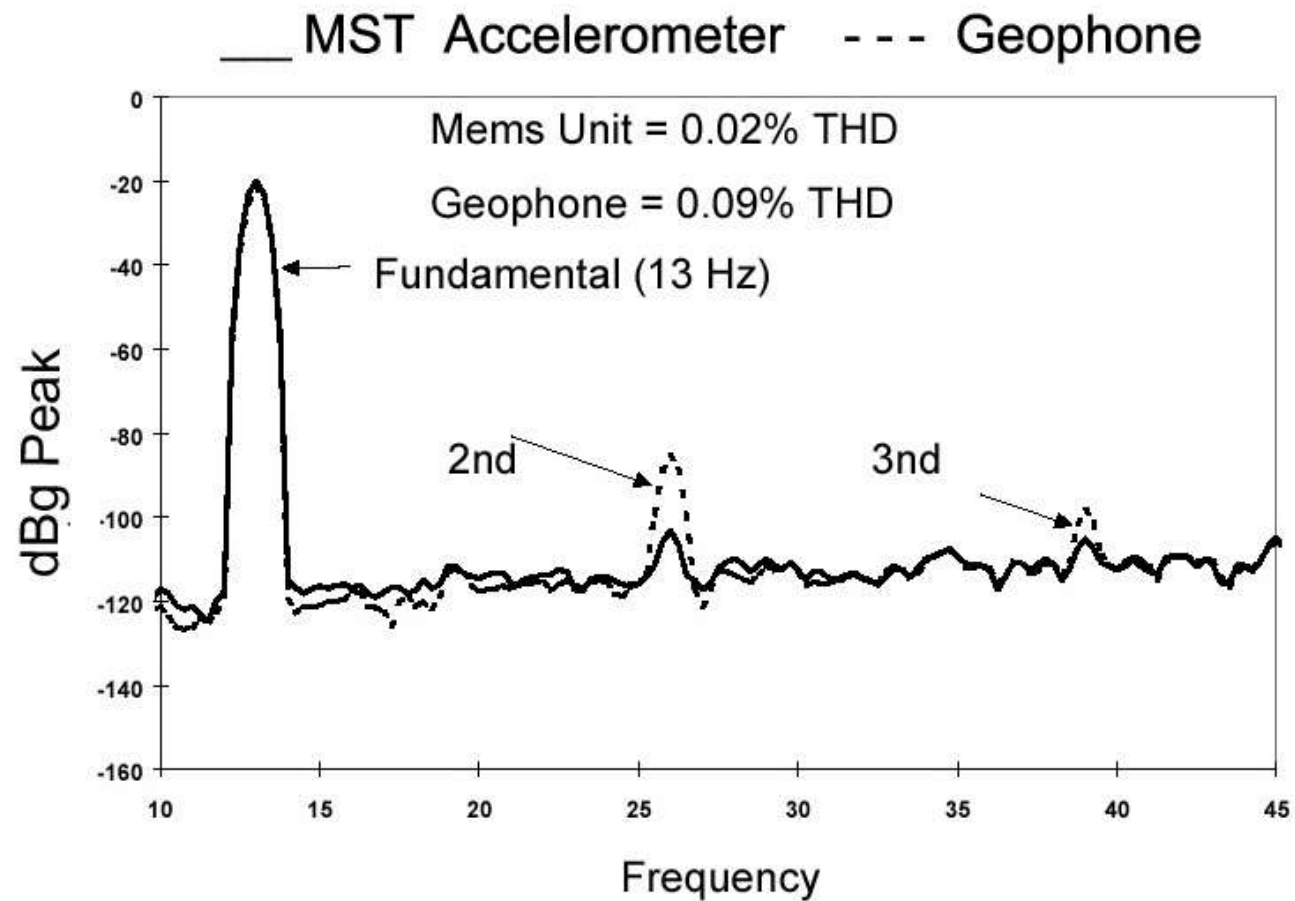
地震勘探感兴趣的是岩层的声阻抗

- 而常规动圈机电检波器，其谐振频率通常低于地震频带，典型频率常为 10Hz。常规动圈型检波器，由于线圈切割磁力线产生的电压正比于惯性体的速度，所以为速度的型。当然也有通过产生二次磁场而设计的加速度检波器。虽然速度和加速度两种测量的结果在数学上是不同的，加速度是速度的进一步微分，但对地理物理学家却是一样的，因为地震勘探感兴趣的是岩层的声阻抗。

真正数字传感器

- 真正数字传感器可以采集更加纯净的地震信号，因为从控制传感器的芯片输出已经是数字化了，而且由于 MEMS 芯片与 ASIC 叠合安装，从微机械传感器芯片产生的模拟信号到达 ASIC 芯片距离仅仅 3 MM。在加速度计内直接数字化可以完全避免电磁感应以及 50Hz 干扰和漏电等过去令地球物理学家操心的问题。多串常规检波器排列的模拟线长达几十米到几百米，可以想象模拟信号被污染的程度，漏电和串感应问题对地震数据质量的影响更是难以容忍。





Σ - Δ 型ADC技术

ADC的三个基本功能，采样、量化与编码。

如何实现这三个过程决定于ADC的形式和性能。

ADC按调制编码理论分两种：

线性脉冲编码调制 (LPCM) 型、

增量调制编码或称单比特 (一位) 型

- LPCM型的ADC是根据抽样值的幅度大小进行量化编码，一个分辨率为 n 位的ADC其满刻度电平被分为 2^n 个不同的量化等级。从而其精度很难高于20位。

$$SNR = 20 \log \left| \frac{V_{in(max)}}{V_{noise}} \right| = 6.02N + 1.76$$

过采样 $\Delta - \Sigma$ 模数和数模转换器

- 过采样(奈奎斯特频率高几百倍到几千倍)的 Δ 元。代率是线路上数的
一种件种来速位高复字噪 Σ 模数但字现将)调的制成
数实率字频杂调声和换要制域拟因器假输出,压制量化噪声、干扰和信号的高频
数模可速的辩号可以不波器,实现去假频功能。

Δ — Σ 数字信号处理

- 过采样 Δ — Σ 模数转换器强调数字处理，使用高速超大规模的数字信号处理技术取代了精密的模拟线路。也正因为如此，只是近年来微电子技术所提供的高新数字处理器件才得以将 Δ — Σ 模数转换器实用到数字音响、数字电话、仪表等领域中来。在数字电视和雷达中也开始有所使用，当然在地震数据采集系统中的引入便突发了地球物理仪器界的更新换装。
- 目前在电子技术领域中已设计开发了很多种结构的 Δ — Σ 调制器以适合各种类型的应用。

Δ - Σ 调制器设计原则:

- 选用 Δ - Σ 调制器线路设计取决于以下几个原则:
 - (1) 在给定的过采样比率所能达到的分辨率和信噪比;
 - (2) 调制器和相应的抽值滤波器的复杂程度;
 - (3) 元器件选择: 放大器带宽、有限增益、速度、非线性度、电压温度变化等因素的性能敏感度;
 - (4) 稳定性;
 - (5) 外部附加调整元器件;
 - (6) 线性信号范围。
- 当然这些准则还是配合实际应用来考虑的。

过采样与量化噪声

- Δ - Σ 模数转换技术的关键是过采样比率。过采样比率定义为采样率 f_s 与信号的奈奎斯特频率 $2f_o$ 的比值
- $OSR = f_s / 2f_o$
- 过采样可以降低信号频带内的量化噪声。量化噪声均方根值与过采样比率的平方根成反比，每将采样率提高一倍可以降低带宽内噪声3dB，增加 0.5 位的分辨率。

过采样比率越高，分辨率越高

- 过采样比率越高，分辨率越高。这就意味着：当 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器的系统时钟选定（比如1MHz）之后，对低频信号的过采样率要比对高频信号的过采样率高。这也是为什么 $\Delta-\Sigma$ 模数转换技术在音频信号范围（当然包括地震波信号）得到广泛应用的原因。

•

音响设备应用 Δ - Σ

- 例如: 像话音设备之类的低频系统用简单线路(一阶一位)调制器便可行, 高档音响设备则选择高阶多位 Δ - Σ 器件, 只要选择大的过采样比率便可达到所需分辨率, 但像雷达接收机这样的高频应用, 过采样比率过大就不切实了, 设计者需考虑使用高阶多位调制器, 增加复杂性和灵敏度, 并可能牺牲一些稳定性。

数字滤波器滤除带宽外能量

- Δ - Σ 模数转换技术的另一关键是调制信号的数字抽值滤波。表达模拟信号的数字调制器输出伴有带宽外成分、调制噪声、线路噪声以及干扰，因此须用数字滤波器滤除带宽外能量，当以奈奎斯特频率重采样后可以避免假频干扰。
- 因此高水平数字滤波设计也是至关重要的，数字滤波又有线性相位 FIR（有限激冲响应）和最小相位 FIR（有限激冲响应）之分。



