



TwinCAT CNC

——基于PC的开放式架构软件CNC技术

黎凌霄

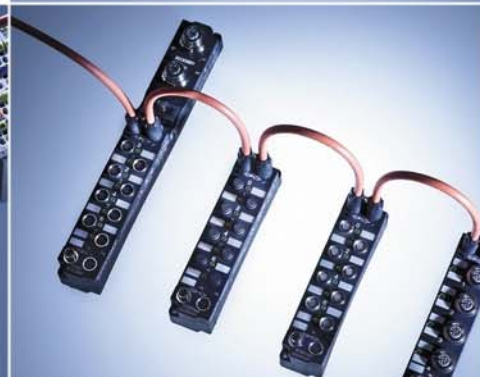
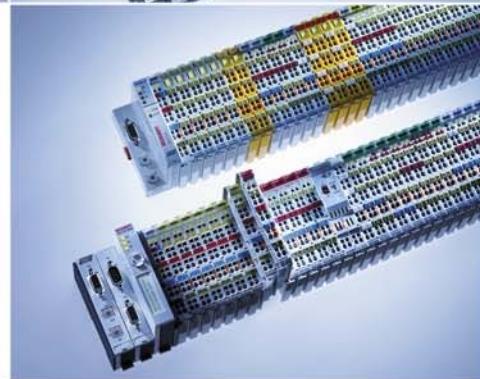
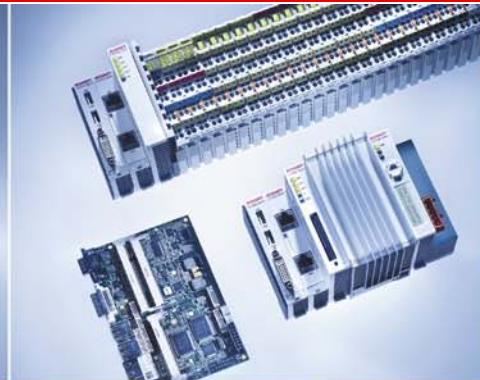
德国倍福自动化有限公司上海分公司

L.Li@Beckhoff.com.cn



New Automation Technology

The Windows Control and Automation Technology



New Automation Technology

TwinCAT CNC

TWINCAT CNC

Kanal 1: Automatic Active 20.12.2005 14:30:07

Text6

Kanal	W Achsen	Istposition	Zielposition	Restweg
Kanal 1	X	mm 599.999	600.000	0.000
Kanal 2	Y	mm 0.001	0.000	0.000
Kanal 3	Z	mm 399.999	400.000	0.000
	C	mm 66.611	180.000	116.139
	A	mm -16.652	-45.000	-29.035

Override

S: 0% 100% 130%

F: 0% 100% 120%

Vorschub m/min

Ist: 5.00 5.00

Spindel U/min

Ist: 0 0 0.00*

Technologiedaten

M

G G1 G17 G40 G52 G53 G91 G150 G12

S

T 3

H

Aktives Programm: C:\TwinCAT\CNC\kin9.nc

Program C:\TwinCAT\CNC\kin9.nc

N050 G91 C180 A-45

N060 G91 C-180 A45

N070 \$ENDWHILE

N080 \$RTCP OFF

N100 M30

N013 #CS ON[25.0,0.45,0.0]

N015 \$FOR P2=10, 1, -1

N020 \$FOR P1=1, 10, 1

N030 G2 IP1 F10000

N040 G3 IP1

N050 \$ENDFOR

CNC Kanäle

Admin account Level: Administrator - Application started

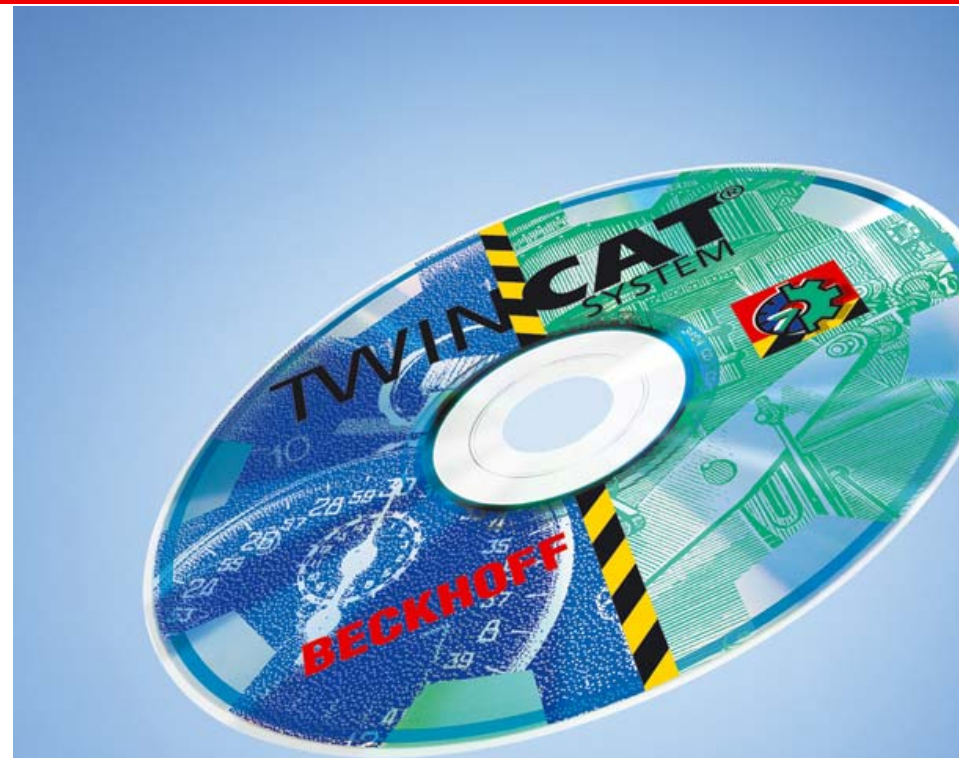
F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10 F11 F12

Betriebsart Start Stopp Reset Störung löschen Grundstellung Einricht. Bilder Zurück



主要内容

- 基于PC的概念
- 开放式架构的CNC（HÜMNOS/OSACA Conform）
- 软件CNC
- 与传统CNC的比较
- TwinCAT PTP，NCI简介，与CNC的比较
- TwinCAT CNC具体特性
- 激光切割解决方案



基于PC的CNC有其出现的必然性

- 出现时间，上世纪末的机床展会
- 机床OEM要求控制器开放，增加自己的控制特性
- 大量必须在PC机上运行的软件的出现，如车间编程SFP软件，图形编程，会话式编程，这些都优于以往的G代码编程

比较项目	传统CNC	PC-based CNC
软件的继承性	每次推出新CNC，软件都需要重新编写	软件具有模块化特点，提高CNC性能无须改写软件
软件开发的难易性	必须使用CNC制造商开发的专用软件，开发工时量庞大，作为核心的处理部分变成了“黑箱”	用高级语言如C#、Delphi（Pascal）语言编程
软件的封闭性	软件为CNC制造商所占有，机床制造商难以体现其独立性	机械制造商可容易地开发具有个性的应用软件
组网难易性	由于包含制造商专用硬件和通讯方法，联网成本高，联网时还需专有技术	现场总线如CAN，PROFIBUS等以及ETHERNET等网络是实现纵横连接的基础，易于实现工厂自动化
编程软件	以制造商的专用语言为主流，难以向其它制造商的产品移植，维护时还需要学习这种语言	编程软件遵循IEC 61131国际标准。可移植性强
面向未来性	需要开发专门的硬件来追随技术的进步，一般相对滞后	开发性，模块化，标准化
系统功能	单一化	多元化
CNC功能	三轴或多轴插补，速度快	多轴驱动
应用与性价比	适用于机床行业且性价比好	机床行业性价比无明显优越性，其他机械行业性价比好
运动执行部分	采用专用（伺服）接口，只能使用特定制造商的产品	采用标准化（伺服）接口，因此可以灵活选用驱动装置和电机

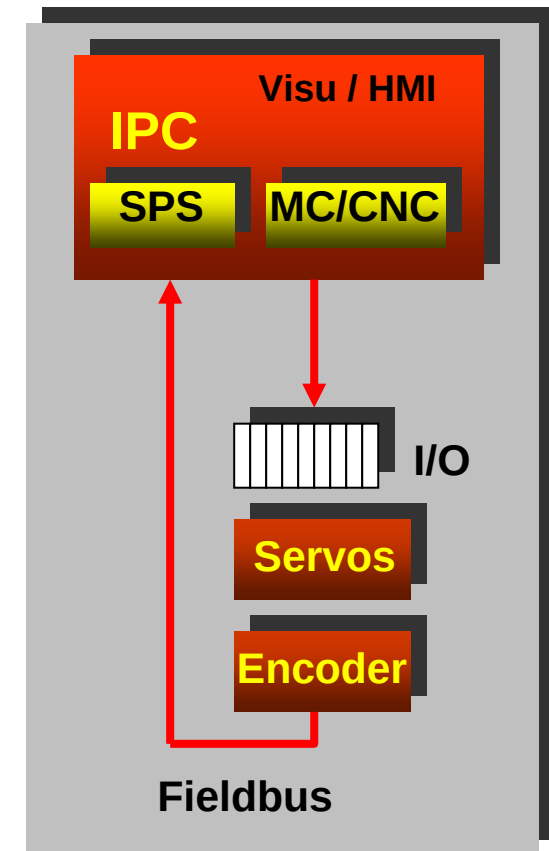
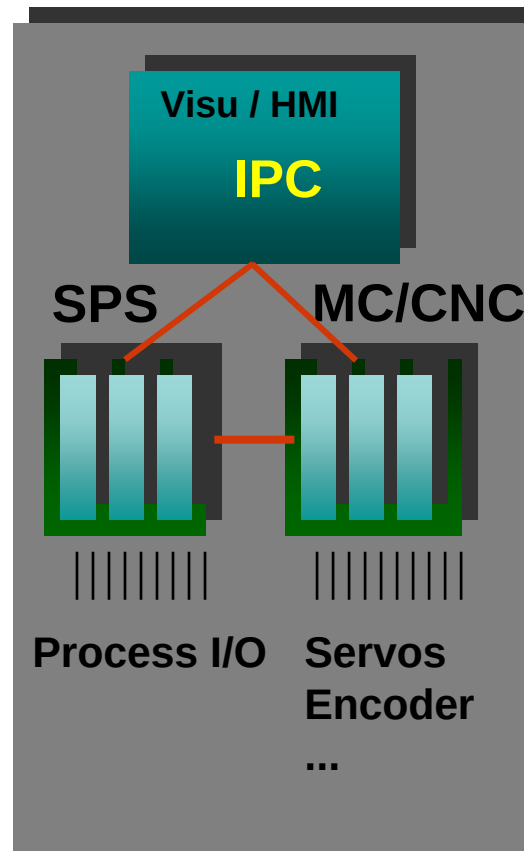
PC机作为硬件平台的优点

