

INTECO 机电控制实验系统



北京星竹科技发展有限公司

中国，北京

目录

机电控制系统科研教学实验系统简介	1
双轮不稳定运输车 (Two-Wheeled Unstable Transporter)	2
磁力轴承 (Magnetic Bearing)	4
组合水箱 (Multi Tank)	5
ABS 防抱死刹车系统 (ABS Antilock Braking System)	6
磁悬浮系统 (Magnetic Levitation Systems)	7
3D 起重机 (3D Crane)	8
摆锤和变幅小车控制系统 (Pendulum & Cart Control System)	10
两转子空气动力学系统 (The Multi Input Multi Output (MIMO) strongly cross-coupled control system)	12
塔式起重机 (Tower Crane)	13
模块化伺服电动机 (Modular Servo)	14
RT-DAC USB 2.0 I/O 模块和 RT-DAC PCI 板卡	15
数字 RT-DAC PCI Express 板 (Digital RT-DAC PCI Express Board)	16
行业 and 用户	16

机电控制系统科研教学实验系统简介

INTECO 为教育工作者和研究人员提供在自动化，机器人，仪器仪表和过程控制领域的创新，具有成本效益的培训系统。INTECO 是设计和制造机电一体化系统的领导者，用于实时控制设计和实施。

INTECO 的主要产品：

- 双轮不稳定运输车（移动车辆的自主实时控制）；
- 磁力轴承（展示轴和轴承之间的间隙调整）；
- 组合水箱（高级线性和非线性控制方法的实际验证）；
- ABS 防抱死刹车系统（汽车工程系统控制车轮滑移）；
- 磁悬浮系统（无摩擦式电磁控制系统）；
- 3D 起重机（由 PC 控制的工业龙门起重机实验室模型）；
- 摆锤和变幅小车控制系统（第四阶，非线性和不稳定的实时控制系统）；
- 两转子空气动力学系统（多输入多输出（MIMO）强交叉耦合控制系统）；
- 塔式起重机（控制目标：跟踪轨迹，而不是摆动负载）；
- 模块化伺服电动机（易于重新配置以显示伺服控制问题）；
- RT-DAC USB 2.0 I/O 模块和 RT-DAC PCI 板卡（硬件可由软件重新配置。实时测量和控制。）；
- 数字 RT-DAC PCI Express 板（在操作上类似于 RT-DAC 板，但是对于 PCI Express 总线）；

图 1 显示了每个子系统与主机之间的连接的结构图，我们提供可选择的三款硬件和软件支持设备与主机的连接：MATLAB, LabVIEW 和任何 PLC，例如 西门子 PLC。



