

UNICORN 超声波 C-Max 信号处理系统

C-MAX

High Performance Electronics
for Ultrasonic Testing
超声检测高性能处理系统

如有疑问以英文版为准

内 容

1. 概述
2. 超声波电路板
3. 现场控制板
4. 系统机架
5. PC 接口板
6. A-扫描数字化电路
7. 软件
8. 计算机
9. 诊断
10. MMI (Man Machine Interface) 人机接口
11. 安装系统
12. 技术规格



中国区代表 龚 激
成都市二环路南三段 25 号 9-6-02 单元
邮编:610017
电话: ++86 (0) 28 85908394 传真:
手机: 13518196121
电子邮件: gongwei65@yahoo.com.cn

1. 概述

C-MAX 信号处理插件是一高性能超声波发生和回波处理系统，其设计满足自动检测应用的广泛需要。针对工业用户，采用欧洲双面电路板（一种欧洲技术标准的印刷电路板）安装在 19 英寸机架内。所有的设计工作，包括模拟和数字电路设计，印刷电路板布置，可编程芯片设计和人机接口

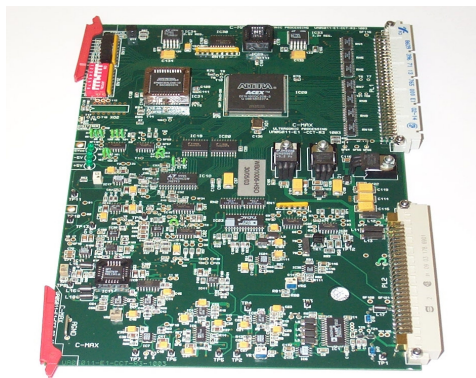
(MMI) 应用软件，完全由 UNICORN 自主完成。C-MAX 采用多通道运行优化设计，能在不降低单通道性能的前提下系统支持多于 128 个通道。如：所有通道都能以最大重复频率 30KHz 运行而不相互干扰。不

仅每个通道都有复杂回波分析和数据处理的能力，而且采用了许多自动功能，如自动标定和故障诊断来设计人机界面，以降低学习使用的难度。MMI 采用与工业计算机兼容的 Microsoft Windows 操作系统，Microsoft Windows 操作系统使 C-Max 的控制更直观更易理解。



2. 超声波电路板

C-Max 信号处理系统的主要部分是超声波电路板。其是一种多层印刷电路板（160mm x 220mm 的欧洲双面板）带两个 DIN41612 混合模式工业气密插接头。最新



高密度表面安装技术的使用能使精密的超声处理部件安装在本印刷电路板上。处理器的主要部件是一个有 208 个插针（脚）的 FPGA(现场可编程门阵列电路)芯片，包含十万个门电路。所有的脉冲发生，放大器增益，门位，门限等都由本芯片直接控制。通过 UNICORN 工程师使用 VHDL 语言编程，基于单通道或系统的给定应用，本芯片功能能够

达到很高的用户化水平。该芯片能够在线再编程，不需要将该电路板返回厂家，能很容易实现硬件水平的功能修改。事实上，这种修改可以通过互联网来完成。

模拟电路的设计关键是采用“低噪声”，高线性的方法，以保证进行超声回波的完整分析。这需要高标准的表面安装技术和印刷电路板上接地层的小心使用。主放大器能够满足高分辨率 TVG（时间变化增益）的响应要求。在 FPGA 的控制下，放大器根据指定的特性曲线(大于 1000 点组成的) 在时间间隔小于 50ns 的范围内，能够在 80dB 的全范围内进行调节。这就允许在一个宽的不同的应用范围内进行精确控制，包括用于消除因不同的钢件厚度回波产生衰减差异的距离幅度补偿

(DAC)。但是，事实上一般情况下增益变化少于 50 次，MMI 可协助运行人员允许他自动将增益变化的位置与门的位置对应。如：有一简单系统可进行 3 步增益调节分别对应于耦合监视器门和内部、外部缺陷检测门的位置。

作为超声通道处理器的印刷电路板具有多种用途，即：它既可以用来检测缺陷又可用于测厚。这种选择可直接在主操作显示器上完成。当选定一种用途时，可获得一个基于在压缩波脉冲序列上的连续回波检测的特殊增益处理系统，完整的描述请见 MMI 部分。