- PC机成熟的硬件技术有助于CNC开发者和机床OEM减少成本，缩短周期
- PC机软件环境的优越性
- 外围设备的开放性，如以太网卡等

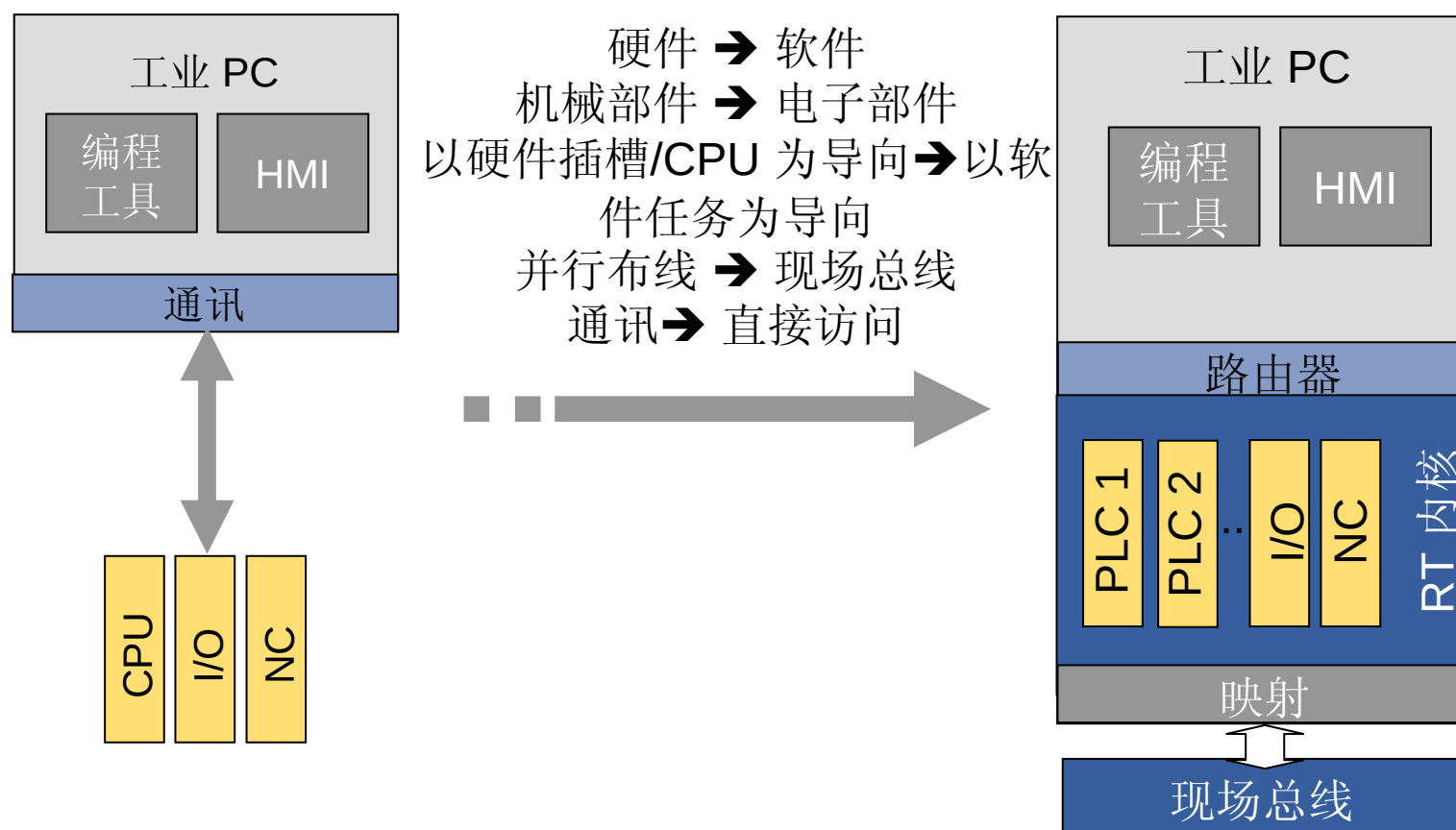
- NC系统的各项功能，如编译、解释、插补和PLC等，均由软件模块来实现，并通过装在PC扩展槽中的接口卡或者现场总线对伺服驱动进行控制。这类系统借助现有的操作系统平台（如DOS，WINDOWS等），在应用软件（如C/C++，MFC等）的支持下，通过对PC软件的适当组织、划分、规范和开发，可望实现CNC各个层次的开放。其优点是编程处理相当灵活，软件的通用性强。

传统的硬件数控与基于PC机的软件数控对比

- 硬件数控
 - 特定的硬件和软件 for:
 - PLC
 - MC / CNC
 - Visualization / HMI
- 基于PC机的软件数控
 - 软件模块 for:
 - PLC
 - MC / CNC
 - Visualization / HMI
 - + 无需附加的操作系统
 - + 无需附加的硬件
 - + 通过现场总线传递数据
 - + 独立于供应商的驱动控制和现场总线技术
 - + 方便快速的通讯



传统控制技术 → 基于 PC 的控制技术的发展历程

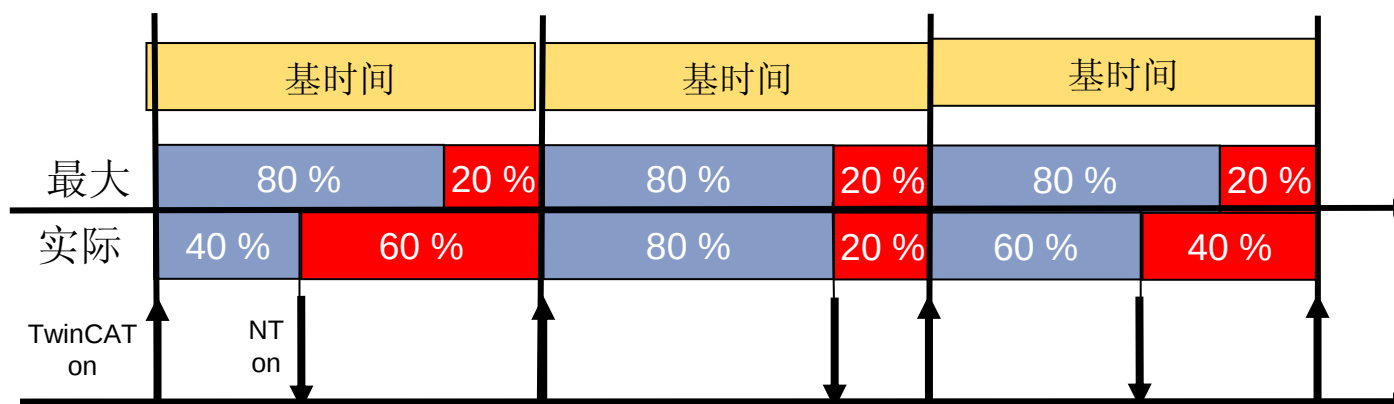
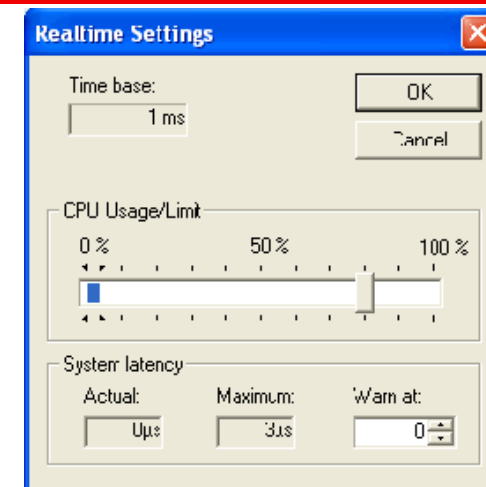


基于 PC 平台的 TwinCAT

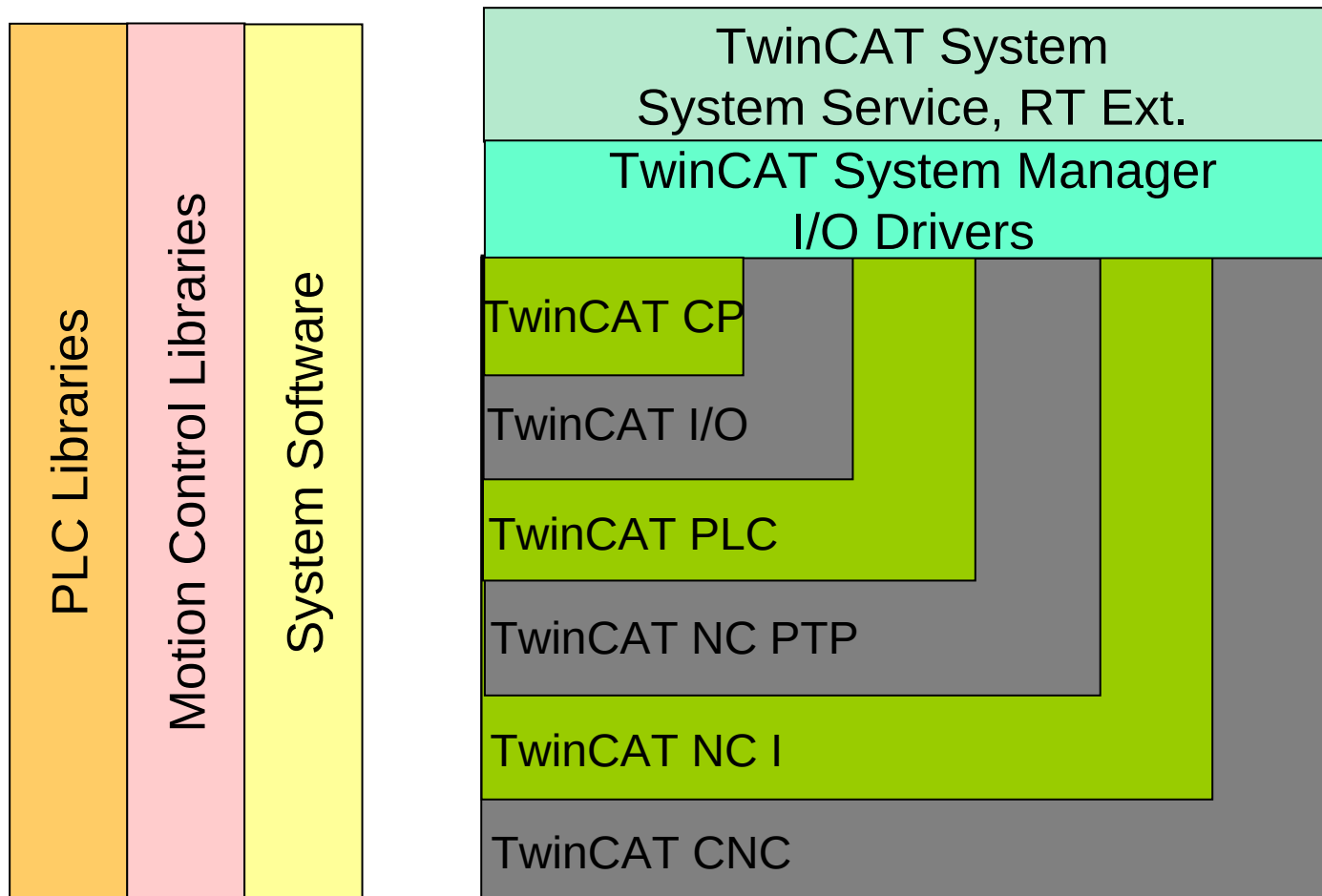
- TwinCAT
 - 不改变 Windows
 - 无需专业硬件
 - 将标准 Windows 变成实时操作系统
 - 可通过 OCX、Dll、.Net 完全访问 Windows 用户界面
 - 通过 TCP/IP 远程访问
- PC 平台
 - 标准硬件，最佳性能
 - 使用 PC 资源
 - 使用主流操作系统（Windows）
 - 易于集成到办公网络
 - 开放的现场总线通讯