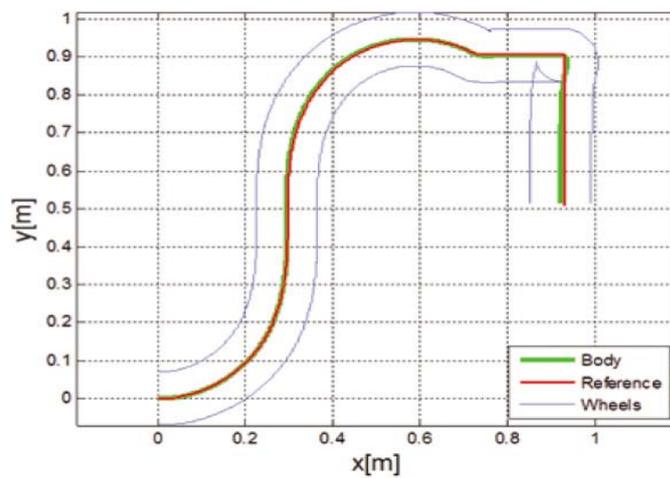
图 1 系统结构图

双轮不稳定运输车（Two-Wheeled Unstable Transporter）

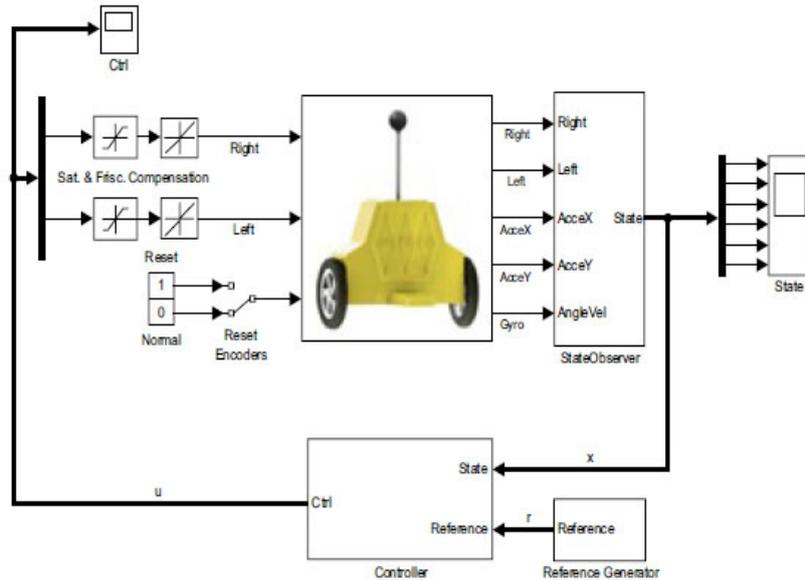
双轮不稳定运输车是一个相当复杂的控制系统的例子。它必须同时满足两种控制算法。第一个是主调节器。它负责将转运体保持在上部不稳定平衡点。第二个必须遵循车辆的预定轨迹行驶。各种形式的线性二次调节器用于两种控制算法。为了实现稳定的目标，我们需要测量运输车零点偏离垂直位置的角度。这个角度是由含有一个加速度计和陀螺仪的单个 ADIS 装置上的组合的传感器测量。为了系统的稳定，需要持续地测量系统与垂直方向的偏差和两个车轮的旋转的角度。旋转角度从编码器获得。



运输车轮子是由计算机产生的 PWM 信号控制。事实上，INTECO 制造的系统都是相同的方法来进行教学的。首先，在 MATLAB / Simulink 或其他平台上控制算法被建立为模型。下图显示了运输装置模型的模拟轨迹。



最后，模拟控制器被转移到实时系统。下图显示了真实的实时驱动过程。应用先前已经模拟的相同控制器。特殊的“建立发送并运行目标”按钮激活实时控制程序。为了实时控制，需要几个步骤：RT-DAC / PCI-D 板的 FPGA 必须重新配置为与 ADIS 设备通信以符合其 SPI 协议；该接口必须以 S 功能的形式构建以获得测量和控制信号的访问。



磁力轴承（Magnetic Bearing）

磁轴承软件专用于两个硬件平台：FPGA 和实时。

FPGA 支持以下传感器的测量：

- 轴相对于磁性轴承的位置，
- 轴的角位置。

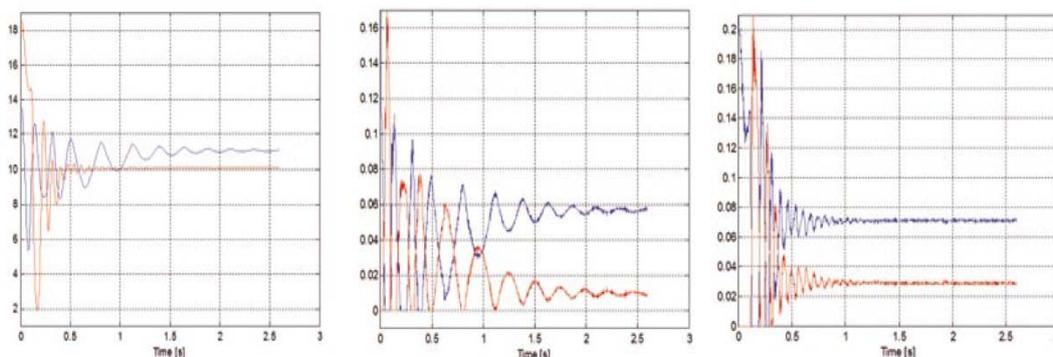
FPGA 还产生六个 PWM 信号，以控制以下执行器：

- 轴承的四个线圈，
- 驱动轴的直流电机，
- 扰动（轴不平衡的变化）。

以 [μm] 为单位测量的不平衡如左图所示。在 x 轴上的初始 $14\ \mu\text{m}$ 间隙减小到 $11\ \mu\text{m}$ 间隙。类似地，在 y 轴，初始 $18.5\ \mu\text{m}$ 间隙减小到 $10\ \mu\text{m}$ 间隙。

如果轴上有负载（干扰），它可以在几秒钟内调整。由于主动磁轴承控制，转子动力学是可配置的。事实上，轴由四个控制电流产生的磁场驱动。两个控制电流流入与 x 轴相关的两个线圈（参见中间的图）。其他两个电

流入与 y 轴相关的两个线圈（见右图）。两个图中的时间图都以伏特为单位；然而这些信号与线圈的电流成比例。主控制算法在 RT 平台上运行。还存在用于监视和/或数据获取过程的过程。磁力轴承控制是在 MATLAB / Simulink 环境中使用启用自动生成实时任务的工具箱进行。