Σ - Δ 型ADC

Σ - Δ 型ADC: 它是根据前一样值与后一样值之差(即增量)的大小来进行量化编码。将数字值转换为脉冲宽度调制或频率调制的输出, 然后用数字滤波器作平均化而得到一般的电压输出

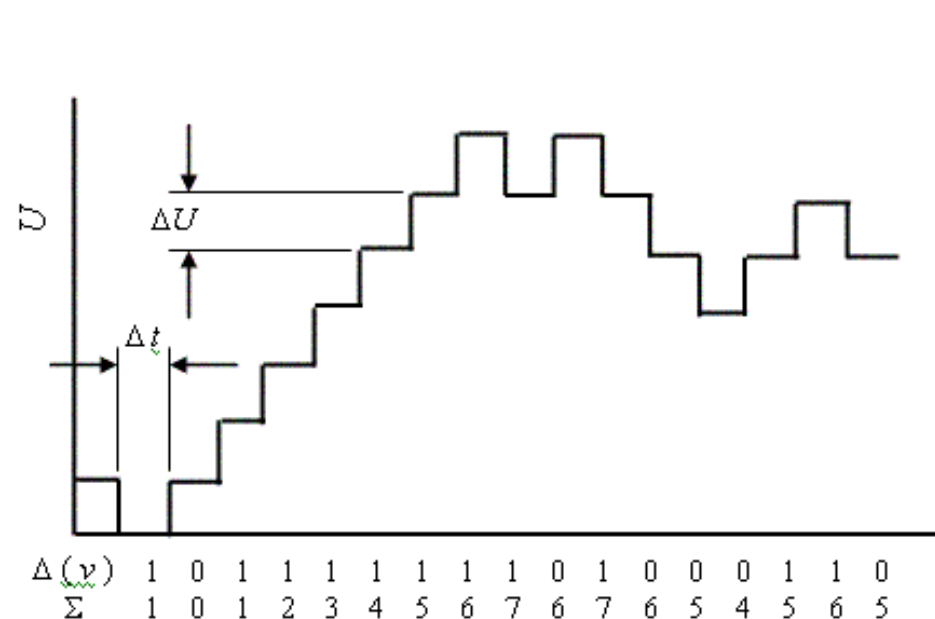


图 1 Δ - Σ 量化示意图

Fig.1 The Delta-Sigma analog-to-digital conversion

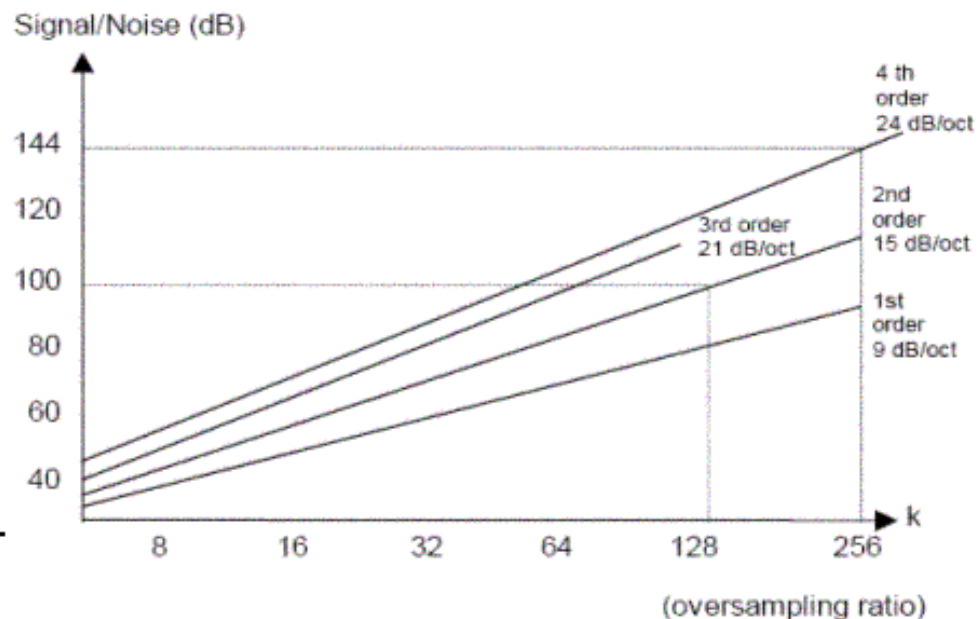


图 2 信噪比与过采样率、调制滤波级数的关系

Fig. 2 Relation between signal-to-Noise, oversampling ratio and multi-level order of modulation

地球物理专用24位模数转换器

- 由于地震数据采集系统对分辨率和畸变指标要求极高，仅有几家半导体制造厂家推出了他们的商品化芯片来供地球物理仪器制造公司来构成各自的24位模数转换器。

Cirrus (crystal) 半导体公司

- 美国的crystal半导体公司90年左右最先推出了CS5324模数转换器芯片, 芯片包括数字调制器和第一级FIR(有限量脉冲响应)数字抽值滤波器, 这是一种单片CMOS芯片, 120db 500Hz过采样转换模数转换器, 其中 $\Delta-\Sigma$ 调制器为四阶过采样调制器, 这是一位量化器过采样比率为256, 芯片内数字抽值滤波器为线性相位FIR数字滤波器, 进行8抽1, 传递函数为四阶 $\sin x/x$ 。调制器中的积分器需外部分离元件调准参考源为电流源型。I/O公司用CS5324芯片首先推出了号称24位模数转换的系统II遥测地震仪, I/O公司采用Motorola 56001位定点数字信号处理(DSP)芯片进行随后的数字抽值滤波器。

Cs 5323/5322套件

- 随后Crystal半导体公司在92年左右又推出CS5323/CS5322 套片,构成完整的24位模数转换器,CS5323也是四阶数字调制器,但设计上比CS5324有改进,CS5324只能对500Hz频带内信号进行足够分辨率的模数转换,CS5323可以对直流到1500Hz频带内信号进行高分辨率模数转换。CS5322为多级线性相位FIR滤波器,抽值率为64X到4096X可实现从0.25ms到16ms的地震信号采样率。OPSEIS, TELESEIS均采用这种套片实现其24位模数转换器。

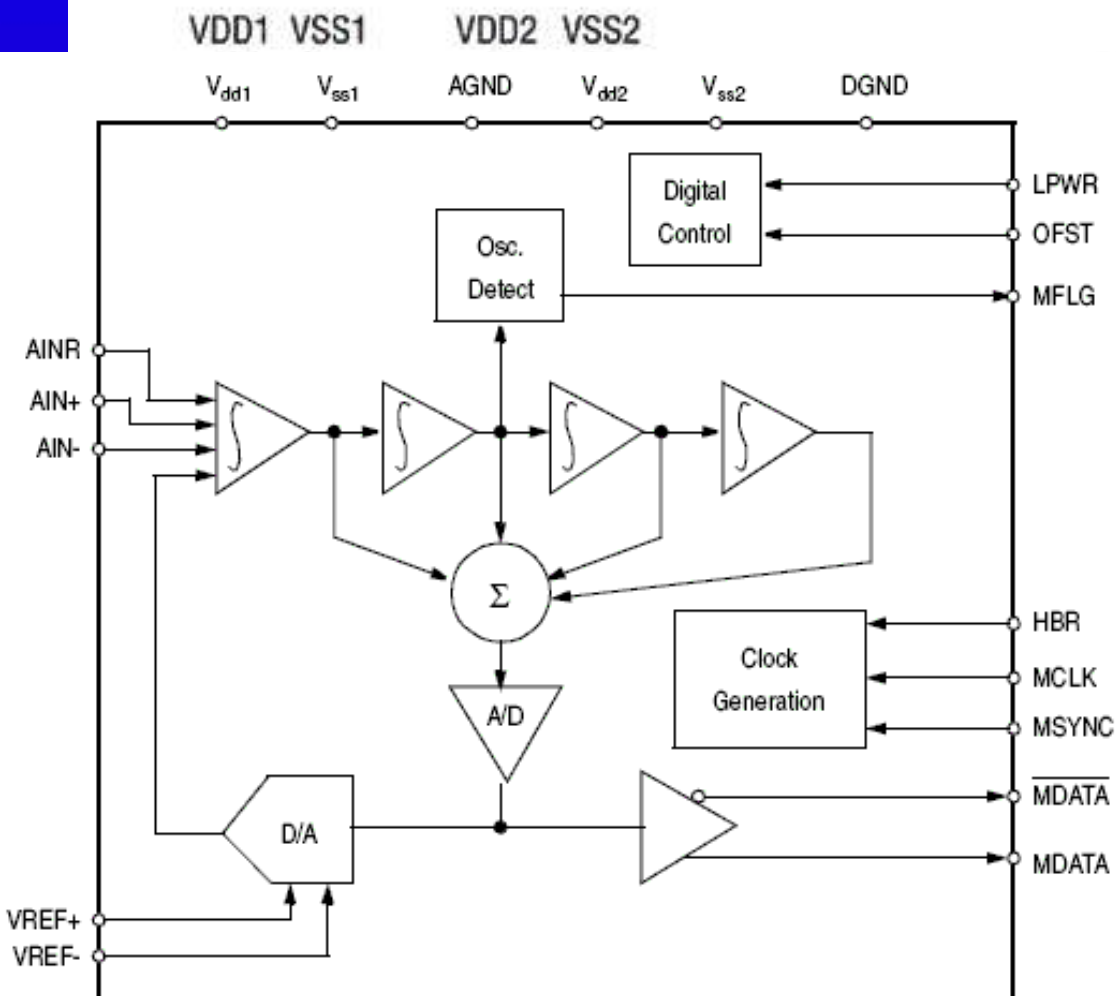
Cs5321/5322套件

- Crystal半导体公司在93年又推出了CS5321 芯片，虽然 CS5321也是四阶调制器，但克服了CS5323芯片对时钟抖动要求苛刻和漂移大等缺点。CS5321调制器采用电压参考源。另外温度性能优于 CS5323，工作温度范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 。较晚推出的遥测地震仪 Poliseis、ARAM24、GDAP4, δ vision均采用这种芯片。