3. 现场控制板

每一个交钥匙 C-MAX 系统都包含了相应的自动机械装置，其所有工业自动功能均依赖现场控制板提供。其是一标准的欧洲双面卡板，安装在超声通道的一个插槽内。其与超声波板采用同样的逻辑处理技术，但其设计根据典型的自动超声检测系统的需要包含了范围广泛的传感器和驱动器的信号处理和 控制。这些传感器和驱动器包括：距离编码器，光电元件，接近探测器，水位传感器和流量计，电机速度控制，气动装置，水阀和限位开关等等。传感器和驱动器采用光电隔离通过一个用于输出的相邻电路板和 一个用于输入的 DIN 总线安装模块进行连接。



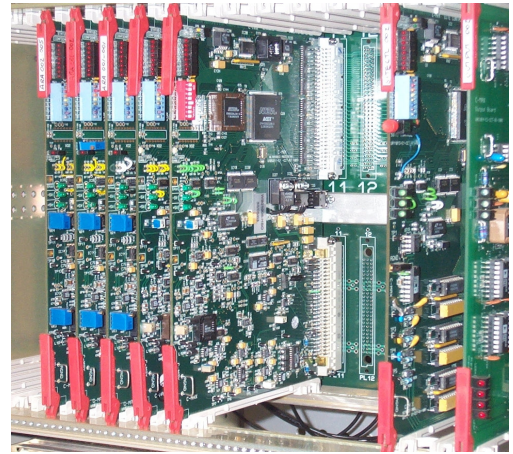
现场控制系统的设计和编程完全由 UNICORN 自主完成。现场控制系统是一标准的限定状态的装置，提供严格控制的运行顺序，本质上与传统的 PLC 系统相似。但其响应速度远高于 PLC 系统，并与允许精密高速扫描和定位的超声波系统进行更紧密的集成。

从安全的方面考虑，UNICORN 采用了“双保险”原理并保证所有的危险运动部件驱

动装置也能“可靠控制”到停止状态。如采用了紧急停止线路和 CASTEL 钥匙连动装置。

4. 系统机架

C-MAX 采用工业标准的 19 英寸机架。超声处理子机架高为 6U，安装有两组后面板，后面板上有 18 个插槽。用于安装 1 个现场控制板，1 个输出板和 16 个超声波板。两组后面板是 UNICORN 特殊设计的线路板，完成高速数据接口的功能。形成每个超声波通道与主计算机之间的连接。所有通道的设置和检测结果数据都通过这个通讯通道实时地进行传输。连接机架和主计算机的接口电缆是标准的 SCSI 3 电缆，其数据传输能力大于 80MB/s，解决了高性能多通道系统数据传输的“瓶颈”问题。



5. PC 接口板



在每一个 C-MAX 超声检测系统中都有一台 IBM PC 兼容计算机，作为操作界面和数据收集存储系统。为了使本计算机与 C-MAX 系统相连，PC 计算机内必须安装一个 UNICOEN 生产的接口板，该板不仅使 PC 和超声机架间通过 SCSI 3 连接器建立连接，而且形成了第一条输入和输出到 PC 的超声波数据预处理线。为了获得最大的带宽和数据处理能力，在本接口板上安装了 2 个与超声波板上同样的 FPGA 集成电路芯块。这样就使得 PC 不得不对超声波检测的需要做出实时响应。

6. A 扫描数字转换器

超声回波的准确显示对质量分析和检测设置是很重要的，UNICORN 采用基于 PCI 总线的数字转换器，其对模拟回波的采样频率为 500MHz。数字化后的取样信号传到主计算机的操作屏上显示。A 扫描显示的刷新频率大于 60 Hz，显示质量接近传统的示