组合水箱（Multi Tank）

多阀系统包括多个装有排水阀的单独的水箱。其中两个水箱具有变化的横截面。这样就将非线性变化引入系统中。变速泵用于填充上部水箱。液体由于重力而流出水箱。储水阀用作流阻器，控制阀的面积比并且用于改变流出特性。每个水箱配备一个液位传感器。

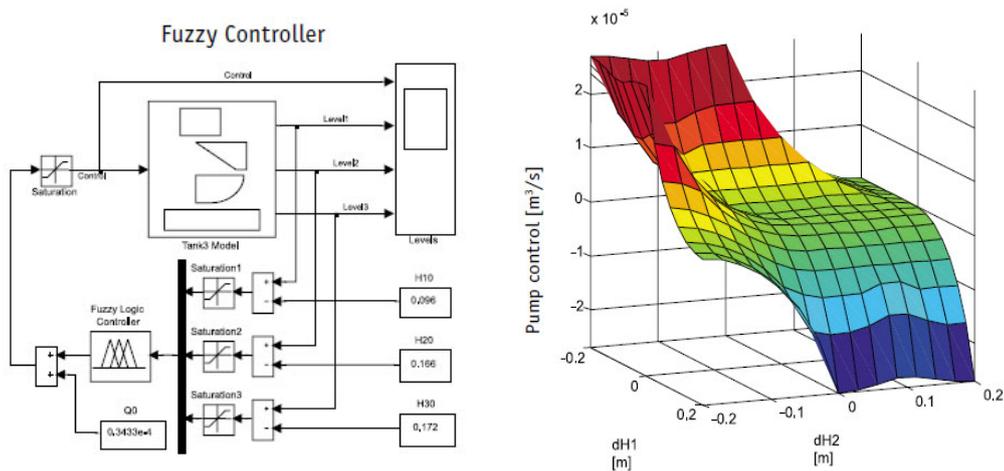


控制的总体目标是通过调节泵操作或/和阀设置来达到并稳定罐中的液位。该控制问题可以通过从 PID 到自适应和模糊逻辑的多种电平控制策略来解决。

组合水箱系统设计为使用外部基于 PC 的数字控制器。计算机通过专用 I/O 板和电源接口与液位传感器，阀门和调节泵进行通信。I/O 板由在 MATLAB / Simulink 环境中实时运行的软件控制。

控制器和 Simulink 模型的专用库支持组合水箱系统。

模糊的 Simulink 控制模型和作为控制结果而产生的模糊的表面如下图中所示。



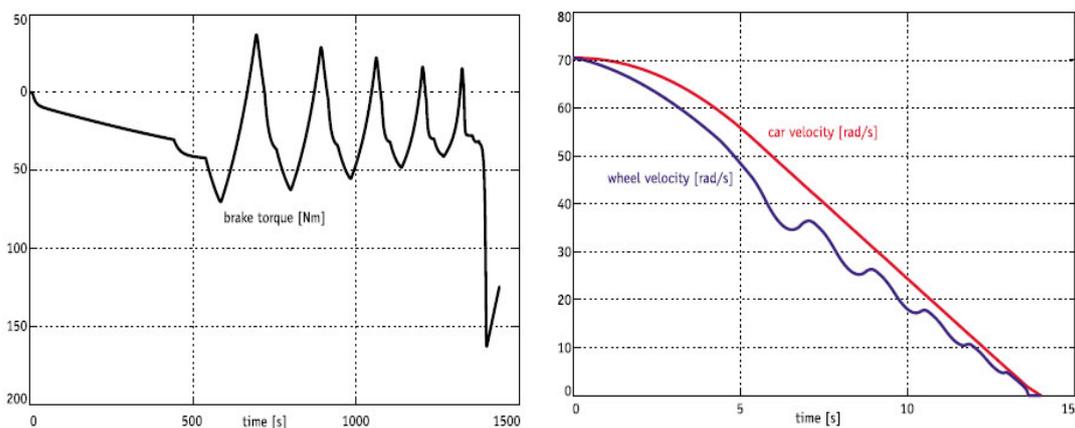
ABS 防抱死刹车系统 (ABS Antilock Braking System)