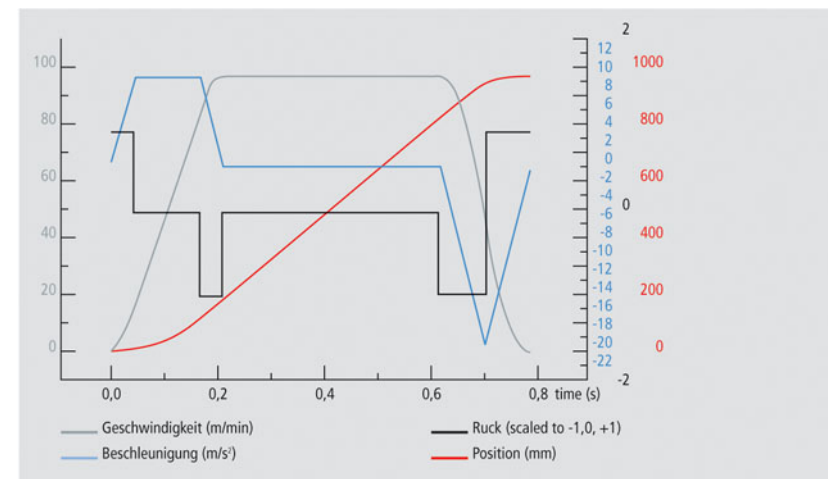
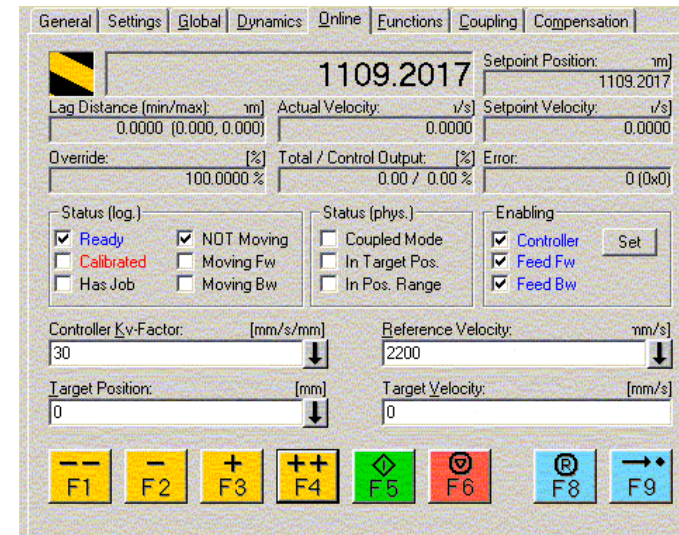
- TwinCAT 实时性
 - 周期时间短至 50 μ s
 - 空转时间 < 3 μ s (Intel® Core™2 Duo)
 - 可对 Windows 调节实时率
 - 如果空转时间太长则发出信息



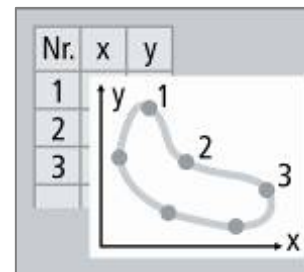
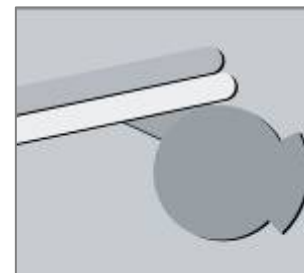
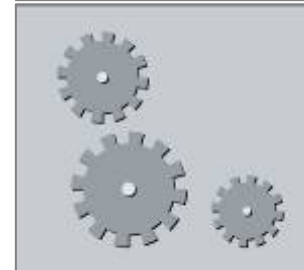
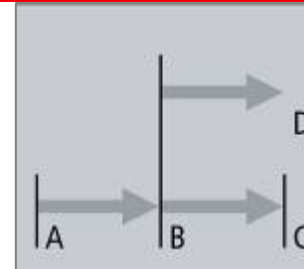
TwinCAT RT
Windows



- 易于安装和维护
- 对所有轴类型开放
 - 伺服轴
 - 步进轴
 - 直流电机
 - 开关轴
 - 液压轴
- 支持多种编码器
 - 数字式编码器
 - SERCOS, SSI
 - 模拟量: $\pm 10\text{ V}$
- 多种控制方式:
 - P, PI, PID



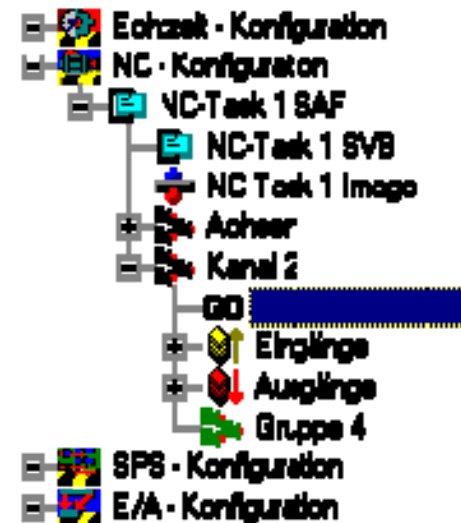
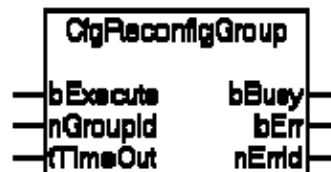
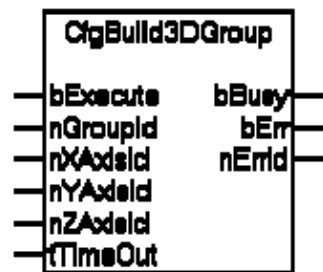
- 点到点运动
- 电子齿轮
- 数字式凸轮开关
- 电子凸轮
- 叠加
- 飞锯



TwinCAT CNC

TwinCAT NC I

- 3 插补轴+ 5 个辅助轴
- 采用 DIN 66025 编程语言
- 技术特征
- 易于访问 PTP 轴（释放group）
- PLC 可通过功能库轻松使用这些功能



Name	Ist-Pos.	Soll-Pos.	Schleppab.	Soll-Geschw.	Fehler
Axis 1	75.6759	75.6759	0.0000	58.9230	0x0
Axis 2	75.7938	75.7938	0.0000	58.9320	0x0
Axis 3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0x0

Programmanzeige SAF:

```

N10 G0 x0 y0 z0
N20 G1 x100 y100 z0 F5000
    
```

Programmanzeige Interpreter:

```

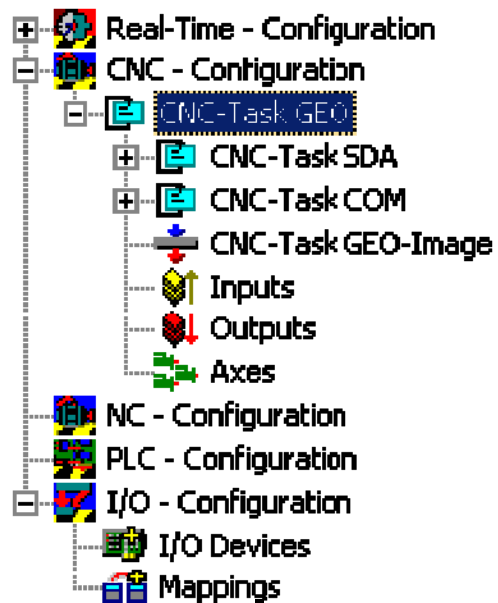
N30 (MFunc with handshake, eg start spindle)
N40 (M40) G1 X100 Y200 (M40 witch handshake before move)
N50 G1 X200
    
```

Programm-Name:

Interpreter Status: Ladepuffer (Byte):

Kanal Status:

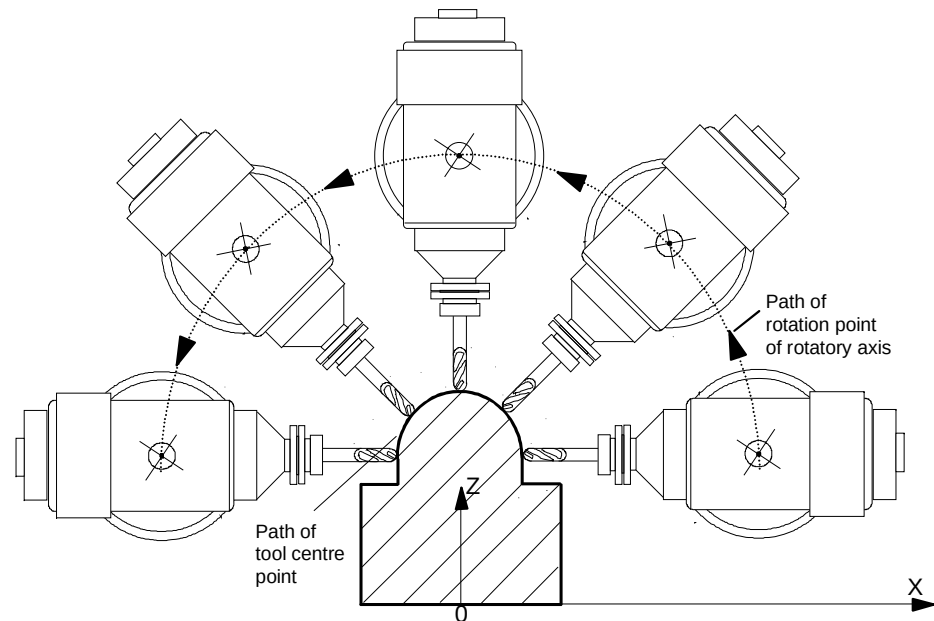
- 完整的 CNC 功能
- 一个通道内最多可达 32 个轴的插补运动
- 采用 DIN66025 编程语言
- 坐标轴转换



```

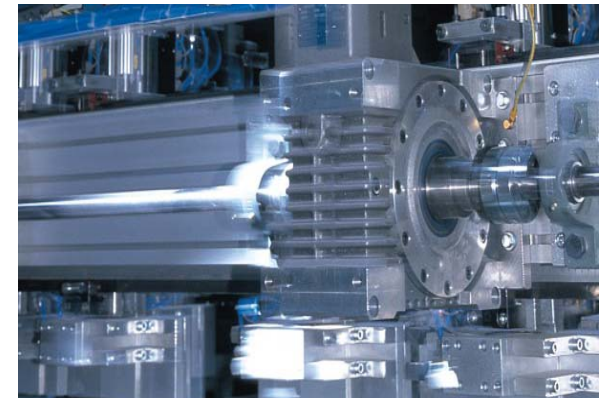
N00 #KIN ID [1]
N10 #RTCP ON
N20 G01 G18 X0 Y0 Z0 B90 F500
N30 X-4
N40 G02 X-20 I-40 B-90 F2000
N50 .....