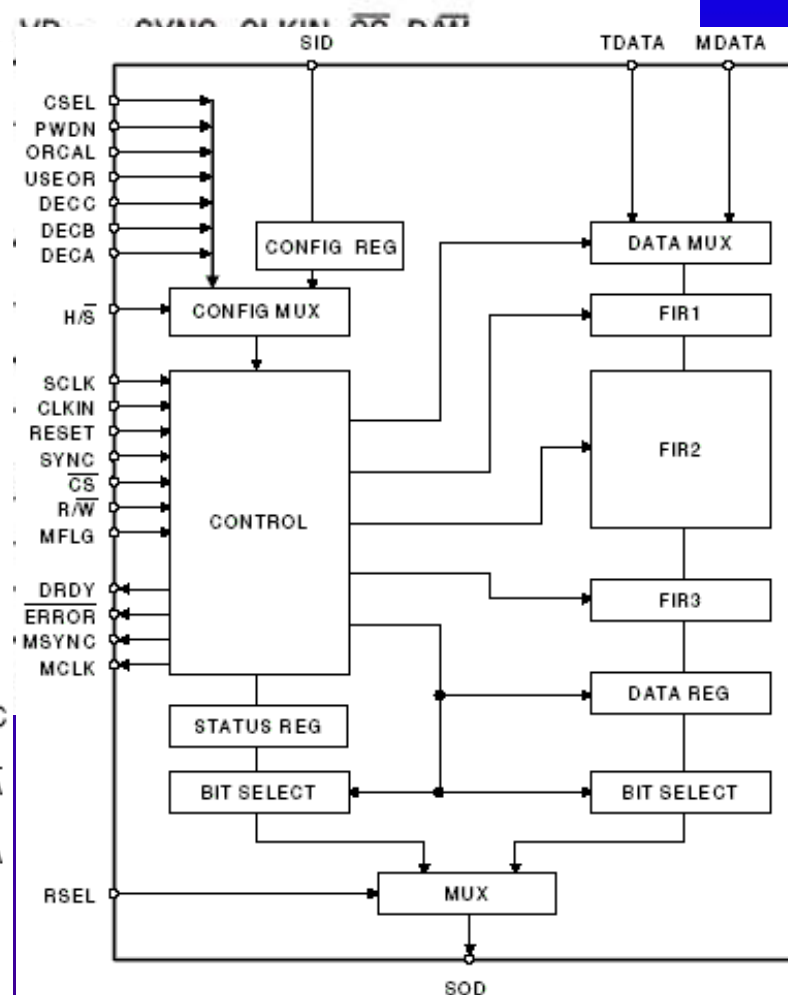
典型 Σ - Δ 型ADC

典型 Σ - Δ 型ADC

CS5321



CS5322



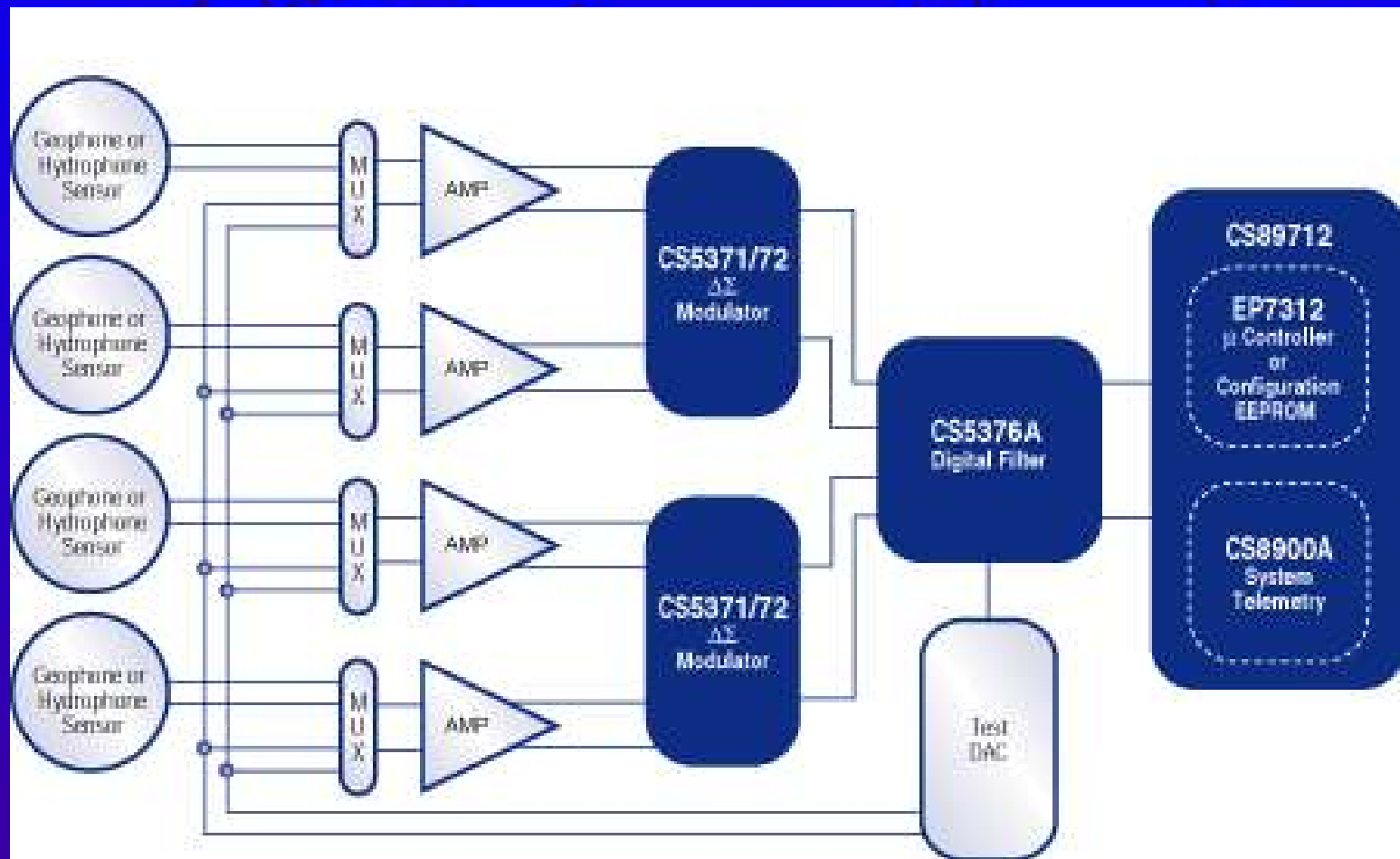
24位芯片供应可选

- 然而并不是Crystal半导体公司一家垄断了24位芯片供应。美国Analog device半导体公司, THALER公司和Chesapeake Sciences, TI (B. B) 公司也推出各类24位模数、数模转换器, 型号为AD-200, dsm-501等

固定增益放大器简化信号调理

- 目前24位模数转换器的地震数据采集系统大多数对检波器输入的模拟信号仅采用固定增益放大器全频率恒定一致放大后便进行数字化,取消了一切模拟信号滤波和调整措施,一切提高分辨率和采集高频有用信息的重担全都指望 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器和随后的数字处理了。

Cirrus 推出新套件



地震数据传输

- 遥测地震数据采集系统的一个主要的高技术领域便是数据传送。为了把采集站采集的数据传回接收站，数据传送便分为两大类：有线和无线。有线数据传送采用5类、7类等标准的双绞线、同轴电缆、光导纤维等传输介质；无线数据传输则采用各种频段的无线电波作为传输媒体，通常采用60MHz—400MHz频段内的窄带或宽带调频电台。当然也可以采用900MHz，1800MHz的手机频段、2.4GHz、5.7GHz的ISM扩频跳频技术频段以及通过卫星转发的介于上述二频率之间的频段等。