防抱死刹车系统旨在优化制动效果，同时保持汽车的可控性。ABS 模型由从 PC 控制的扁平直流电机驱动。



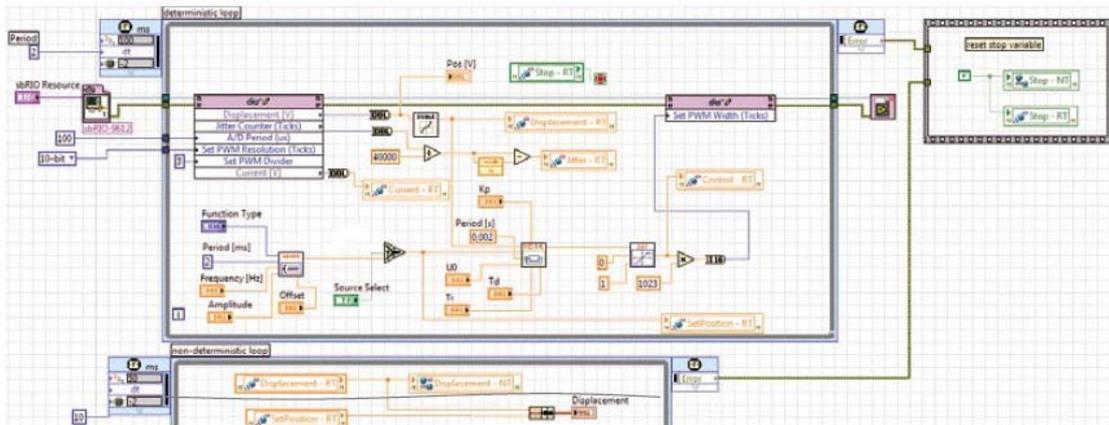
有两个编码器测量两个车轮的旋转角度。在实验开始时，模拟相对道路运动的车轮被加速到假定的阈值速度。如果达到阈值速度，则开始制动程序。如果车轮变得不动，则意味着它保持滑动运动（车速不等于零）或者它被绝对停止。滑移越小，车辆控制越好。可以应用预编程的滑动控制算法之一。该实验的结果显示在下面的图中。

实验结果; 滑移=20%; bang-bang 控制



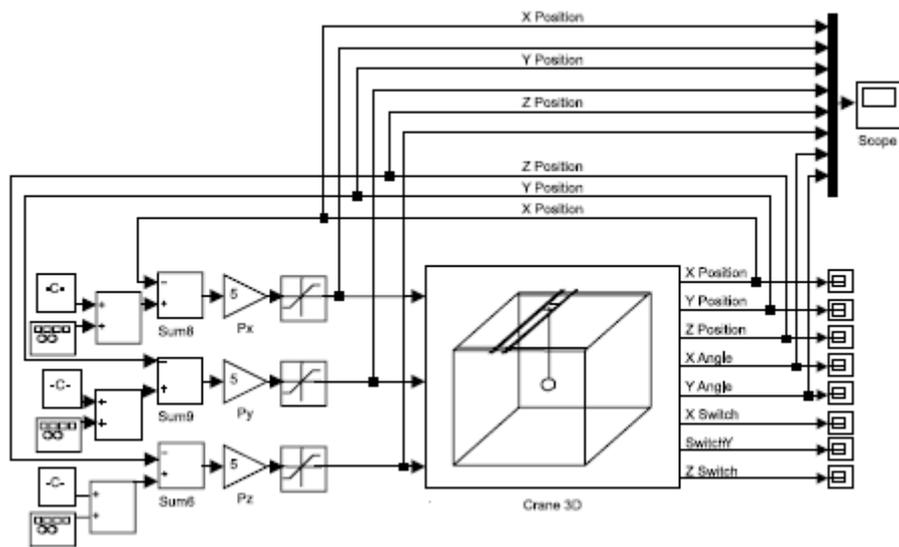
磁悬浮系统（Magnetic Levitation Systems）

磁悬浮系统（MLS）是一种非线性，开环不稳定，随时间变化和无摩擦的动力系统。MLS 操作的基本原理是向电磁体施加电压以保持铁磁球悬浮。此外，球体可以遵循随时间变化的期望位置值。测量线圈电流以检查识别并执行控制策略。为了悬浮球体，需要实时控制器。通过控制器保持两个力（重力和电磁力）的平衡阶段，以将球保持在距电磁体所需的距离内。该系统与 MATLAB / Simulink 完全集成，并在 MS Windows 中实时操作。此功能扩展了 MLS 应用程序，在鲁棒控制器设计中非常有用。在两个电磁体的情况下，下面的电磁体可以用于外部激励或作为收缩单元。或者，可以使用配备有具有电源接口的 National Instruments 的单板 RIO 的 PC。LabVIEW 控制器的一个片段如下图所示。