```



实现高要求的CNC插补

- 五轴功能
- 样条插补（AKIMA，贝塞尔曲线，多项式曲线）
- 强大的PLC功能
- 强大的CNC/PLC界面
- 开放式的现场总线界面
- 应用于驱动控制的开放式的现场总线



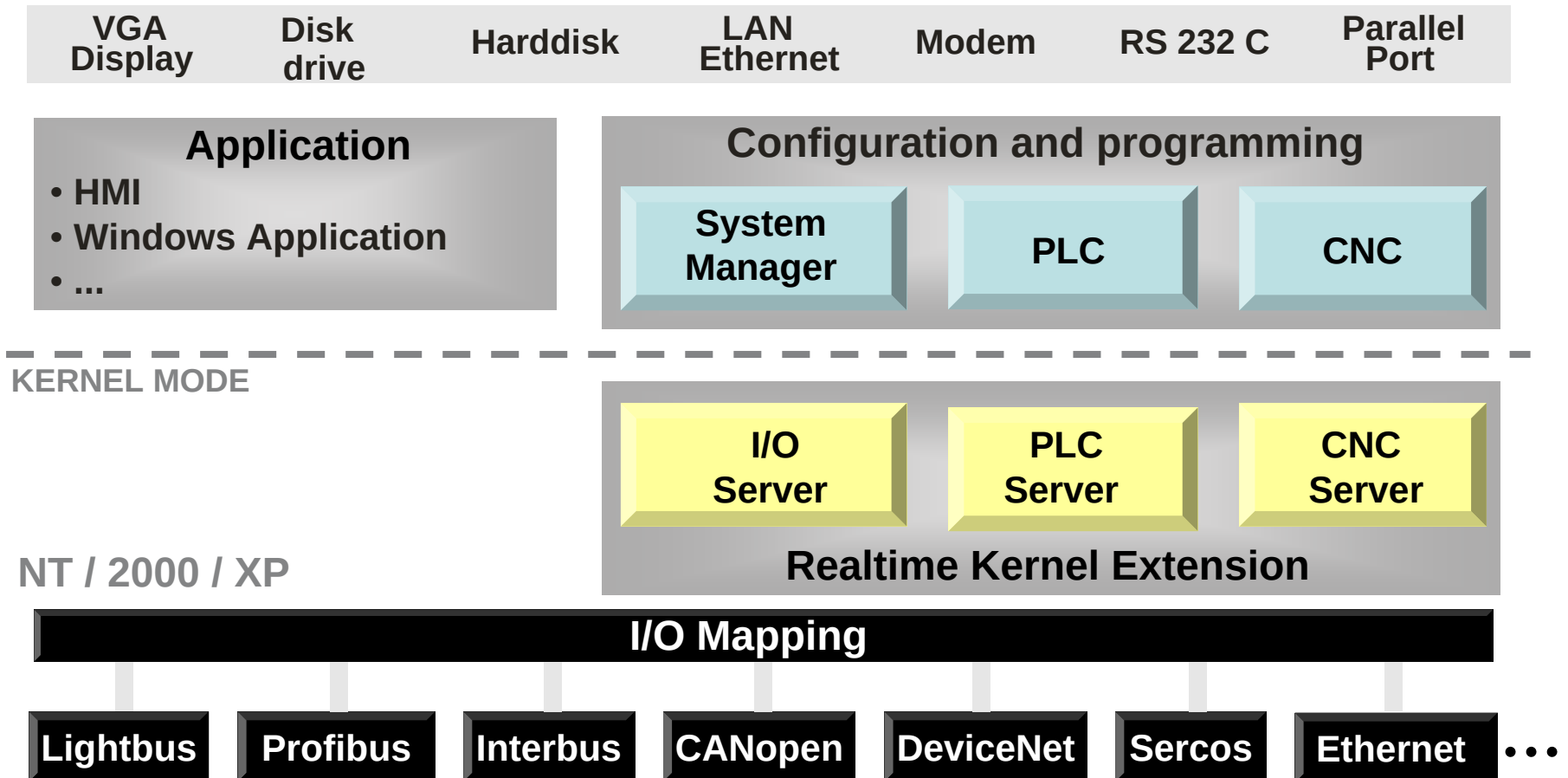
特点

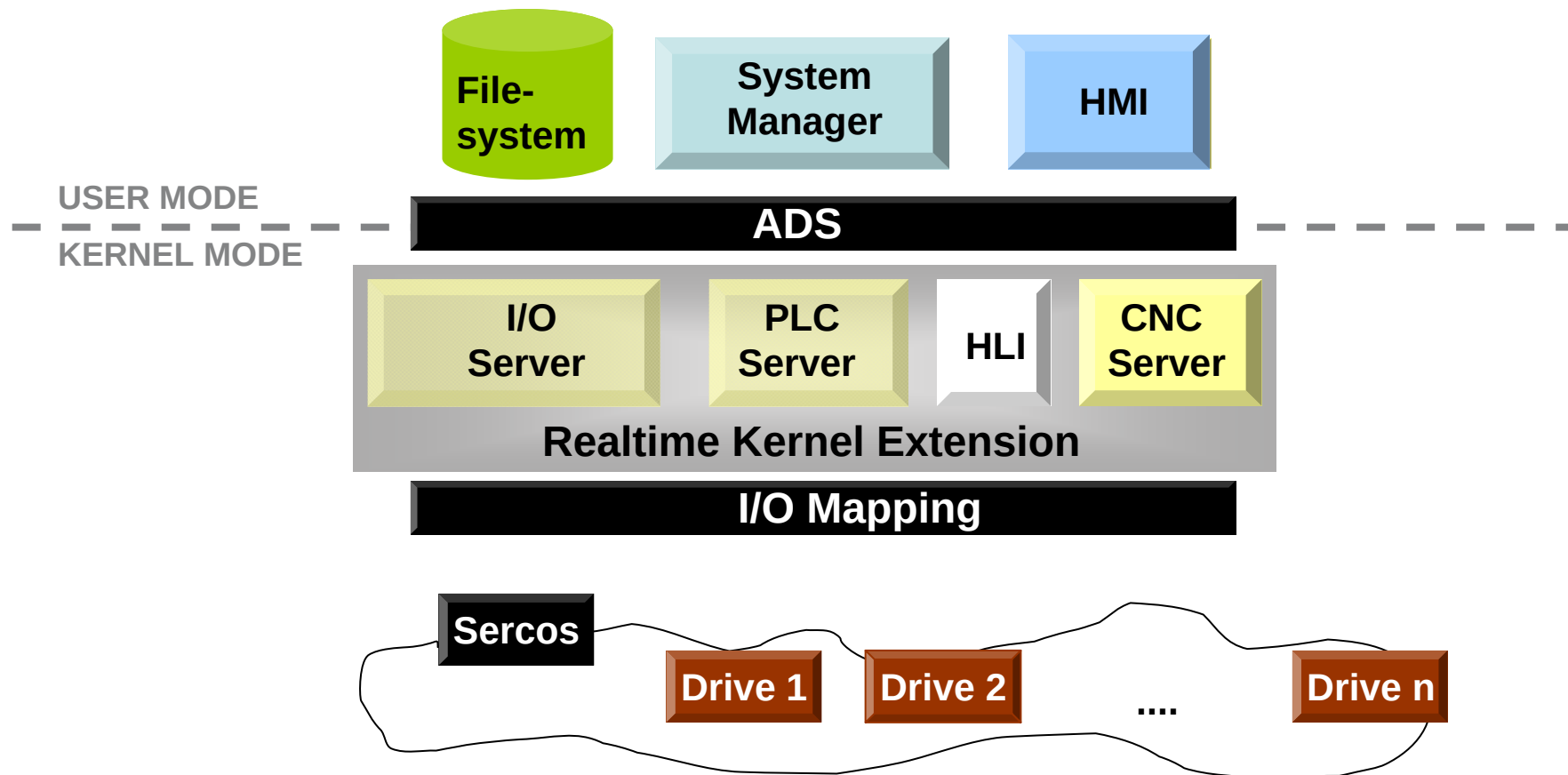
特性	TwinCAT CNC
轴/主轴的最大数量	64
主轴最大数量	12
独立通道最大数量	12
每个通道最大轴/主轴数:	32 / 6
PLC 编程标准	IEC 61131-3
CNC 编程标准	DIN 66025 及其扩展 高级语言扩展 带子程序和宏程序功能
插补功能	线性插补, 圆弧插补, 螺旋线插补 Jerk limiting slope 样条插补 预见功能 程序预读 look ahead 攻丝Tapping 高速切削HSC 等等。

特点

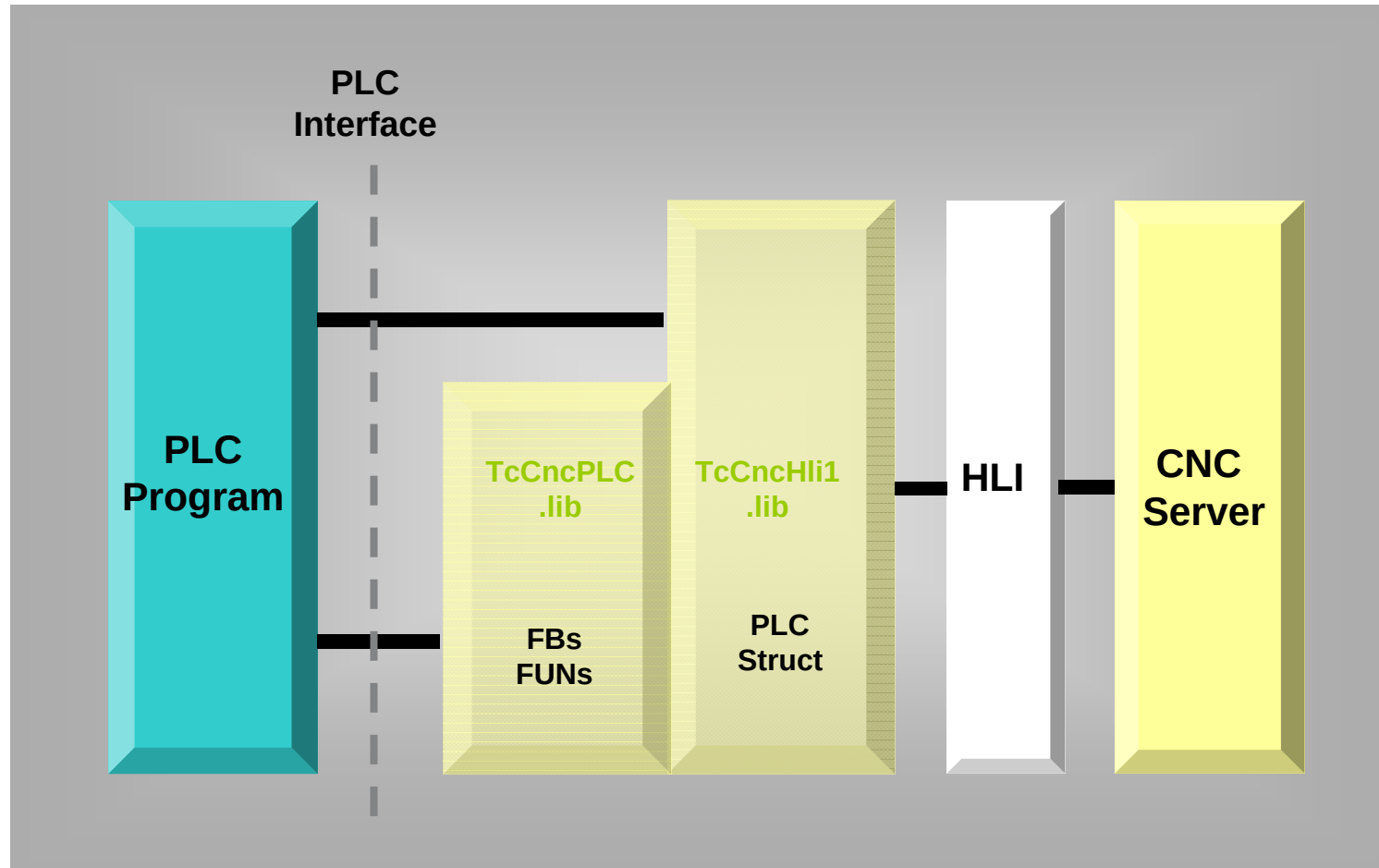
特性	TwinCAT CNC
轴功能	通道超调 不同种类的错误补偿, 长度TLC, 半径TRC 龙门轴Gantry axis 轴跟踪Axis tracking 附加轴Auxiliary axes 主从轴Master/Slave-axis 通道间的轴交换 主轴同步
实时转换	坐标系转换 五轴功能 RTCP功能 SCARA机器人
轴接口	Analog-/Encoder-Axes interface over fieldbus system Digital-Axes-interface over Lightbus, Sercos, Profibus MC, EtherCAT (SoE, CoE) ...
I/O - System	Fieldbussystem over Lightbus, Profibus DP, CANopen, DeviceNet, Interbus, Sercos, Ethernet, EtherCAT, PC-Interfaces ...