有线数传位速率

- 有线数传位速率对于实时传输数据的采集系统来说是项关键的技术指标，它决定了采集系统的单线道容量。I/O 公司 system II， system 2000 所用的是把命令线和数据线分开的非环路结构有线数传。
- 单线道容量参数为：
 - TR: 数传位速率
 - SR: 采样率
 - Ln: 数据线对数
 - Bn: 每数据子样位数

有线数据传输收发器和编码设计

- 有线数据传输的关键是应用收发器芯片和编码设计。半导体制造厂商提供了各种新型收发器设计产品在芯片中采用锁频锁相环电路 (FPLL) 进行时钟恢复, 线接受器从 AMI 码 (双极性码) 提取时钟和同步数据。为提高数传质量, 降低误码率、数据编码、译码在数传线路中也是很重要的一部分, 编码常常采用 AMI、B8ZS、HDB3、Manchester 等类型码。衰减时钟抖动和弹性存储器等新技术也大大提高了电缆数传质量。

无线数据传输

- 至于无线数据传输可以简而化之地以 BOX 系统为例，BOX 无线遥测系统是现有的最先进的无线遥测仪。采用频率合成方式，频率范围为 214-234 MHz，传输方式为 16 QAM 和 QPSK 调制方式。控制命令信号采用 4 态 QPSK 调制技术传输，速率为 9.6 Kb/s。采集地震数据的传输则采用 16QAM 和 QPSK 调制技术，采用 16 QAM 调制技术的数据传输率可达 60 Kb/s，占用 20 KHz 带宽。但传输速率高又导致传输距离和信噪比相应的降低，所以采用 16 QAM 调制技术最大传输距离为 10 KM 左右，相辅相成的 QPSK 调制技术虽然传输速率低，但传输距离相应加大，信噪比也随之增加，克服了传输过程中的丢码漏码现象，

地震数据无线传输的前景

- 然而当看到 2000 年之后的新世纪全球化无线通讯系统技术的惊人发展时，我们忍不住地要探讨一下地震数据无线传输的前景。在手机、移动通讯、无线上网这个巨大商机推动下，宽频 CDMA (W-CDMA) 码分多址第三代流动通讯技术应运而生，并将有可能成为统一的手机制式，基于宽频的极迅速兼容量大的传输速率允许手机快速上网，可以传声又传图象。其制式和技术包括 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)，GPRS (General Packet Radio Service)，EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution)，UMTS (Universal Mobile Telephone System)，从而构成全球流动通讯系统，令全球制式一体化，传输数据速率可达 100Kb/s，与 GPRS 结合后可提升至 384Kb/s，甚至 2000Kb/s。

网络遥测技术

网络遥测技术

LAN (CLAN和WLAN) 成功地应用于地震。

仪器中所应用的LAN主要包括OSI体系结构中的前面四层

- 第一层物理层: 实现采集站间的相互连接。
- 第二层数据链路层: 负责在两个相邻节点间无差错地传送以帧为单位的数据。
- 第三层网络层: 选择合适的路由和交换结点, 实现网络的寻址。
- 第四层传输层: 主要任务是根据通讯子网的特性最佳地利用网络资源, 以可靠和经济的方式为两个端系统的会话层建立一条运输连接。在地震仪器中这一层是对网路层上接收或发出的信息进行多路编排或解编

同步通讯和异步通讯

408在大线上采用了同步通讯和异步通讯2种通讯级别。

高级协议: 网络节点之间的通讯。 包括命令/参数/状态和采集数据

低级协议: 采集节点和缓冲间的连接, 双向传输位流数据
(每帧64组, 每帧长1024bytes-1ms的数据, 数率8Mb/S)

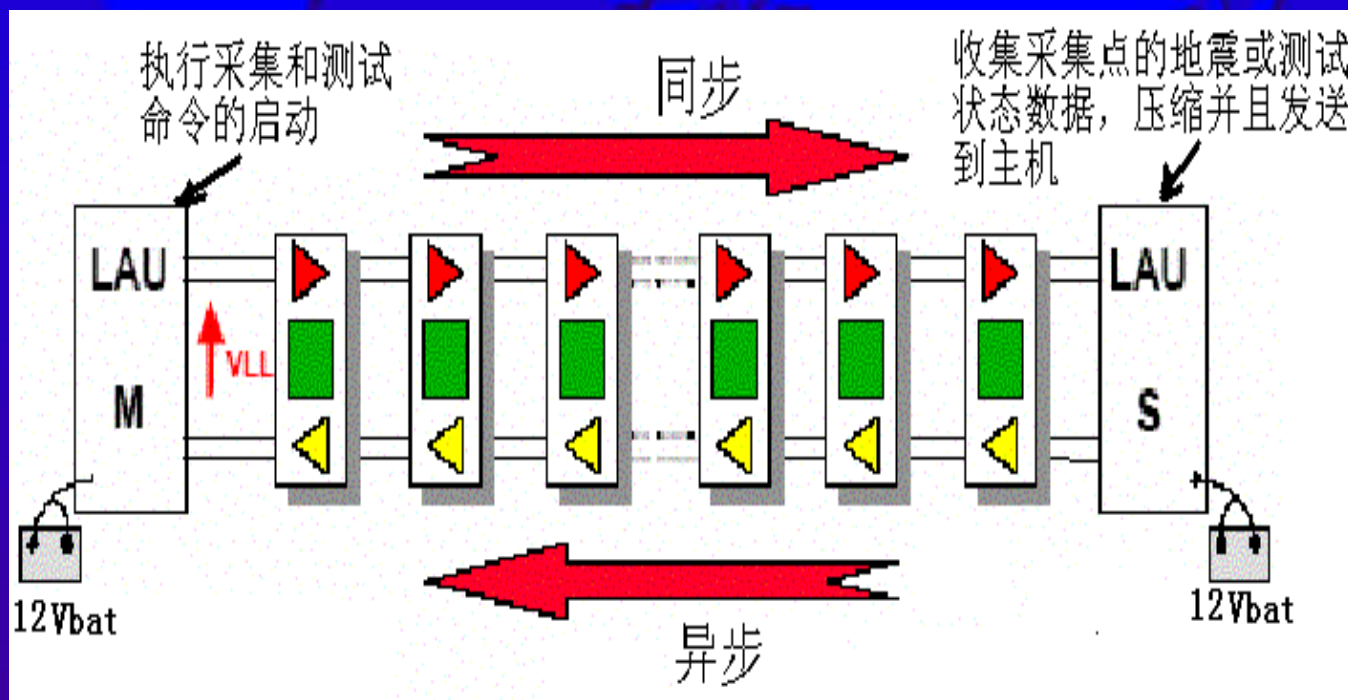


图3 408仪器大线采用两种通讯方式示意图

多进制数字调制技术

无线仪器采用的传输技术 - 多进制数字调制技术

名词解释：多进制数字调制中，可能发送的符号有 m 种，根据载波的幅度、频率或相位情况分别称为：

- m 进制的幅度键控（MASK）、
- m 进制的频移键控（MFSK）
- m 进制的相移键控（MPSK）；
- 也可以把其中的两个参数组合起来调制。例如把幅度和相位结合起来得到 m 进制的幅相键控（MAPK）或它的特殊形式 m 进制正交幅度调制（MQAM）等。

BOX 系统

BOX 系统，

- 采用频率合成：VHF 214MHz ~ 234MHz
- 传输方式为16QAM和QPSK调制方式
命令：4态QPSK、9.6kb/s。
采集数据的传输：16QAM 和 QPSK 调制技术。
- 采用16QAM时：数传率约为60kb/s，占20kHz带宽。
最大传输距离10km左右。速率高导致距离和信噪比相应降低
- 采用QPSK时：数传率相应低，但可相应加大传输距离，提高信噪比，可以在施工环境比较复杂的地区使用。

无线局域网 (WLAN)

无线局域网 (Wireless Local Area Networks WLAN)

- 无线网络定义及主要应用场合：无线；短距离区域。
- 安全性：发射功率约60-70mW较安全(手机200mW)
- 覆盖的范围：视环境的开放与否而定。
不加外接天线：开放250M，半开放性空间：35 - 50M，
加上外接天线，距离稍远，视天线本身之增益而定。
对于AP接入点，开放空间最大300米，速率达11Mbps，
- ISM频率段，2.4000-2.4835GHz， <1W下无需授权
- 干扰问题：主要来自自身的多路径干扰、信号跟踪时出现的抖动干扰、无线电话、蓝牙器件及其他的非802.11器件共享频谱的工业干扰(例如微波炉)。