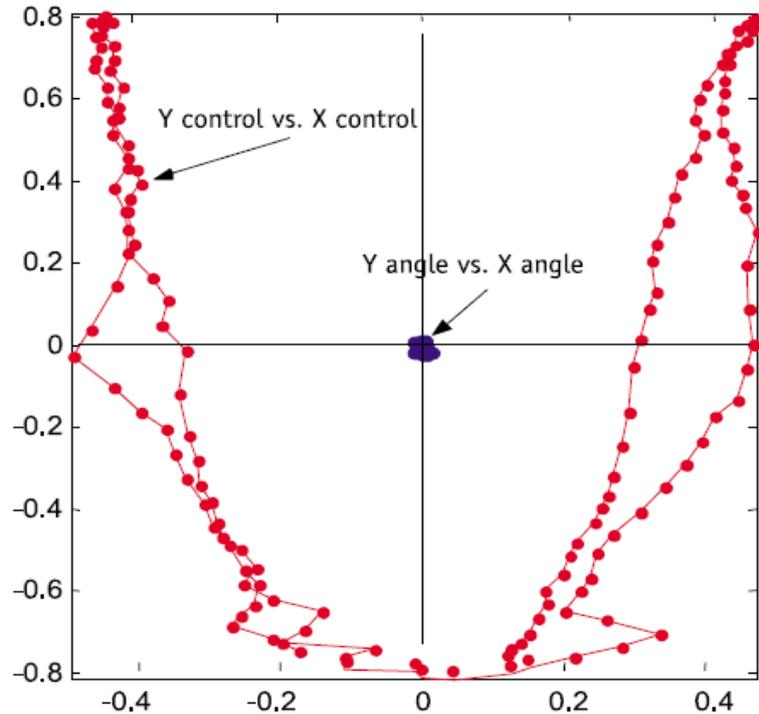


3D 起重机（3D Crane）

工业起重机的三维模型是一种高度非线性 MIMO 系统，配备有专用的传感器系统 - 独特的 2D 角度测量单元。该系统与 MATLAB / Simulink 集成并在实时操作。该软件实现了实时控制算法的快速原型。不需要 C 代码写入。3D 起重机配有基本控制器库。该模型有三个控制直流电机和五个角位置测量编码器。下图显示了 3D P 控制器的示例。



下图显示了 P 控制稳定运动的效果。



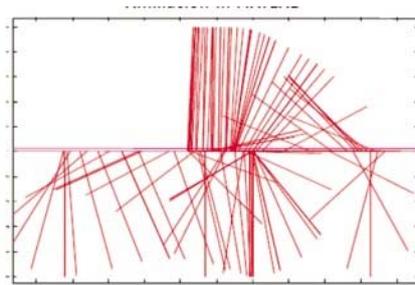
摆锤和变幅小车控制系统（Pendulum & Cart Control System）

摆锤和变幅小车控制系统包括安装在车上的杆，杆只能在垂直平面内自由摆动。变幅小车由直流电动机驱动。为了摆动和平衡杆，变幅小车在有限长度的轨道上来回移动。倒立摆控制算法的目的是将受约束幅度的一系列力施加到变幅小车，使得杆以幅度增加的摆动为开始，并且变幅小车不超越轨道的端部。杆摆动到达到其直立位置的附近。一旦完成，控制器就保持杆的垂直位置，并将车带回到轨道的中心位置。该系统直接在 MATLAB / Simulink 环境中运行。用户使用实时目标视窗实时获得并使用 Simulink 编码器代码生成软件创建代码的预编程实验。用户自己的控制器可以使用 Simulink 和驱动程序库的方式生成。

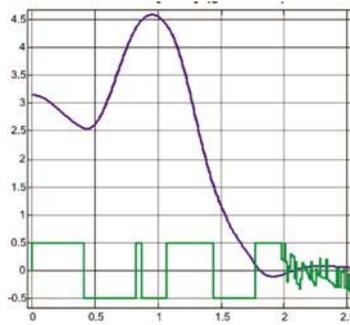


此外，非线性摆/车控制系统包括四阶，非线性和不稳定的实时控制系统和系统的四阶数学模型。MATLAB / Simulink 控制需要 RT-DAC I/O 内部 PCI 或外部 USB 模块（PWM 控制和编码器逻辑存储在 XILINX 芯片中）。除了 MATLAB 或 LabVIEW 控制环境，我们所有的系统也可以从任何 PLC 控制。西门子 SIMATIC S7-1200 PLC 在下图的第一幅图中，显示了基于规则的控制期间摆锤的模拟截图。在第二个图中，显示了时间最优控制和相应的摆动轨迹。