波器。通过 PC 键盘，系统的任何通道都可用这种方式查看。数字化板在它的触发脉冲输入方面也作为传统的示波器使用。在预先设定速度下对预先设定数量的取样数据该脉冲输入启动模数转换过程，包括将取样数据传送到 2MB 的数字化内存。触发脉冲器和数字转换器内存都直接由超声波板上的 FPGA 控制。这就允许 Unicorn 系统对 A 扫描图形的观察和分析提供一些有用的附加选择。如：在旋转探头工作时，超声传感器高速围绕被检测管旋转，当传感器经过人工标定缺陷时，其活动的回波很难通过传统的示波器观察。根据操作手册上的设置，能够设定 Unicorn 数字转换器，使其在人工缺陷信号之前和之后能够捕获、存储和显示 10 个 A 扫描图形。其是通过以脉冲重复频率的速率连续捕获、存储，将临时数据存放在一个能够容纳 20 个 A 扫描图形的缓冲器中直到有信号超过设定门限的过程来实现的。以此为起点，后面的 10 个 A 扫描图形将被捕获和存储。这个过程的结果是能够让操作人员就设备对人工缺陷的响应进行详细的观察。

7. 软件

所有的应用程序都由 UNICORN 程序工程师使用 Microsoft Visual C++编写，C++是一种完整的编译语言程序，对给定的计算机速度而言其能提供最佳性能。应用程序采用基于目标对象指向编制技术的模块化方法设计编写。这就使得本应用程序与大多数的 windows 操作环境兼容，如：Windows 98, 2000, XP 和 NT。硬件部分特殊的程序设计被限制在一个中间动态连接库内，该动态连接库允许操作界面和结果的完善不依赖于在硬件方面的连续改进。



尽管所有基于 PC 的程序都通过这种方式进行编写，但对处理实时超声波信号必须的高速处理程序是基于不同的技术。在超声波板，现场控制板和 PC 接口板上的 FPGA 芯片都有程序来定义其功能。这些程序都由 VHDL(超高速集成电路硬件编程语言)编写的。尽管这称之为编程语言，但在这些大的可编程装置上的应用其与逻辑设计却更加紧密。使用这种类型的处理元件对系统的好处是可达到实时性能水平。在传统的计算机处理环境下多个程序共享一个 CPU 资源，然而在 FPGA 世界里在芯片内的所有程序都能以最大速度并行运行。

根据 FPGA 芯片内可获得的处理速度，其运行速度可超过传统 Pentium 处理器（如:500MHz PIII）的 100 倍。

8. 计算机

.每一个 C-MAX 系统包括一台主计算机，向其管理的全部设备提供可识别的 MMI（人机接口）本计算机是一台标准的工业 IBM 兼容机，安装在 19” 4U 的子机架内。其 CPU 为全长插入式 Pentium 处理器（>500MHz）。其被安装在一个既有 PCI 又有 ISA 总线插槽（7 ISA/ 5PCI）的无源底板上。Unicorn 配备了定型的可移动式硬盘以便于替换。Windows sp6a 因其在工业领域应用的可靠性和稳定性，因此 C-MAX 系统选用了此产品。