- **TwinCAT CNC Basic system**
 - 1 CNC-channel, (max. 12 channel)
 - 8 Axes/Spindle, (max. 64 Axes/Spindle option)
- **TwinCAT CNC Axes Pack**
 - 64 Axes/Spindle
- **TwinCAT CNC Channel Pack**
 - 1 additional CNC-channel (max. 12 channels)
- **TwinCAT CNC Transformation**
 - Coordinate- and cinematic- transformation
 - 5-Axes-Functionality, RTCP, Hexapod, SCARA, etc.
- **TwinCAT CNC Spline Interpolation**
 - Akima, Bspline
 - **HSC**
 - High Speed Cutting

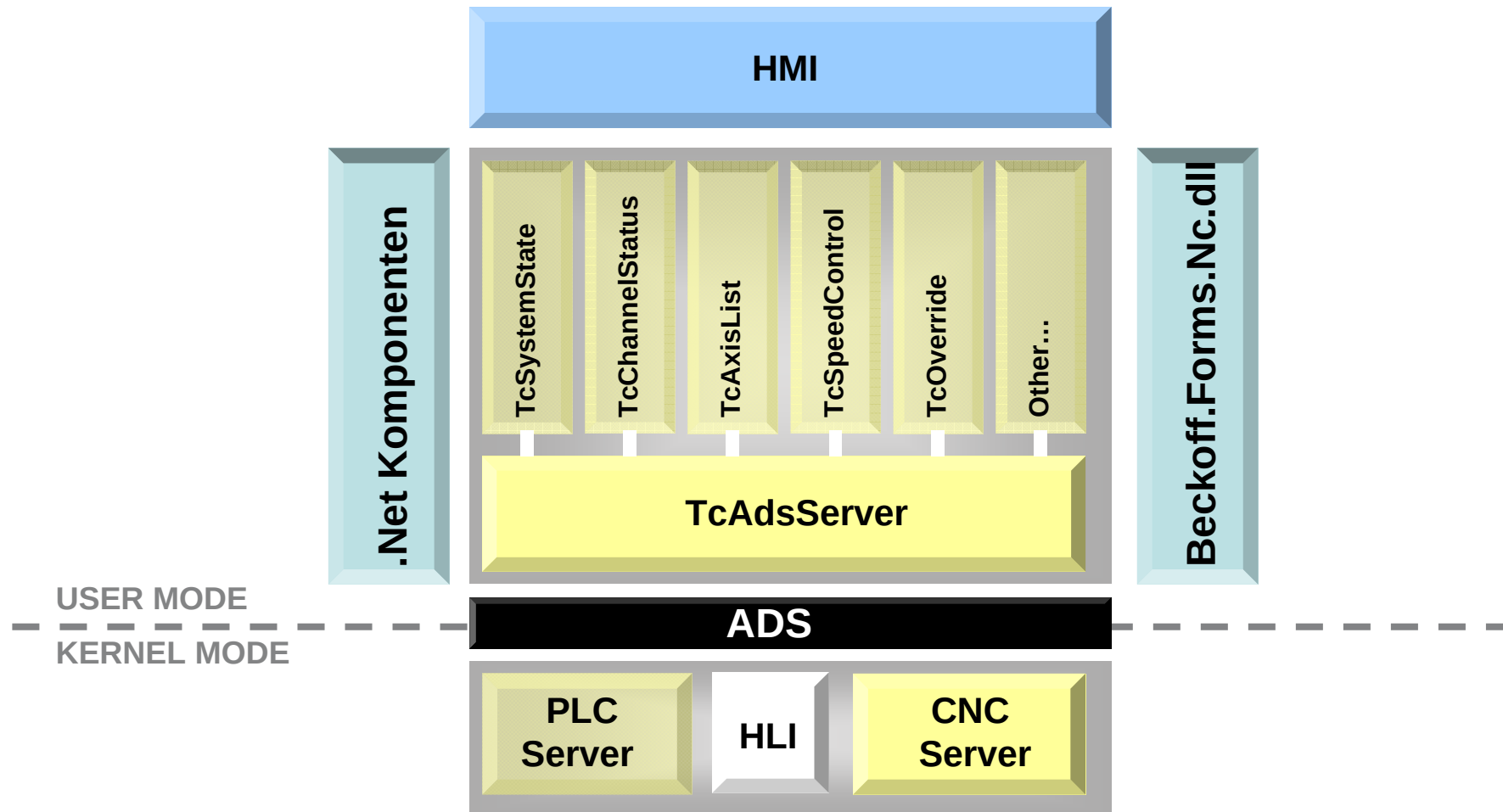




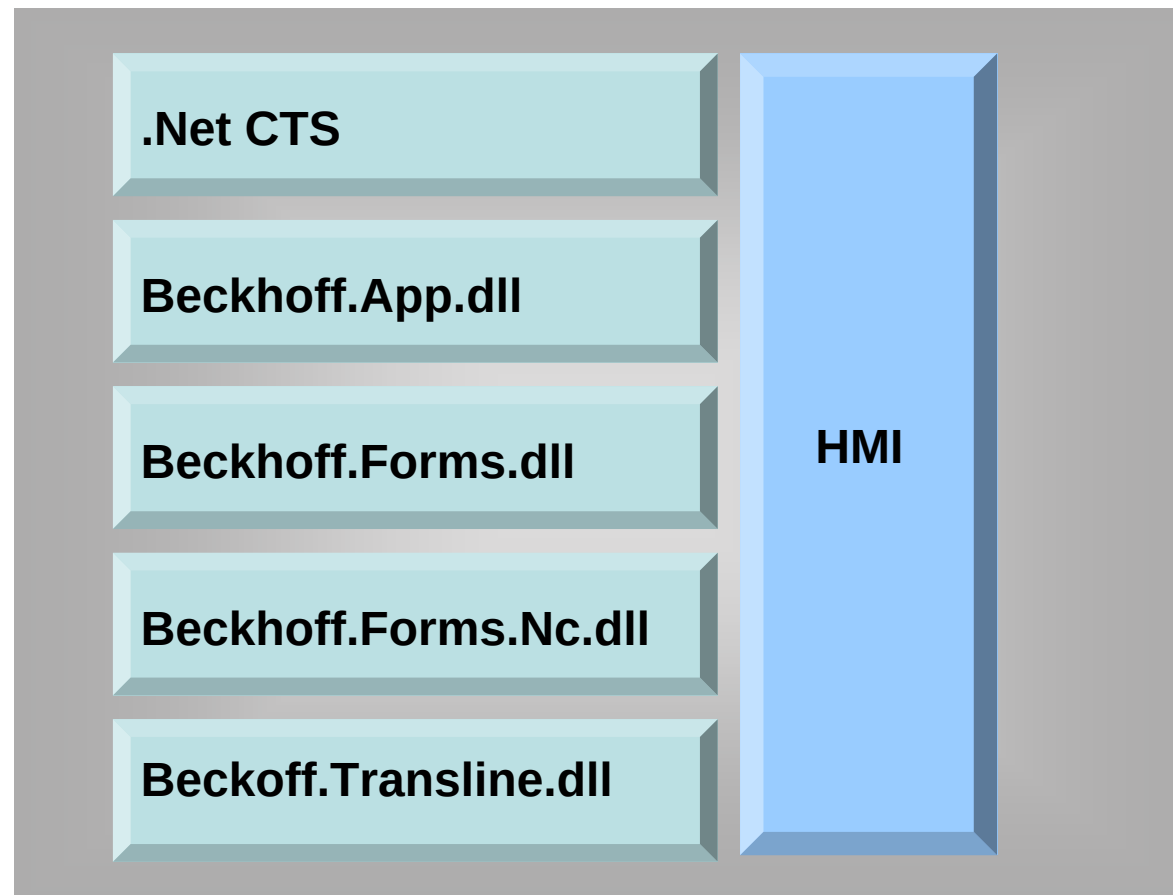
PLC Interface, Library, encapsulated functionality



CNC HMI Components



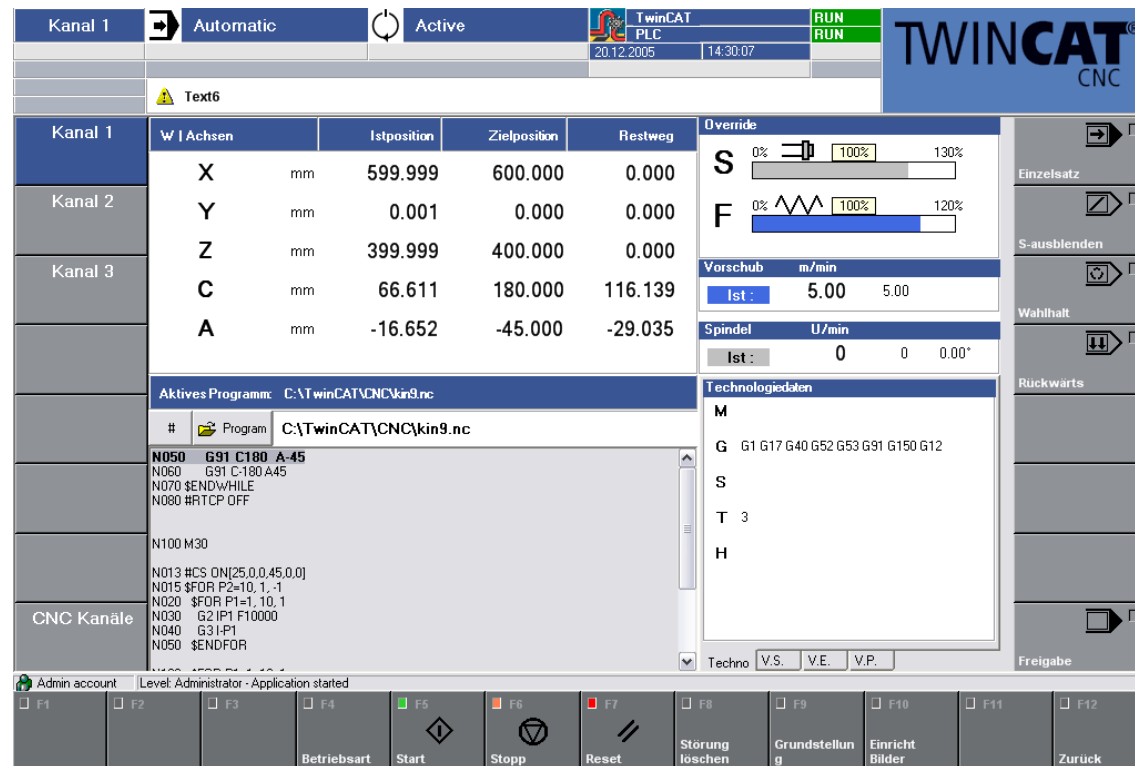
Components in the .NET Framework



(CTS) Common Type System. The CTS specifies how object classes (called types) are defined.