在 MATLAB 中的动画显示



摆角[rad]与时间[s]（蓝线）控制[PWM]（绿色线）

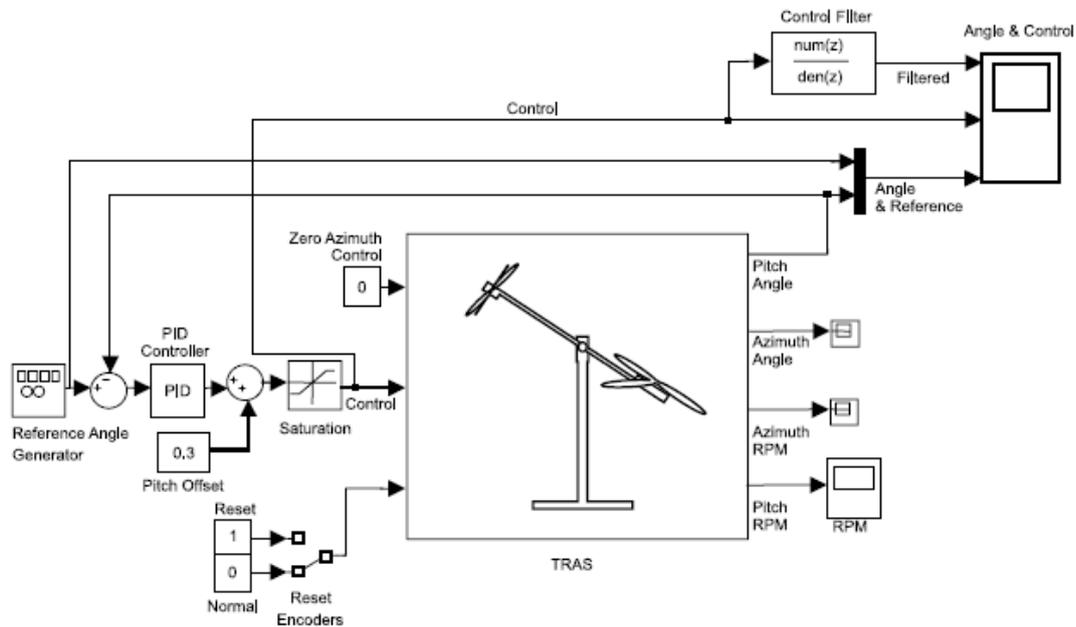


两转子空气动力学系统（The Multi Input Multi Output (MIMO) strongly cross-coupled control system）



两个转子空气动力学系统（TRAS）是一个为控制实验设计的装置。在某些方面，其行为类似于直升机。从控制的角度来看，它举例说明了具有显著交叉耦合的高阶非线性系统。TRAS 由在其基座上枢转的梁构成，使得梁能够在水平和垂直平面中自由旋转。在梁的两端有直流电机驱动的转子（主和尾）。在其端部具有配重的平衡臂在枢轴处固定到梁上。梁的状态由四个过程变量描述：由安装在枢轴处的编码器测量的水平角和垂直角以及两个对应的角速度。两个附加状态变量是由与驱动直流电动机耦合的速度传感器测量的转子的角速度。在真实的直升机中，空气动力通过改变螺旋桨的迎角来控制。在实验室设置中，迎角是固定的。空气动力通过改变转子的速度来控制。在转子之间的相互作用观察到显著的交叉耦合。每个转子影响两个位置角度。TRAS 稳定控制器的设计基于去耦合。

TRAS 系统设计为使用基于外部 PC 的控制器来进行操作。控制计算机通过专用 I/O 板和电源接口与位置，速度传感器和电机进行通信。I/O 板由在 MATLAB / Simulink 环境中运行的实时软件控制。控制器和 Simulink 模型的预编程库支持 TRAS 系统。下图显示了 Simulink 实时一维节距 PID 控制器。