无线扩频技术

3.5 无线扩频技术

- 无线局域网络调制技术可分三大类：窄频微波技术、扩频技术、及红外线技术。
- 扩频技术：在无线电频率的宽频带上发送传输信号。适应高数率和低误码率、安全和抗干扰通讯。频率范围902M-928MHz及2.4G-2.484GHz两个频段。无需授权
- 扩频技术主要又分为跳频扩频(FHSS)及直序扩频(DSSS)两种。无线局域网络在性能和能力上的差异，主要是取决于是否采用FHSS还是DSSS、以及所采用的调变方式

调变方式的选择

- 调变方式的选择:

DSSS由于采用全频带传送资料,速度较快。在需要最佳可靠性的应用中具有较佳的优势,并且适用于固定、或对传输品质要求较高的应用环境中。

FHSS则大都使用于需快速移动的端点,如行动电话、蓝芽装置。FHSS技术在需要低成本的应用中较占优势。

	DSSS	FHSS
展频特性	将原信号“1”或“0”利用10个以上的片代表“1”或“0”,使得原来较高功率,较窄频率变成具有较宽频的低功率。	同步,同时接受两端以特定型式的窄频载波来传送讯号。 对于一个非特定的接收器, FHSS所产生的跳动讯号对它而言,只能算是脉冲噪声而已。
调变差异	PSK, DBPSK, DQPSK	GFSK
抗噪声能力	DSSS之DQPSK调变方式是用线性放大器组成,其作用范围和抗噪声能力效果佳。	FHSS之FSK调变方式架构简单,采用非线性功率放大器组成
差异性	High Speed Long Distance Easy Integration 适用于较固定环境中使用作用范围较大	Low Speed Short Range Carrier Data Voice Better Security

802.11b 协议

802.11b 协议

- 1997.6公布，一种无线通信协议，属短距离无线。工作在ISM开放频段。
- 使用载波检测多址连接(CSMA/CA)作为路径共享协议
- 在动态速率转换(频道的多传输路径与符码间干扰)、漫游支持、负载均衡(接收信号强度)、自动速率选择功能(频道噪声)、电源消耗管理功能、保密功能、CSMA/CA协议、信息包重整(封包错误率)等有明确规定
- 微软推出的桌面操作系统Windows XP和嵌入式操作系统Windows CE，都包含了对Wi-Fi的支持。

多个Wi-Fi共存

- 多个Wi-Fi网络在ISM频带共存的方法：避免使用已为其它装置占用的频率。

802.11b信号20dB频宽很容易达到16 MHz，多部装置在同地区会造成的相邻频道发生干扰

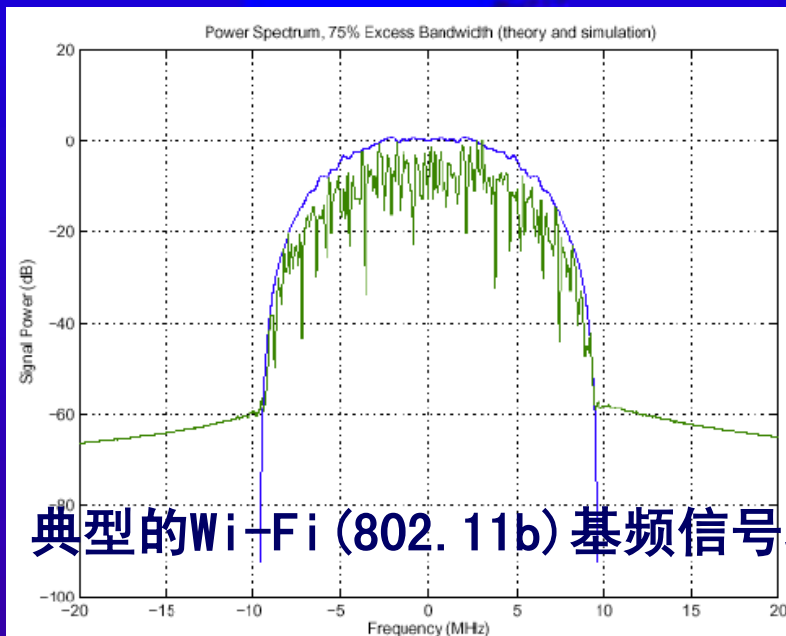
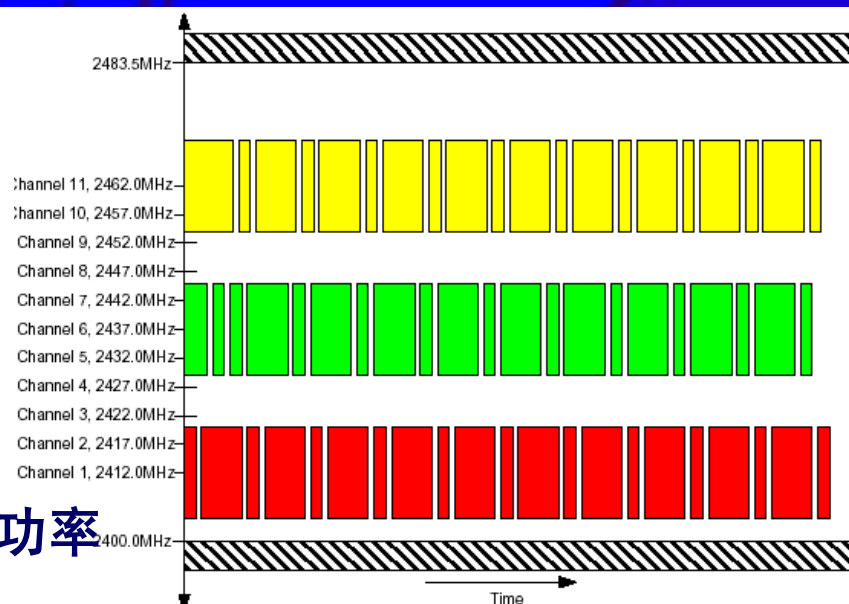


Figure 1-1 Typical Wi-Fi (IEEE 802.11b) Baseband Signal Power



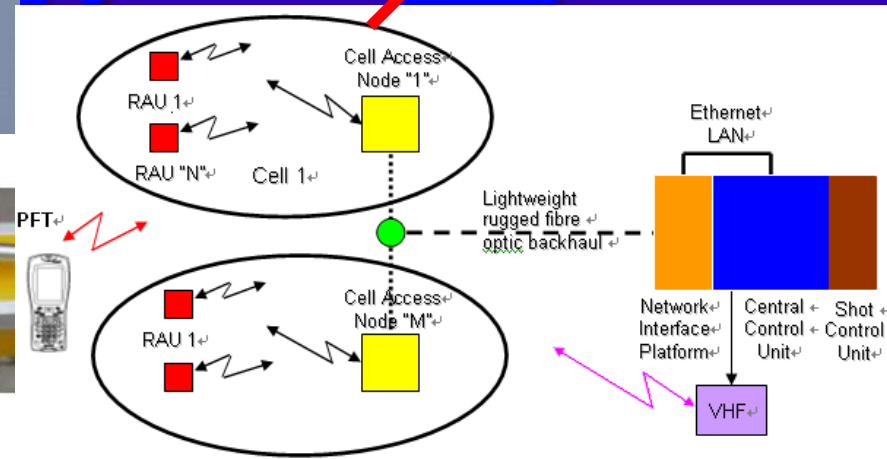
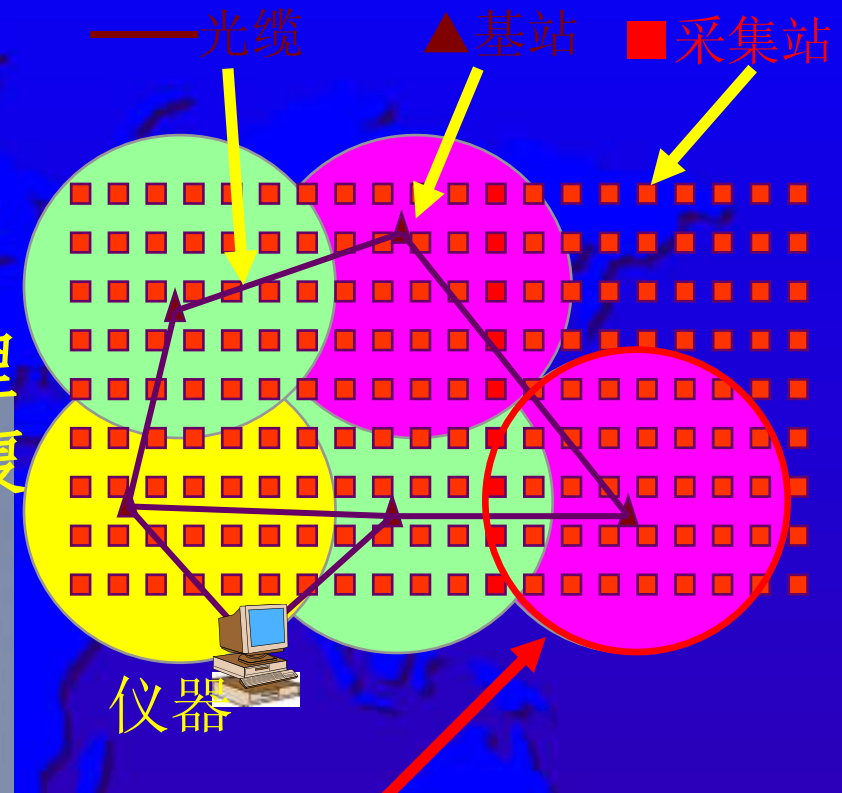
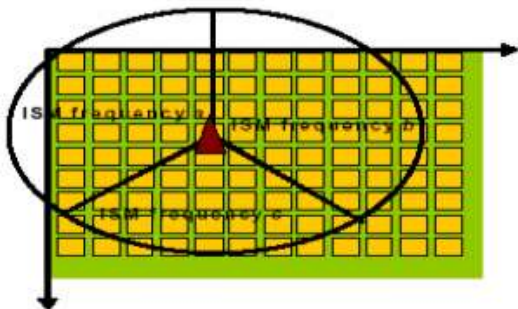
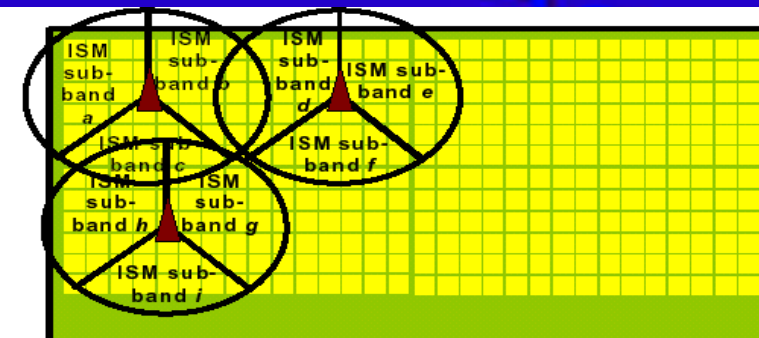
三个Wi-Fi网络的频率使用范例