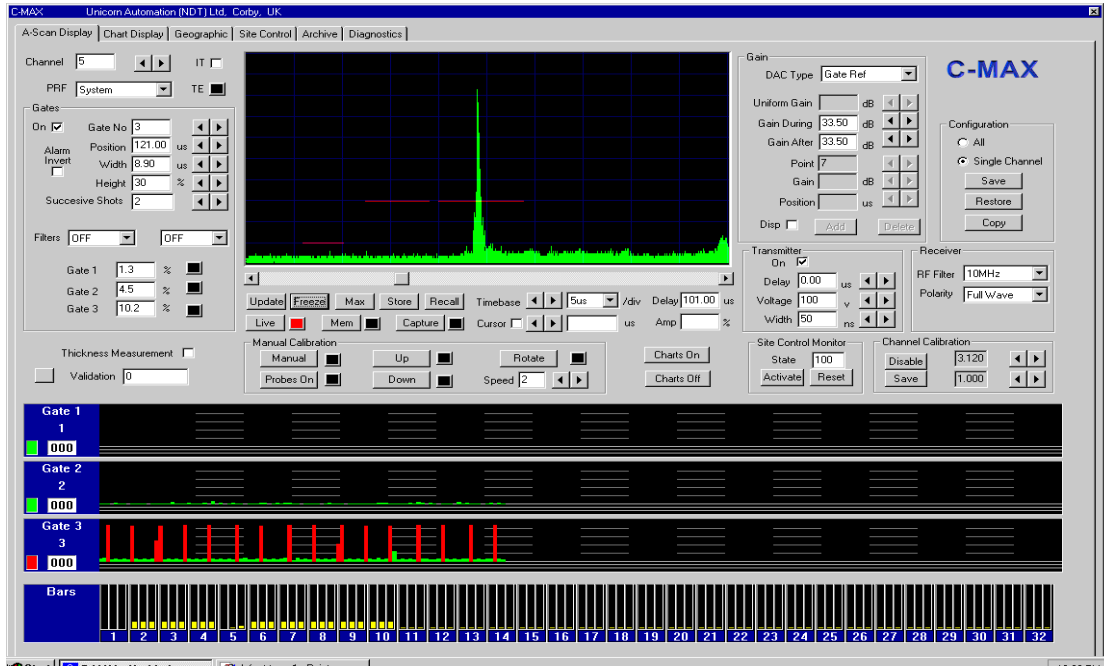
9. 诊断

Unicorn 一直在致力于开发其自诊断工具，以便对系统电子设备的检修提供支持。尽管电子线路使用的是工业等级的印刷电路板和器件，但在系统运行多年以后仍可能出现故障。在这种情况下，推荐的方法是基于故障的确定和部件调换，这是通常情况下一个简单电路板的调换程序。故障部件的确定由一个自诊断工具来协助，其将依次检查每一个通道并报告所发现的问题。尽管这不能保证完全成功的发现所有故障，但它能检测和报告大多数预期的共同的很可能发生的故障。

在生产线上为了减少任何情况（故障）的停机时间，Unicorn 采用了通道关联维修的方针，即：在许多通道上采用单个功能运行电路板，C-Max 就是一个通道一块板的结构。通常在运行时，在某个通道上问题将作为预期响应的改变来出现。一旦这个通道被确认，就能将可能产生故障的部件在特定的超声波板、电缆、连接器（接头）、电刷、滑环或传感器内定位。随后就只需要简单的调换工作来修正这个问题。

10. 人机接口（MMI）

C-Max 系统的人机接口受到 Windows 环境和它所提供的易于使用和熟悉的控制方式的极大地影响。在主 A 扫描显示和设置屏上，将给出尽可能多的信息和控制，以使通用的功能能即刻进入，而不是采用子菜单的结构将功能隐藏在背后。第一个主屏幕显示可能使人感觉有点难，但其按功能区进行逻辑排列得很清楚，这些排列如下：门、增益脉冲发生器、脉冲接收器、现场控制、通道标定、人工标定、A 扫描显示、设置存储和通道选择。



尽管自动标定工具意味着可调参数的主要部分不需要修改，事实上也是如此。但仍需考虑向运行人员提供有效的控制以使他们能对任何最终的设定进行“细调”。在任何选定通道上观察一个动态 A 扫描图形对调节的任何判断都是必要的。由 C-Max 显示的 A 扫描图形具有高的分辨率和接近传统示波器的高的刷新频率。示波器具备的通用控制功能都被加入到了 C-Max 显示屏上（如：时基线、延迟等...），并增加了数字显示所具有的一些功能（如：静态显示、最大限度的覆盖、信号捕获）。A 扫描显示也可以储存在磁盘上以便将来使用，在这种情况下，它不仅能存储静态图形而且可以储存 5 秒钟的动态 A 扫描。信号捕获功能对观察瞬态信号特别有用，如：当旋转头驱动传感器经过人工缺陷的信号出现时。正如前面所描述的，C-Max 在信号超过设定门限前后能捕获 10 幅 A 扫描图形，且能连续重复地显示它们。这就可实现对缺陷检测设置的完整性进行准确的评价。

10.1 超声波检测:

在其检测的时间段内依赖于检测门限的位置设置高低和回波放大器增益的设定大小。C-Max 系统检测门限的设置很简单，可以直观地使用鼠标在屏幕上指定门限的位置，通过选中和拖曳门的图标就可调整门的位置和大小及阈值。如果需要更精确的定位门的位置，也可使用画面左边编辑区的数字设置按钮来设定门的位置。放大器增益的准确和灵活的调节也非常重要。有三种增益设置的操作方法：