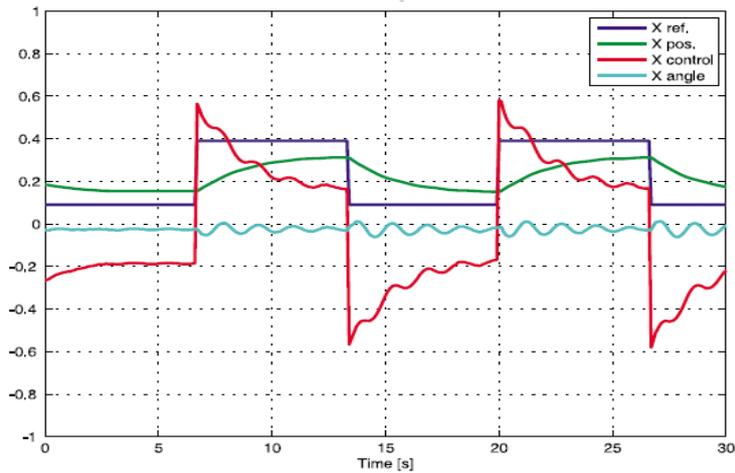
塔式起重机（Tower Crane）



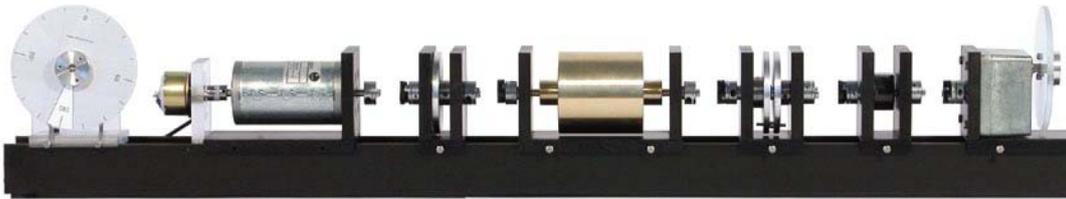
塔式起重机的立体实验室模型对于起重机而言让高度和起重能力的最佳组合的现代化结构。实验室模型是一个高度非线性 MIMO 系统，配备了专用的传感器系统 - 独特的 2D 角度测量单元。每台塔式起重机都包括起重臂和副起重臂上（见

图)。两者都安装在回转轴承和回转机械所在的转台上。副臂承载配重，并且副臂悬挂来自手变幅小车的负载。在该模型中，转台位于塔的顶部，使用特殊的塑料 - 金属回转环。该系统与 MATLAB / Simulink 完全集成，并且能够实时操作。包括许多预编程的对照实验。它们构成了用户构造自己的新算法的基础。实际控制算法的快速原型设计任务变得容易（不需要 C 代码写入）。有三个控制驱动器（配备齿轮的直流电机）和五个角度位置传感器（编码器）。吊臂由第一个强大的驱动器驱动旋转。具有可调节间隙的臂架导轨上的变幅小车由传动带和第二驱动器来回推动。提升负载由第三驱动器操作。

典型的控制目标是跟踪期望的三维轨迹（即以期望的规定方式操作负载），同时将负载保持在最小摆动幅度。此效果如下图所示。



模块化伺服电动机（Modular Servo）

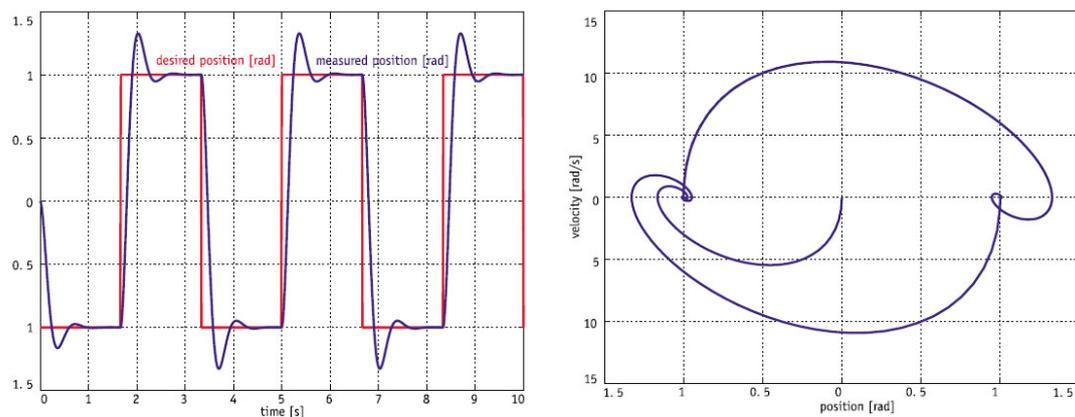


模块化伺服电动机系统是专为在实践中研究和验证基本和高级控制方法而设计的。它包括典型的可变因素如摩擦，阻尼和惯性的演示，以及从 PID 到 LQ 和时间最佳控制的多种位置/速度控制方法。

直流电机模块可以与几个其他模块耦合。大量的线性和非线性机械模块设计用于演示齿隙，阻尼，弹性和摩擦的影响。每个单元也就可以进行单独的研究。阻尼模块由在永磁体的极之间延伸的顺磁盘组成。惯性模块配有实心金属辊。

金属底座为模块提供牢固的固定，实现模块化原理图。没有有线连接。一切都通过软件“连接”。组装工作系统不需要机械安装技能。模块化伺服马达使用基于 PC 的控制器。PC 通过 I/O 板和电源接口与位置传感器和电机通信。

I/O 板由在 MATLAB / Simulink RTW / RTWT 环境中运行的实时软件控制。 Simulink 内置的控制器和模型的预编程库支持模块化伺服电动机的运行。可以使用模块化伺服马达和相关软件进行全面的实验。 下图所示的示例显示了伺服系统如何跟踪所需位置。