在同地点的三个网络分别使用1、6和11频道，约占ISM频带的 $(3 \times 16\text{MHz}) = 48\text{MHz}$ 。从而避免彼此相互干扰，

蜂窝无线原理

Vibtech-it:

- 将工区划分成若干小蜂窝
- 采用ISM频段、802.11b和802.3协议、DSSS调制
- 120°扇面天线、蜂窝无线原理（短距离无线传输和频率的重复使用）



地震数据采集系统遥测方式

- 地震数据采集系统的另一个概念则是遥测的方式。任何一个系统都需要控制，任何一个分布式系统都需要中央控制，而范围大、距离远的系统则需要遥测。地震数据采集系统自然也不例外。遥测可通过有线或无线，控制采集和遥爆或可控震源同步等。

卫星测时测距导航/全球定位系统

- 在九十年代中期出现的一项令世人瞩目的高新技术可以作为选择，这就是 GPS。1973 年 12 月，美国国防部批准它的陆海空三军联合研制新的卫星导航系统 NAVSTAR/GPS。它是英文“Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System”的缩写词，其意为“卫星测时测距导航/全球定位系统”。该系统是以卫星为基础的无线导航定位系统，具有全能性（陆地、海洋、航空、航天）、全球性、全天候、连续性和实时性的导航、定位和定时的功能，能为各类用户提供精密的三维坐标、速度和时间。

美国GPS 系统

- 自 1974 年以来，GPS 计划经历了方案论证、系统论证和生产实验三个阶段，直到 1993 年完成时，先后共 20 年，总投资超过 200 亿美元。美国建成的 GPS 系统，共有 21 颗工作卫星和 3 颗备用卫星，卫星轨道面个数为 6，卫星高度为 20200 公里，轨道倾角为 55 度，卫星绕地球一圈的运行周期为 11 小时 58 分（恒星为 12 小时），载波频率为 1575.42MHz 和 1227.69MHz，卫星通过天顶时，卫星可见时间为 5 小时，在地球表面上任何地点任何时刻，在高角度 15 度以上，平均可同时观测到 6 颗卫星，最多可达 9 颗卫星。

GPS 工作卫星

- GPS 工作卫星的在轨重量为 843.68 公斤，其设计寿命为七年半。当卫星入轨后，星内机件靠太阳能电池和镉镍蓄电池供电。每个卫星有一个推力系统，以便使卫星轨道保持在适当位置。GPS 卫星通过 12 根螺旋型天线阵列发射张角大约为 30 度的天磁波束，覆盖卫星的可见地面。卫星姿态调整采用三轴稳定方式，由四个斜装惯性轮和喷气控制装置构成三轴稳定系统，以保证螺旋天线阵列所辐射的电磁波束对准地面。

俄罗斯的全球导航卫星系统

- 俄罗斯的全球导航卫星系统称为 **GLONASS**，前苏联起步晚几年，于 **1982** 年 **10** 月 **12** 日发射了第一颗 **GLONASS** 卫星。随后十三年内虽然出现了苏联解体，但始终没有中断 **GLONASS** 卫星的发射。到 **1995** 年完成了 **24** 颗工作卫星加 **1** 颗备用卫星的布局，于 **1996** 年整个系统正常运行。俄罗斯 **GLONASS** 卫星座的轨道为三个等间隔椭圆轨道，轨道面夹角为 **120** 度，轨道倾角 **64.8** 度，轨道的偏心率为 **0.01**，每个轨道上等间隔地分布 **8** 颗卫星，卫星离地面 **19100** 公里，绕地球运行周期约 **11** 小时 **12** 分，地迹重复周期 **8** 天，轴道同步周期 **17** 圈。

西欧筹建的 NAVSAT 导航卫星系统

- 由于 GLONASS 卫星轨道倾角大于 GPS 卫星轨道的倾角，所以在高纬度（50 度以上），也就是俄罗斯本土的可视性较好。GLONASS 卫星载波频率 1602 ~ 1616 MHz（供军民两用）和 1246 ~ 1256 MHz（供军用）。
- GPS 和 GLONASS 主要是为军事应用建立的卫星导航系统，西欧空间区（ESA）筹建的 NAVSAT 导航卫星系统则是民用导航系统。NAVSAT 系统采用 6 颗地球同步卫星（GEO）和 12 颗高椭圆轨道卫星（HEO）组成混合卫星星座。

全天候实时导航和定位

- 12 颗 HE0 卫星均匀地分布在 6 个轨道平面内，6 颗 GEO 卫星同处于一个轨道平面内，地面上任何一点任何时间至少可以见到 4 颗 NACSAT 卫星，达到全天候实时导航和定位。

国际海事民航组织筹建 GNSS

- 为了打破一两个国家独霸全球导航系统的被动局面，国际海事卫星组织在 1996 年建立了 INMARSAT 系统，国际民航组织也在筹建 GNSS。GNSS 将拥有 30 颗中高圆轨道卫星（ICO）和 6~8 颗双用静止卫星，不仅能提供导航定位功能，还能同时具有卫星移动通讯的能力。

我国自己的卫星导航系统

- 我国已建成了北京、武汉、上海、西安、拉萨、乌鲁木齐等 GPS 跟踪站，进行对 GPS 卫星的精度定轨，为高精度的 GPS 定位测量提供观测数据和精密星历服务，致力于我国自主的广域差分 GPS（WADGPS）系统，并参与全球导航卫星系统（GNSS）和 GPS 增强系统（WASS）的建设。我国自己的卫星导航系统（双星定位系统）进展顺利，目前已发射了四颗卫星，称为北斗系统。

GPS 卫星的核心部件

- GPS 卫星的核心部件是高精度时钟、导航电文存储器、双频发射接收机以及微处理机。GPS 定位成功的关键在于高稳定的频率标准。为此，每颗 GPS 工作卫星一般安设两台铯原子钟和两台铷原子钟，并计划采用更稳定的氢原子钟（频率稳定度优于 10^{-10} ）。

GPS 接收机

- 目前各种类型的 GPS 接收机体积越来越小，重量越来越轻，价格越来越便宜。1 寸见方的体积，用于采集站中授时授位是一种很好的选择。当然采集站中还应具有本地精确时钟系统，一般采用 10 精度晶体，并采用误差不超过 1 微秒的卫星时钟同步校正。在收不到 GPS 时也可以正常工作，并可以在随后用 GPS 时钟测钟差进行校正，以保证采样率级的精确计时。采用 GPS 进行采集站和炮点爆炸机或可控震源系统彼此之间同步，切实可行，而且经济实惠。

GPS在地球物理中起重要作用

- 将 GPS 的精确定位、高程数据伴同时间信息注入到所采集的地震数据头段中，便可引出数据回收、转录以至抽道集之类的预处理的新思路，在不规则三维或四维勘探中将会起重要作用。