TwinCAT CNC, Standard HMI

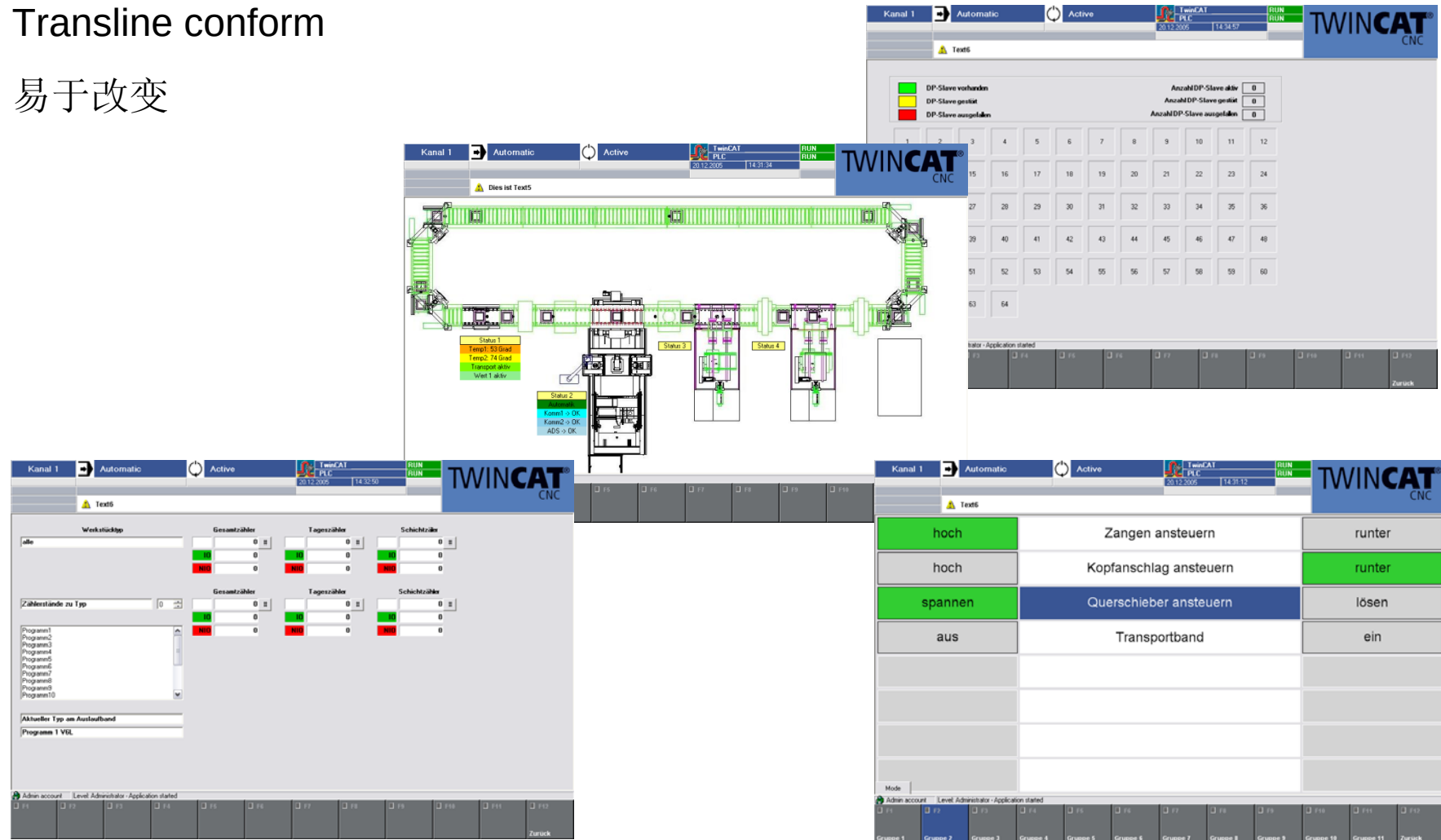
- 完全标准的 CNC-HMI
- 符合HÜMNOS/OSACA conform
- Microsoft .NET Basis
- 容易配置
- 容易使用
- 标准微软技术的使用



TwinCAT CNC

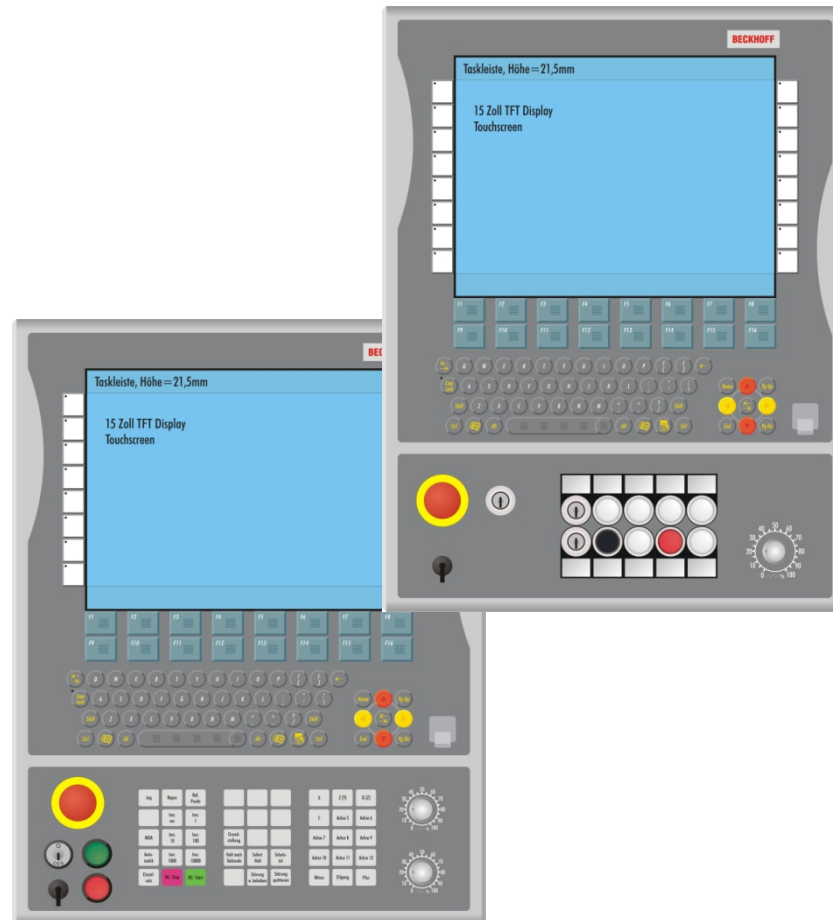
TwinCAT CNC - Transline HMI

- Transline conform
- 易于改变



„Transline“ 操作面板

- 汽车工业专用控制面板
 - Transline 概念
- 机床控制面板
 - Transline concept
- 用户特色解决方案
 - easy to solve