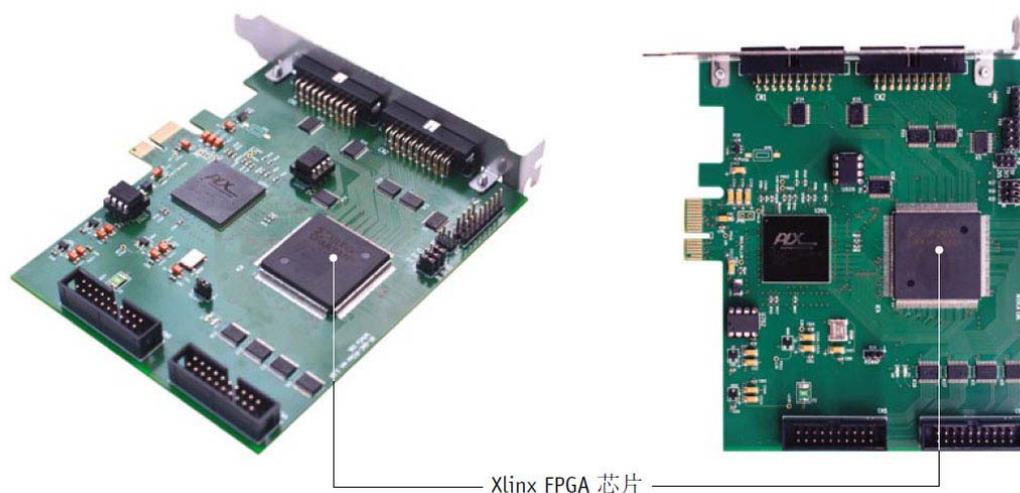


RT-DAC USB 2.0 I/O 模块和 RT-DAC PCI 板卡



对于给定的应用需求硬件的功能十分完善。RT-DAC 系列 PCI 板卡具有 A/D, D/A 转换器和数字 I / O 线。由于板上载有可编程逻辑 FPGA 芯片, 所有 I/O 功能都可通过硬件实现。配有 EEPROM 存储器的 OMNI 板卡用于存储即用型或用户定义的逻辑。一旦安装在计算机中, 该板适合于需要不同类型和数量的 I/O 通道的许多应用。不需要为新应用更换电路板。只有板的逻辑被替换。 OMNI 板卡像一个全能的 I/O 设备。

数字 RT-DAC PCI Express 板 (Digital RT-DAC PCI Express Board)



PCI Express 可以自由重新配置的 FPGA 芯片。在硬件中实现的板功能可以根据目标应用的特定要求进行调整。此外，可以以编程方式重复地改变板硬件配置。板的独特特征是配置 FPGA 以用于直接硬件实现控制算法的某些部分的能力，其通常通过软件方式实现。提供了可靠性，速度和时间间隔的持续时间的高精度 - 完美的抖动。最快速抖动的周期可以是几十纳秒！

测量和控制板的架构使用 PCI Express 桥接器。它们从一侧连接到 PCI Express 总线，另一侧提供本地总线。最后一个连接到专用于电路板的输入/输出功能的可重构 FPGA。数字板以卡式电隔离电路施加在板上的信号调节模块。专用板配置通常包含通道输入/输出的公共组合：数字输入和输出，具有可选的中断生成“状态中断更改”，带索引的增量正交编码器，PWM 波发生器，计数器，频率计和计时器。

行业 and 用户

INTECO 是由波兰克拉科夫科技大学 (AGH) 的研究人员和工程师于 1997 年创立的欧洲公司。从开始到现在，我们的兴趣和主要业务线已经集中在用于控制工程研究和教育的机电装置。我们设计了几个创新的数字控制实验室设备，所有这些设备都配有完整的数学/仿真模型和控制硬件和软件。INTECO 已经越来越多地参与其自己的集成控制解决方案。我们为 MS Windows 中的控制应用程序提供实时内核，用于自动代码生成的快速原型开发工具箱以及控制/数据采集系统。我们的大多数应用程序通过 RT-CON - 我们的基于 Windows 的实时软件控制。我们执行定制修改和定制设计，以满足特殊需求，如现场总线驱动器，PLC 目标应用或与 SCADA 系统集成。我们的解决方案由我们的 RT-DAC 实时 I/O 板支持。自 1999 年 1 月以来，INTECO 是 MATLAB 的官方合作伙伴。据不完全统计有 46 个国家的大学成为我们的用户。中国地区的用户主要有：

1. 北京腾辉有限公司
2. 北京天华国际有限公司
3. 香港科技大学

4. 上海葩星信息技术有限公司
5. 西安电子科技大学
6. 台湾卓杰科技有限公司
7. 台湾高峰仪器公司
8. 北京理工大学

详情请浏览产品网站 [Http://www.starbamboo.com.cn](http://www.starbamboo.com.cn)。

联系电话：88892445，13910083694

Email: yuezpz@163.com