A. 均匀调节的增益

在整个的 PRF 周期内，增益保持恒定。该增益能够从 0 到 80db 的范围以每步增量为 0.1dB 的方式调节。

B. 参照门设定增益

这种方式的主要特点是：增益的改变跟单个的门有关。

如：当用于检测由内部到外部的缺陷时，增益（图中蓝线）应从门 2 宽度的设定增加到门 3 宽度的设定。为避免每次重新设定增益的配置，需移动门的位置，C-Max 将预定义了的增益（值）分类与相应的门对应，即对每一个门有两个相应的增益设置，增益在门宽度期间和增益在门宽度之后。增益在门宽度期间，门是自辨别的，增益在门宽度之后指的是增益在前一个门结束后保持到下一个门的起点。如果是最后一个门则保持到 PRF 周期的终止。

C. 全 DAC 曲线

全 DAC 模式允许增益在分辨率为 50ns 的条件下在 PRF 周期内有 50 个增益转换点的自由定位。每增加一个点，就指明该点的增益，该增益就将保持到下一个转换点。增加一个 DAC 点很简单，在 A 扫描区域重新定位指针（垂直的蓝线）并按下“增加”键。在已定位的 DAC 点可通过显示图形右边的菜单通过数字输入来设定其增益。通过 DAC 点索引菜单可以选定、调节或删除已有的 DAC 点（通过指针移动自动选择 DAC 点）。

单通道和所有通道的设置信息可以通过显示屏右边的设置菜单进行保存和调用操作，当进行人工标定和调整时，可将一个通道的设置拷贝到系统其他任何通道。这样可大大提高系统人工设置的速度，操作人员只需要对各通道进行微调。

10.2 测厚

另一个需要特殊处理的功能是测厚。C-Max 测厚处理的关键是要达到高的测量准确性，同时又要去除连续的底波假信号。其应用了超声电路板上 FPGA 分析芯片的超快处理工具的多项技术。这些技术简述如下：

时间间隔测量： 当有两个底波出现在 C-Max 上时，将统计从一个回波的最大半高度峰位（正或负极性）到下一个回波对应的位置的时间。这种方法的准确度依赖于峰位探测电路的准确度。在某些情况下通过测量回波过零点的位置与对应的下一个过零位置的时间间隔，会得到更好的准确度。传统超声波电子系统通常选用这两种方法中的

一种，而 C—Max 两种方法都采用。采用这种技术通过比较两种方法的测量结果可以使结果更有效。

在只有一个底波时，C—Max 将应用界面波仍采用此技术测量厚度，但是在这种情况下，因底波与界面波反相，采用对应峰值之间的测量将给出一个错误的结果。C—Max 采用了在检测到界面波达到预先设定的门限时，放大器立即反相来补偿的方法纠正此错误，这就仍能得到正确的测厚值。

在不止一个回波的情况下，C—Max 将应用它们对测厚的结果进行有效性检验。如：有三个回波，可在相邻回波间进行测量，同时也可测量第一个回波与第三个回波之间的间隔，通过比较，其应该是相邻回波测量间隔的 2 倍（在预先设定的精度范围内）。当回波多于三个时，C—Max 系统将自动进行扩展比较，通过 C—Max 系统可提供最终的无噪声的测厚结果。

为了提供给运行人员关于测厚（也许与被检管材表面质量有关）的进展情况信息，有效性检验的实时测量将显示在屏幕上。

测厚设置的完整描述见附件 1。再次重申，厚度测量一般不需要人工设置，因为自动标定设备已包括所有的功能。

11. C—Max 系统的安装

当 C—Max 在用户工厂里安装完成后，它的许多设计特点将有利于系统连续稳定的运行。

a. 网络连接

配备了一个标准的高速（100BaseT）网络接口，允许已配置的工作计算机进入并共享 C—Max 的信息。这是一种典型的将检测结果传到工作中心质量控制数据库的方法。存档后，检测结果（图表）可使用 Unicorn 的 C—View 软件进行审查。其不仅能够对原始数据进行完整的显示，而且提供交互式的处理工具，其允许进行特定要素的扩展分析。如：检测结果以最佳分辨率进行保存，并可以以不同的画面大小观察显示的细节。由单通道到所有的检测图表的文稿也能被审查。

b. 遥控

系统可以通过 Modem 与其它网络进行连接。当其连接到互联网上时，C—Max 系统能通过另一台桌面 PC 远距离控制。这台 PC 可以在世界的任何地方，且大多数情况下，Unicorn 人员协助用户解决问题的方法就是这种远距离控制。系统有完整的安全设