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案



控制系统硬件架构

- ✓IPC
- ✓控制面板
- ✓EtherCAT实时工业以太网
- ✓总线伺服驱动器
- ✓高动态伺服电机

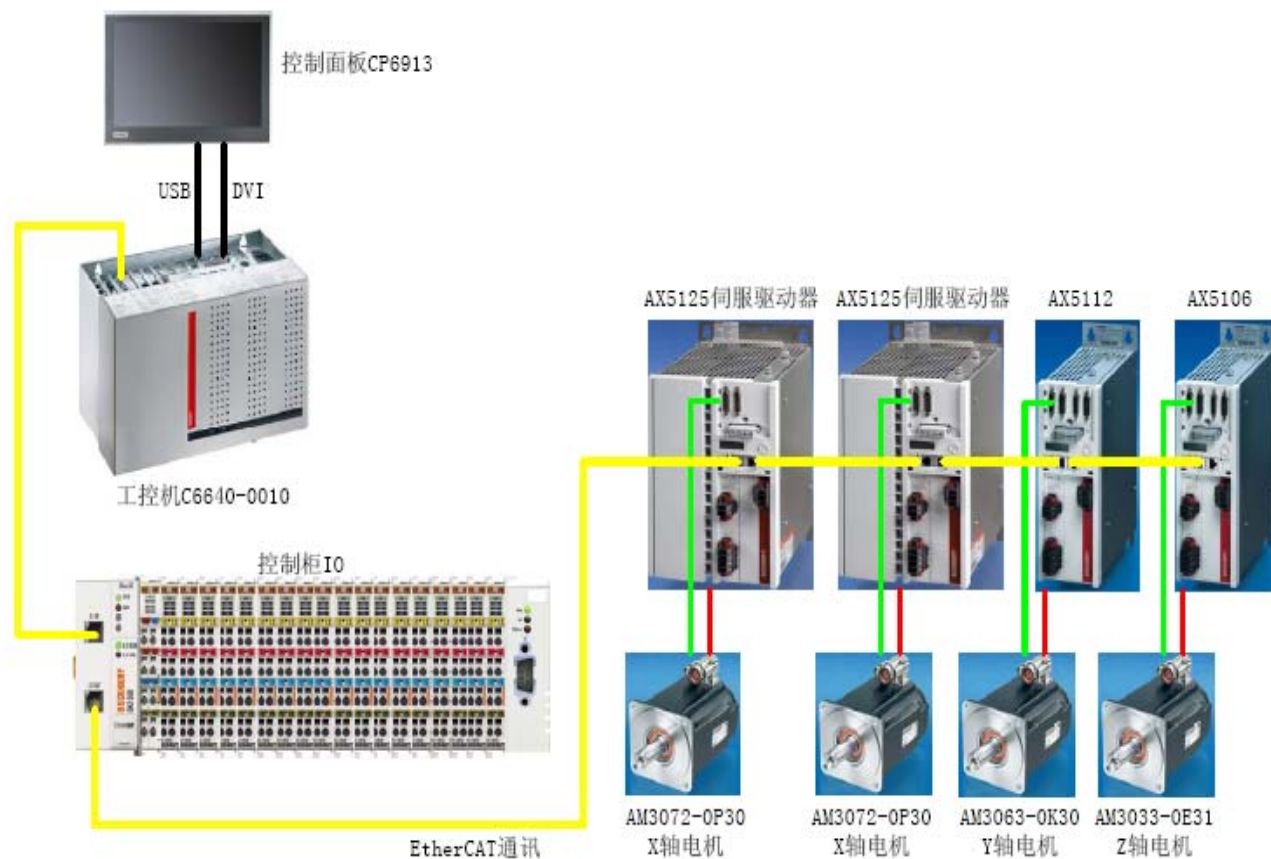


BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案



控制系统硬件结构方案图

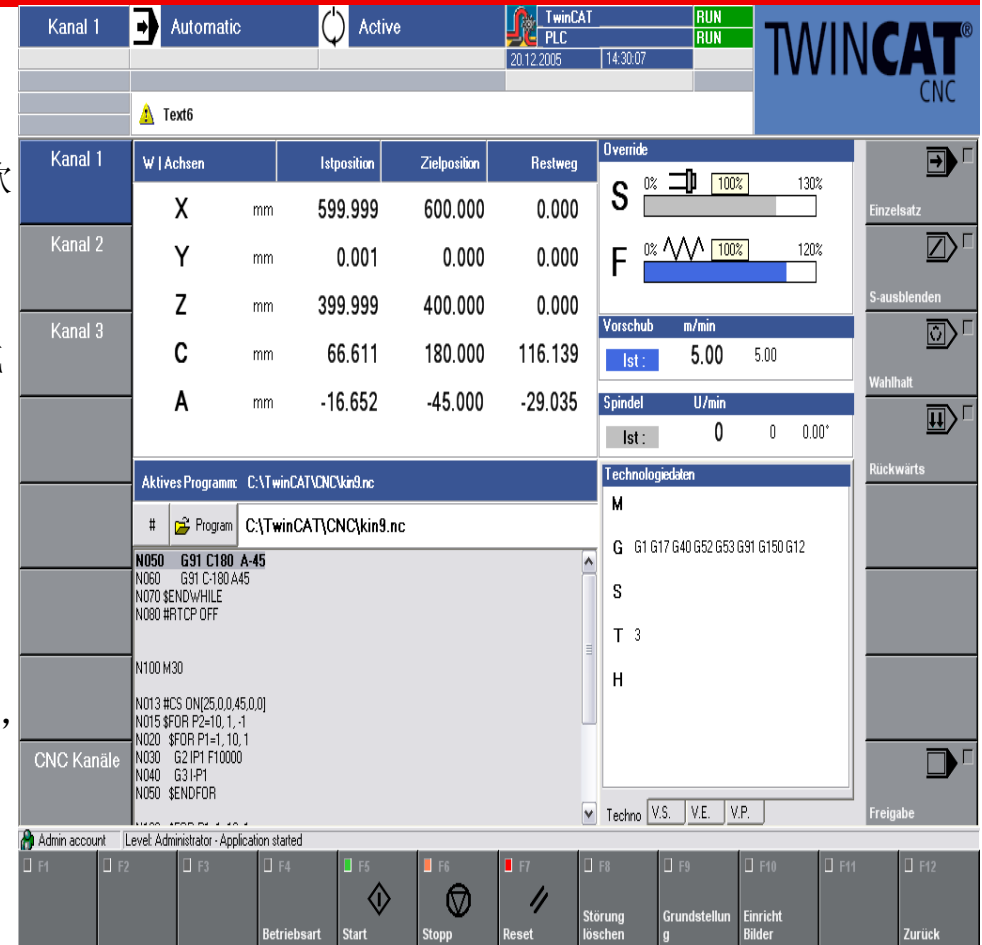
- ✓不再需要任何的专用控制卡，完全采用标准PC产品，独立于硬件供应商。
- ✓支持多种现场总线，从而最大限度上满足系统开放性的需求。
- ✓整个系统**只有一个CPU（PC）**，完成全部的数据计算（NC,CNC,PLC），避免传统结构中多个CPU之间通讯配合而造成的系统性能损失。
- ✓高速的EtherCAT实时以太网通讯，确保极短的控制周期及环境可靠性。
- ✓在工控机性能满足要求的情况下，对**设备进行升级**，比如增加伺服轴数，控制IO数，**不需要更改任何主控系统**。



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

PC-based 开放式软件 CNC 特点

- ✓ BECKHOFF CNC软件分为两部分，上层配置编程软件和底层实时核运行模块。
- ✓ CNC与PLC之间的数据交换采用HLI共享内存的方式实现，有效避免通讯延迟，提升信号响应精度。
- ✓ CNC,NC,PLC三者实时核同时运行，共享数据，实现插补轴，非编程轴，外围信号三者的无缝结合。
- ✓ CNC内核具备完整的CNC功能，模块化CNC功能块，可实现五轴联动，RTCP等全部高级功能。
- ✓ 用户界面支持C语言编写，可自由定制个性化界面。

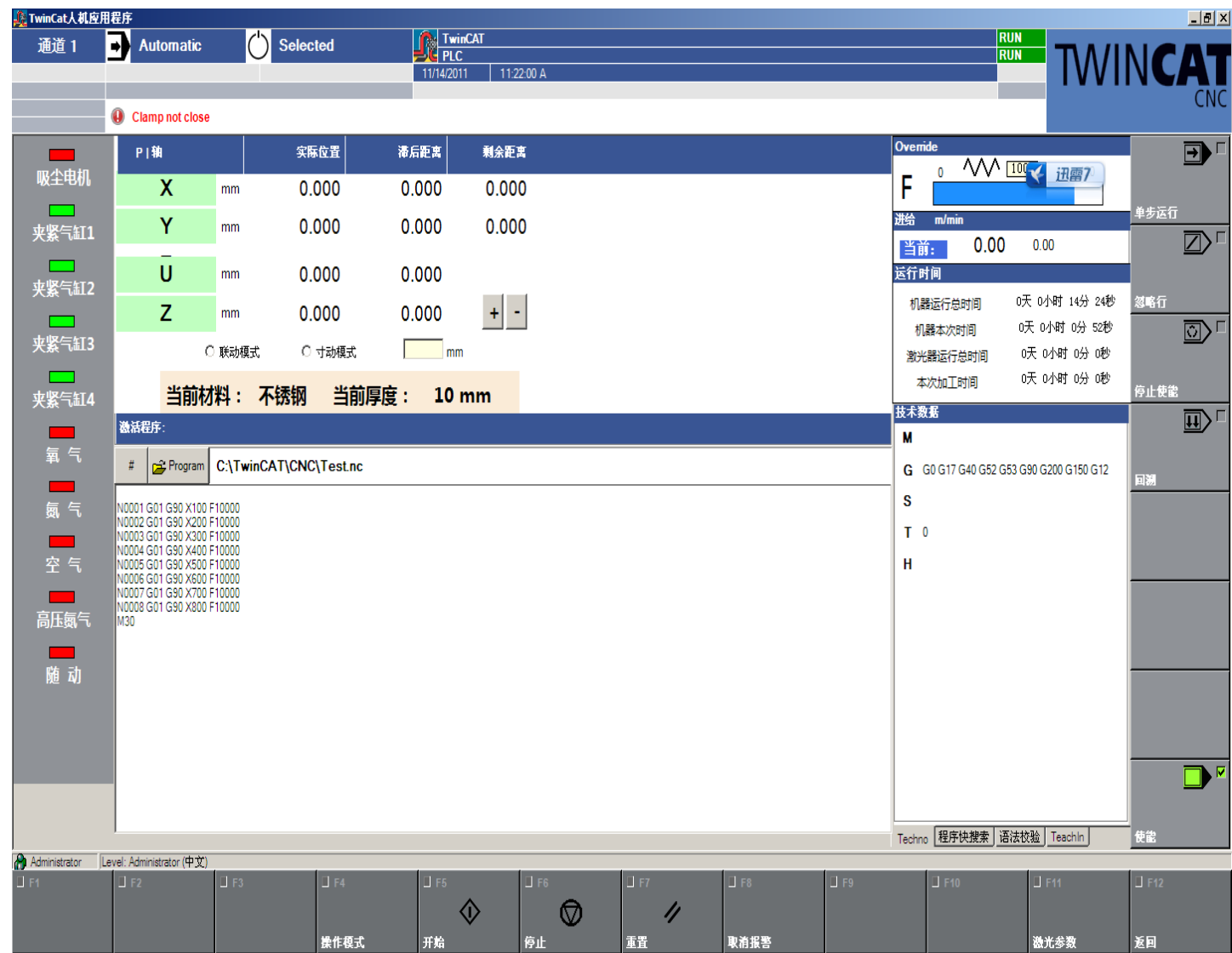


全软件式CNC把运动控制器与PLC以应用软件的形式实现。

BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

激光切割机 CNC-主界面

- ✓ BECKHOFF中国提供
人机界面软件源代码
- ✓ 根据客户要求定制软件界面
- ✓ 基于C#, C++等高级
语言开发



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

激光切割机 CNC-参数界面

TwinCat 人机应用程序

通道 1 Automatic Selected

TwinCAT PLC
11/14/2011 11:22:58 A

TWINCAT
CNC

Motor not start

不锈钢
厚度10

碳钢
不锈钢
铝板

1
2
3
4
5
6
8
10

切割参数	速度	功率	频率	占空比	气体种类	气体压力	气体等待	边缘	功率控制	变
1	1	2000	25325	100	3.3	1	2	2	2	
2	3300	2000	1000	100	023	1	2	2	2	
3	3300	2000	1000	100	3.3	1	2	2	2	
4	3300	2000	1000	100	333	1	2	2	2	
5	3300	2000	1000	100	3.3	1	2	2	2	
6	3300	2000	1000	100	3.3	1	2	2	2	
6	3300	2000	1000	100	3.3	1	2	2	2	

Administrator | Level: Administrator (中文)