GPS同步

- GPS同步：用GPS时钟作参考信号。设备相对独立。
- 安装了原子钟的卫星星座。向地面发射两个波段的载波信号(1575.442MHz-L1和1227.6MHz-L2)
- GPS接收机接收GPS卫星所发送的载波信号解译出导航电文，实时计算出测站的三维位置、速度和时间。
- 授时用的GPS接收机定位后，会输出精度保障的秒脉冲PPS信号。秒脉冲宽度可以20ms为间隔在20ms-980ms之间设置。授时准确至纳秒级，广泛用于天文台及无线电通讯中时间同步。

GPS时钟同步技术

GPS时钟同步技术

- GPS同步：用GPS时钟作参考信号。设备相对独立。
- 安装了原子钟的卫星星座。向地面发射两个波段的载波信号(1575.442MHz-L1和1227.6MHz-L2)
- GPS接收机接收GPS卫星所发送的载波信号解译出导航电文，实时计算出测站的三维位置、速度和时间。
- 授时用的GPS接收机定位后，会输出精度保障的秒脉冲PPS信号。秒脉冲宽度可以20ms为间隔在20ms-980ms之间设置。授时准确至纳秒级，广泛用于天文台及无线电通讯中时间同步。

移动通信技术应用广阔前景

- 如果说，对在野外地震数据采集系统运用移动通信技术表示怀疑或普遍还觉得遥远的话，那么在数据处理中心之间租用中国电信卫星频段和主干光纤网传递大量地震数据已经是事实了。新世纪到来之后全球化无线通讯系统技术的惊人发展，给野外地震数据无线传输开辟了广阔前景。

移动通讯、无线网

- 在手机、移动通讯、无线上网这个巨大需求推动下，宽频 CDMA (W-CDMA) 码分多址第三代 (3G) 流动通讯技术发展迅速，并将有可能成为统一的手机制式。其制式和技术包括 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution), UMTS (Universal Mobile Telephone System) 等，从而构成全球流动通讯系统。至于第四代移动通信系统 (4G) 则在技术规格制定时便是一种多功能的宽带移动通讯系统，可称为广带介入和分布网络，数据率可提高到 100Mb/s,

- 在容量方面可在 CDMA 基础上引入空分多址 (SDMA)，容量达到第三代的 5~10 倍，可以在任何地方宽带接入互联网，包含卫星通信，能够提供信息通信之外的定位定时、数据采集、远程控制等综合功能，其技术核心为正交频分复用 (OFDM)。我国在 4 G 领域也发展得很快。汉网宽带无线 IP 通信系统可以 2Mbps 的速率投入市场。目前无线局域网技术可能会更易于实现采集站、回收器和转录系统之间的数据传输。当然应该根据环境和传输限制考虑现场存储介质传递和无线传输共存方案。

- 不同频段（400MHz ~ 2.4GHz）的无线局域网产品性能价格比不断提高，针对无线网应用的 WI-FI/IEEE802.11b 物理层的技术方案层出不穷。目前最高传输速率可达 22Mbps，大大高于以往无线遥测地震仪的传输速率，有些厂家已将所有射频和基带功能集中到单一芯片中，大幅降低无线局域网开发生产的成本。使用通用计算机及网络产品组成系统实现野外地震数据采集的无线传输既可以简化开发研制过程，又可以大大降低费用。

- 不同频段（400MHz ~ 2.4GHz）的无线局域网产品性能价格比不断提高，针对无线网应用的 WI-FI/IEEE802.11b 物理层的技术方案层出不穷。目前最高传输速率可达 22Mbps，大大高于以往无线遥测地震仪的传输速率，有些厂家已将所有射频和基带功能集中到单一芯片中，大幅降低无线局域网开发生产的成本。使用通用计算机及网络产品组成系统实现野外地震数据采集的无线传输既可以简化开发研制过程，又可以大大降低费用。

无线局域网

无线局域网 (Wireless Local Area Networks WLAN)

- 无线网络定义及主要应用场合：无线；短距离区域。
- 安全性：发射功率约60-70mW较安全(手机200mW)
- 覆盖的范围：视环境的开放与否而定。
不加外接天线：开放250M，半开放性空间：35 - 50M，
加上外接天线，距离稍远，视天线本身之增益而定。
对于AP接入点，开放空间最大300米，速率达11Mbps，
- ISM频率段，2.4000-2.4835GHz， <1W下无需授权
- 干扰问题：主要来自自身的多路径干扰、信号跟踪时出现的抖动干扰、无线电话、蓝牙器件及其他的非802.11器件共享频谱的工业干扰(例如微波炉)。



调变方式的选择:

• 调变方式的选择:

DSSS由于采用全频带传送资料, 速度较快。在需要最佳可靠性的应用中具有较佳的优势, 并且适用于固定、或对传输品质要求较高的应用环境中。

FHSS则大都使用于需快速移动的端点, 如行动电话、蓝芽装置。FHSS技术在需要低成本的应用中较占优势。

	DSSS	FHSS
展频特性	将原信号 “1” 或 “0” 利用10个以上的片代表 “1” 或 “0”, 使得原来较高功率, 较窄频率变成具有较宽频的低功率。	同步, 同时接受两端以特定型式的窄频载波来传送讯号。 对于一个非特定的接收器, FHSS所产生的跳动讯号对它而言, 只能算是脉冲噪声而已。
调变差异	PSK, DBPSK, DQPSK	GFSK
抗噪声能力	DSSS之DQPSK调变方式是用线性放大器组成, 其作用范围和抗噪声能力效果佳。	FHSS之FSK调变方式架构简单, 采用非线性功率放大器组成
差异性	High Speed Long Distance Easy Integration 适用于较固定环境中使用作用范围较大	Low Speed Short Range Carrier Data Voice Better Security

无线扩频技术

无线扩频技术

- 无线局域网络调制技术可分三大类：窄频微波技术、扩频技术、及红外线技术。
- 扩频技术：在无线电频率的宽频带上发送传输信号。适应高数率和低误码率、安全和抗干扰通讯。频率范围902M-928MHz及2.4G-2.484GHz两个频段。无需授权
- 扩频技术主要又分为跳频扩频(FHSS)及直序扩频(DSSS)两种。无线局域网络在性能和能力上的差异，主要是取决于是否采用FHSS还是DSSS、以及所采用的调变方式

802.11b 协议

802.11b 协议

- 1997.6公布，一种无线通信协议，属短距离无线。工作在ISM开放频段。
- 使用载波检测多址连接 (CSMA/CA) 作为路径共享协议
- 在动态速率转换(频道的多传输路径与符码间干扰)、漫游支持、负载均衡(接收信号强度)、自动速率选择功能(频道噪声)、电源消耗管理功能、保密功能、CSMA/CA协议、信息包重整(封包错误率)等有明确规定
- 微软推出的桌面操作系统Windows XP和嵌入式操作系统Windows CE，都包含了对Wi-Fi的支持。