置以防止其他人非法侵入本系统。

12. 技术规格

C-MAX 技术规格

前置放大器/线路驱动器	
增益	6 dB
输出匹配	50 欧姆 匹配阻抗
输入噪音水平	5 ns/ (Hz) ^{1/2}

主放大器	
信号带宽(-3 dB)	25 MHz
增益范围	0 到 80 dB 每步 0.1dB
增益线性	好于 +/-1% FSH
增益变化速度	40 dB/us
输入阻抗	50 欧姆

TVG (时间变化增益) (DAC 曲线)	
取点数量	1000 (最多)
时间分辨率	20 ns
点增益范围	0-80dB 每步 0.1 dB

信号过滤器	
带通滤波器	0.5, 1, 2, 5, 10 MHz
Filter Roll Off Performance	40dB/decade

缺陷检测门	
数量	每个通道有 8 个独立的门
宽度	100 ns-“PRF 周期” 每步 20 ns
高度 (阈值)	1%-100% 每步 0.1% (可选择双阈值)
位置 (从发射脉冲)	20 ns-“PRF 周期” 每步 20 ns
界面触发器	通过界面触发器缺陷门的位置通过水-钢界面回波来确定

门的测量	
波峰幅度	1-1024 (10 位的分辨率)
报警状态	超过阈值 (连续有效的触发设置)

脉冲发生器	
电压范围	10-300 V 每步 10 V
脉冲宽度范围	5-500 ns 每步 10 ns
脉冲上升/下降时间	5 ns (在电压为 150V 的 90% 和 10% 之间测得)
脉冲的一致性	0.1% (超过 10000 次重复频率测得)
脉冲重复频率	500 Hz 到 30 KHz 并行触发 (非多工)
脉冲延迟 (定向触发)	0-“整个 PRF 周期” 每步 20 ns

门内的峰位	从发射脉冲（界面）到缺陷峰的 TOF 分辨率=7um（钢中） 400MHz 的时钟） （也用于在自动刻度时自动门的定位）
报警过滤	连续超过阈值（触发点） 0-256 比例触发（指定计数对象） 缺陷在通道间同时出现（如头/尾）
缺陷形状捕获	50 个峰值集中在第一个报警有效触发

测厚	
方法 1	时间测量 — 门 1 峰值到门 2 峰值
方法 2	时间测量 — 门 1 峰后的过零点到门 2 峰后的过零点
方法 3	用于峰、峰多回波处理的单门（蓝色）测量，自动选择可获得的最大回波
有效性验证 1	方法 1 和 2 的相关性
有效性验证 2	在连续回波上的分别测量直到回波峰值低于设定的阈值 多数性或一致性使结果获得认可
TOF 测量时钟	400MHz
平均值统计	多于 1-256 触点
报警状态	大于公差 小于公差 无效
报警过滤	连续的超过公差（SOT） 0-256） （分别超上限&下限）

A-扫描显示	
数字化模件	100-500 MHz, 8 位的分辨率
可观察区域	整个 PRF 周期（从一个触发脉冲到下一个）
刷新频率	10-50 Hz 可调
多通道	可同时显示 8 个通道（所有通道的刷新频率为 50 Hz）
极性	正、负 或全波显示

自检	
技术	不同振幅和位置的脉冲（源自脉冲发生器）直接输入主放大器
线性	在 10%到 90%的振幅上校验
门的阈值	在 10%到 90%的门高度上校验
门的宽度	脉冲延迟可变，以每步 20 ns 通过门进行扫描

系统	
通道号	1-256 最大

模拟输出	
门 1 峰的幅值/最少厚度	8 位（整个 PRF 频率更新）
门 2 峰的幅值/最大厚度	8 位（整个 PRF 频率更新）
门 3 峰的幅值/平均厚度	8 位（整个 PRF 频率更新）