多个Wi-Fi网络

- 多个Wi-Fi网络在ISM频带共存的方法：避免使用已为其它装置占用的频率。

802.11b信号20dB频宽很容易达到16 MHz，多部装置在同地区会造成的相邻频道发生干扰

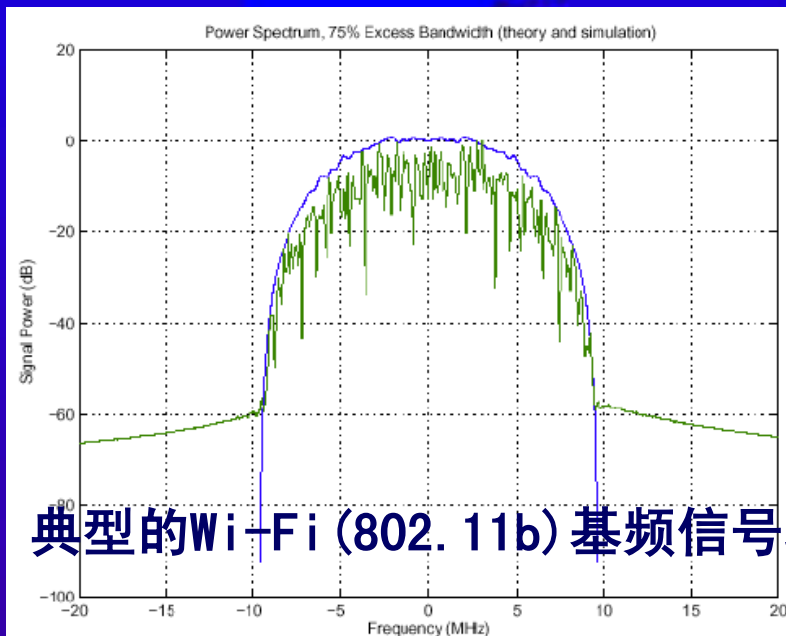
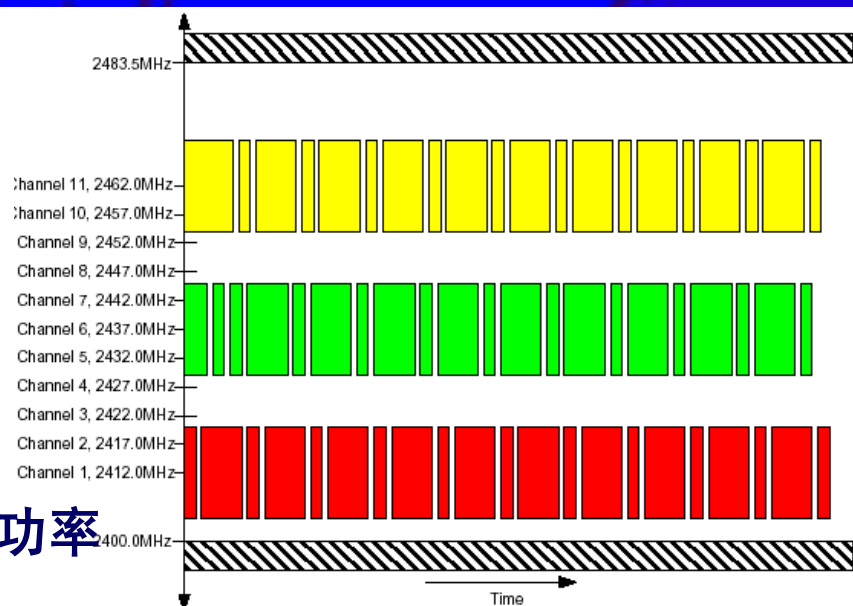


Figure 1-1 Typical Wi-Fi (IEEE 802.11b) Baseband Signal Power



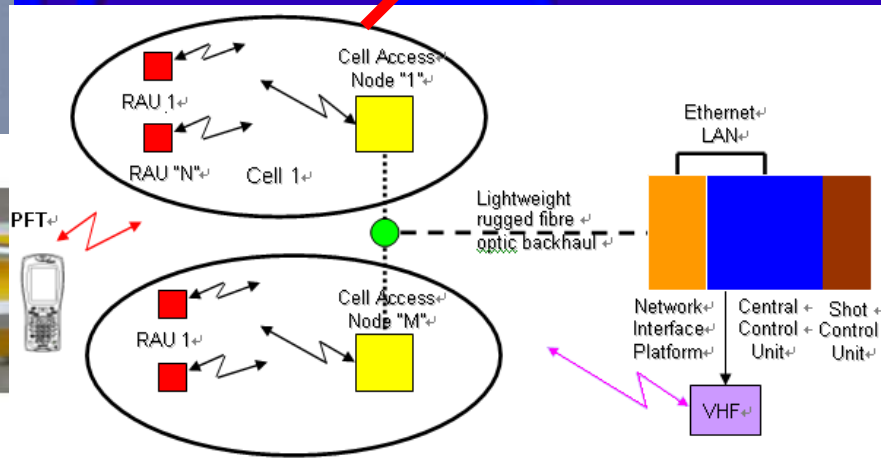
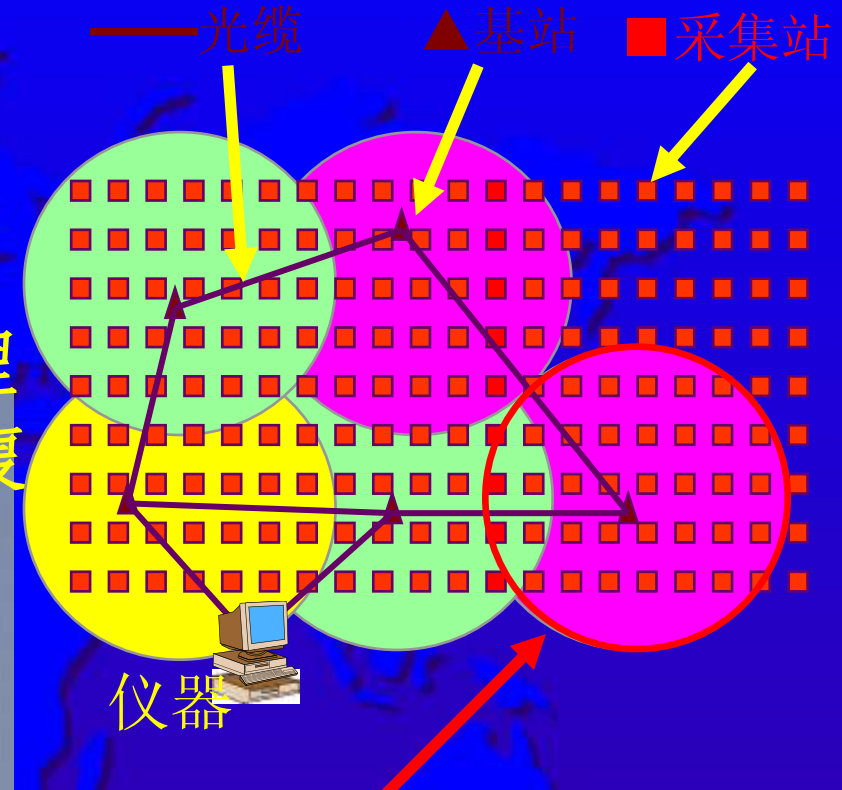
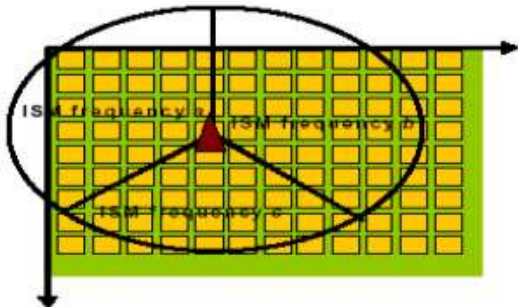
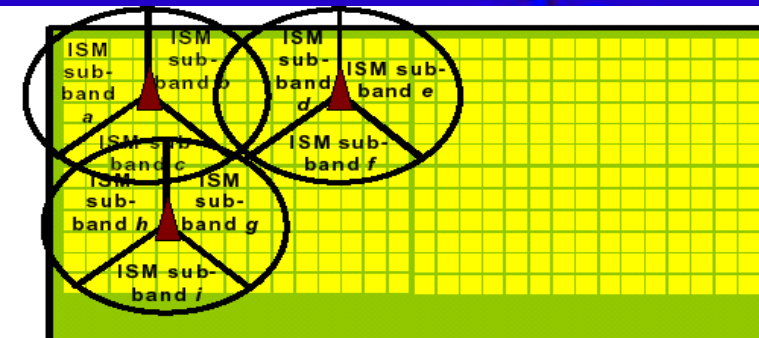
三个Wi-Fi网络的频率使用范例

在同地点的三个网络分别使用1、6和11频道，约占ISM频带的 $(3 \times 16\text{MHz}) = 48\text{MHz}$ 。从而避免彼此相互干扰，

蜂窝无线原理

Vibtech-it:

- 将工区划分成若干小蜂窝
- 采用ISM频段、802.11b和802.3协议、DSSS调制
- 120°扇面天线、蜂窝无线原理（短距离无线传输和频率的重复使用）



GPS授时仪

GPS授时仪

JGI: MD-2000

BGP: 3S - 1

VIBTECH: Vibtech-it

地震仪器应用技术分析

地震仪器应用技术分析

- ✓ 特点是：所有仪器电性能指标并无多大差别，差别仅在其应用的技术对环境的适应性和灵活性。
- ✓ 使用单一技术面临的问题：道数的增加后，
 - 有线系统：电缆、接插件使勘探成本增高、稳定性降低
 - VHF无线数传系统：价格高、天线笨、频率资源缺乏
 - 网络技术方面：
 - CLAN受到硬线连接和传输距离的限制
 - WLAN在传输距离和抗感应能力等方面尽如人意


地震仪器的发展趋势展望

- ✓ 勘探的发展：复杂地区、构造-岩性勘探性质
- ✓ 未来勘探需求：高保真度、宽频带导致大道数、高采样率、小道距、小线距、高性能多分量、全方位采集
- ✓ 对未来仪器的需求：
简单、轻便、低功耗、环保、适应性强、施工效益高
- ✓ 实现途径：无线网络和有线网络的有机集成；电子、通讯、制造等技术以及新材料新工艺的应用和集成。

地震仪器的发展趋势展望

未来仪器的特点：

- ✓ 系统控制和数据采集实施网络传输管理；
- ✓ 配备自动定位装置而可任意布放排列；
- ✓ 集传感、定位、采集、传输于一体；
- ✓ 高度智能和自动化；
- ✓ 无固定模式的有线与无线完全兼容的自由组合系统。



谢谢!