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10 F11 F12

切割参数 钻孔参数 边缘参数 功率控制 保存 写入PLC中 返回

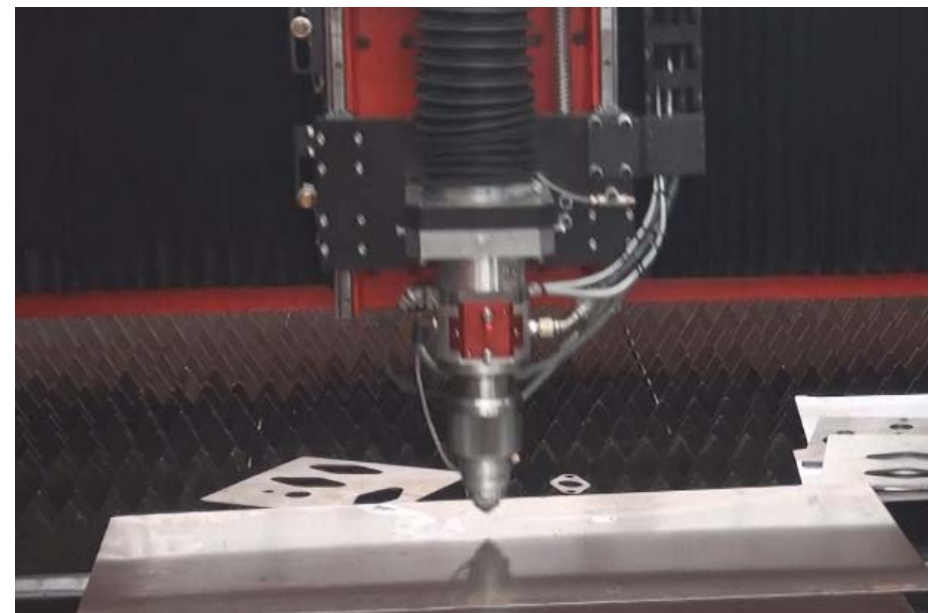
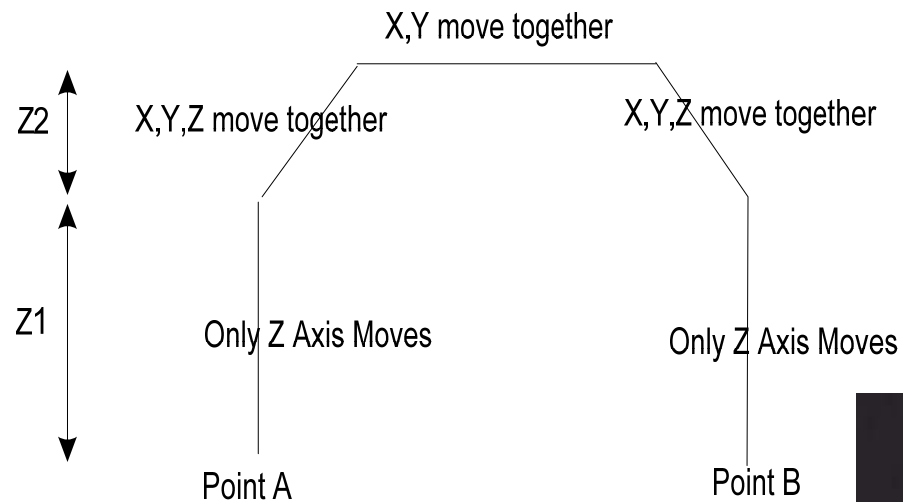
BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

激光切割机



激光切割机 CNC – 特殊工艺（蛙跳）

蛙跳功能描述如下：



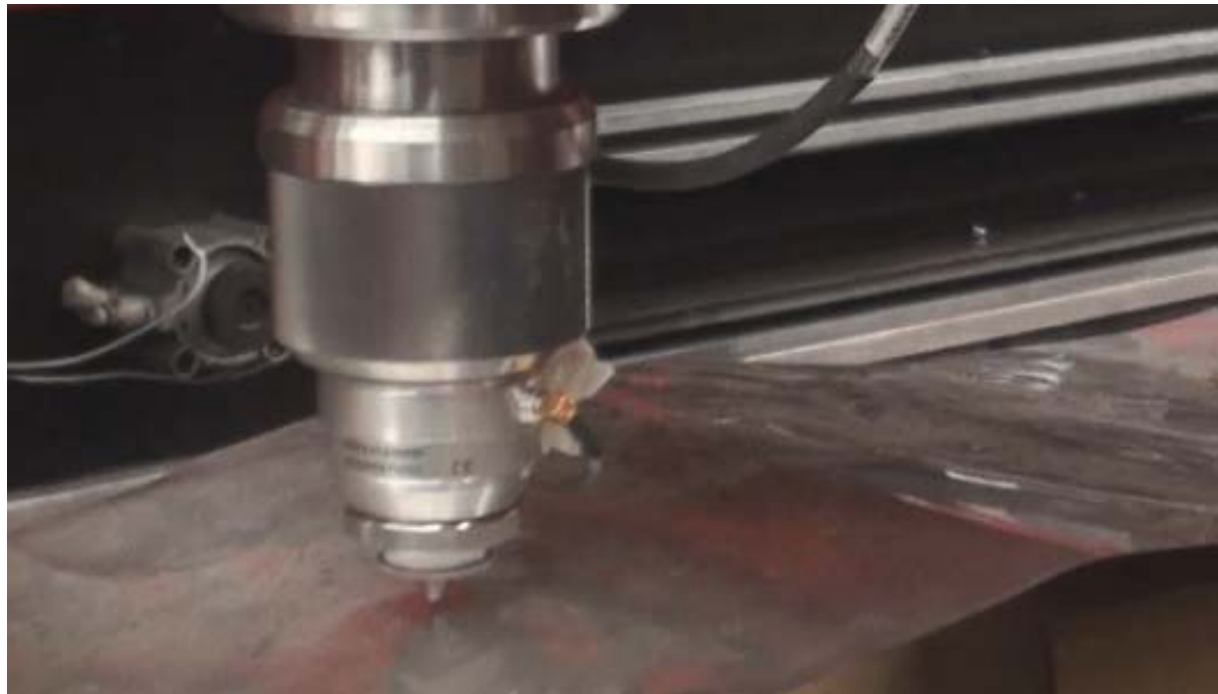
激光切割机 CNC – 特殊工艺（Z 轴随动）

- Z轴随动控制

通过一个正负10V的模拟量输入连接到系统中，保证切割头的高度与板面保持一致。

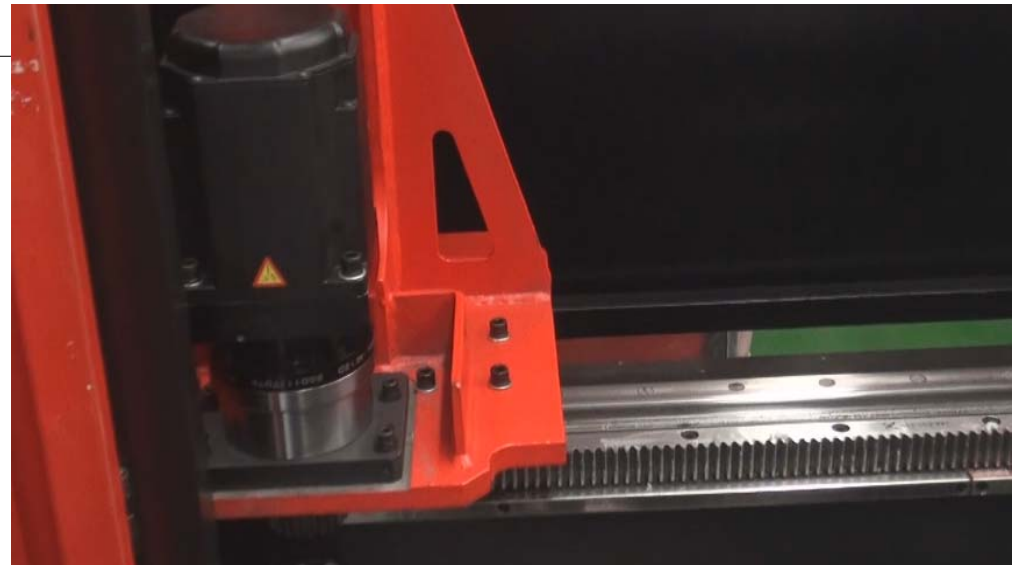
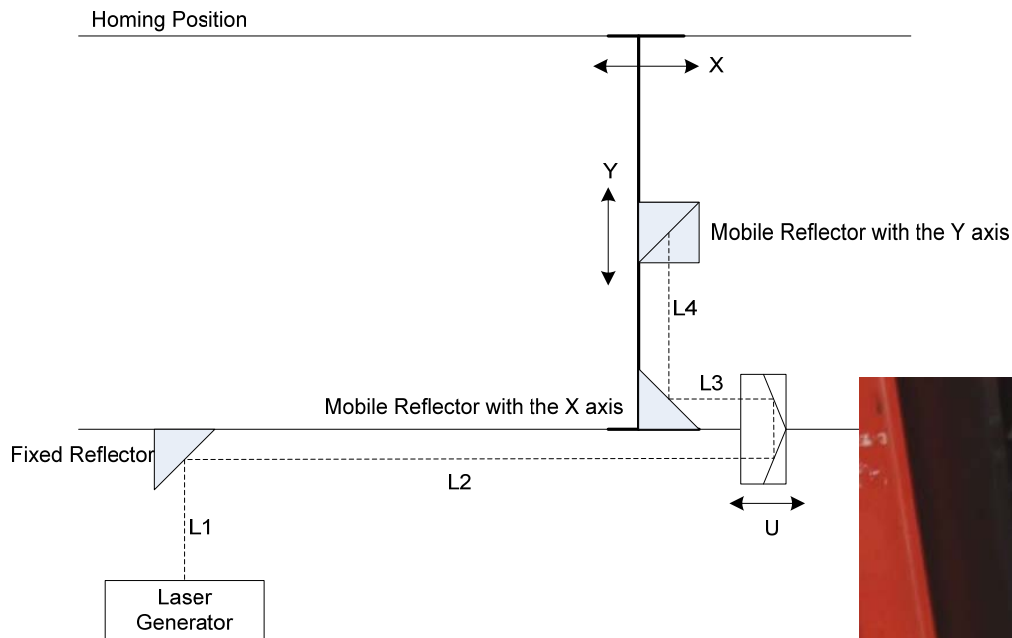
- 倍福的方案：

解决方案. 通过NC轴，再加一个PID的模块来实现一个闭环控制。实际应用中，我就是利用了FB_DancerControl这个功能块实现的。



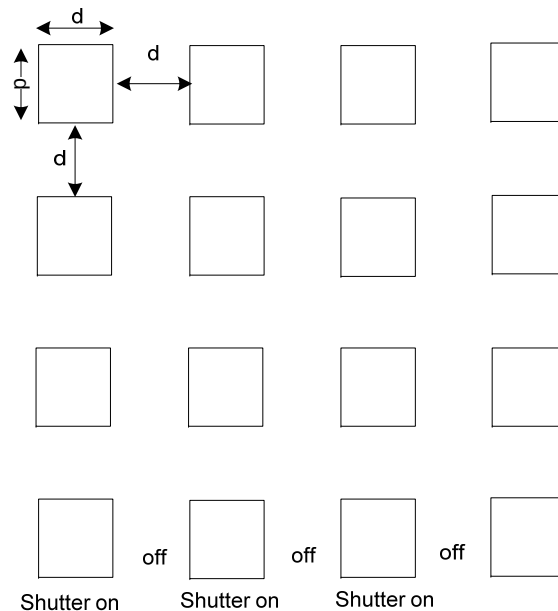
激光切割机 CNC – 特殊工艺（光路补偿功能）

- 光路补偿轴U的位置： $U = \Delta X + \Delta Y$ 。
- 倍福解决方案：U轴作为NC轴，利用我们NC中的External profile的功能实现



激光切割机 CNC – 特殊工艺（扫描切割/快速电子光闸开关）

- 扫描切割的工艺描述如下图，就是在切割的过程中在工件加工点打开光闸，离开就关闭光闸。



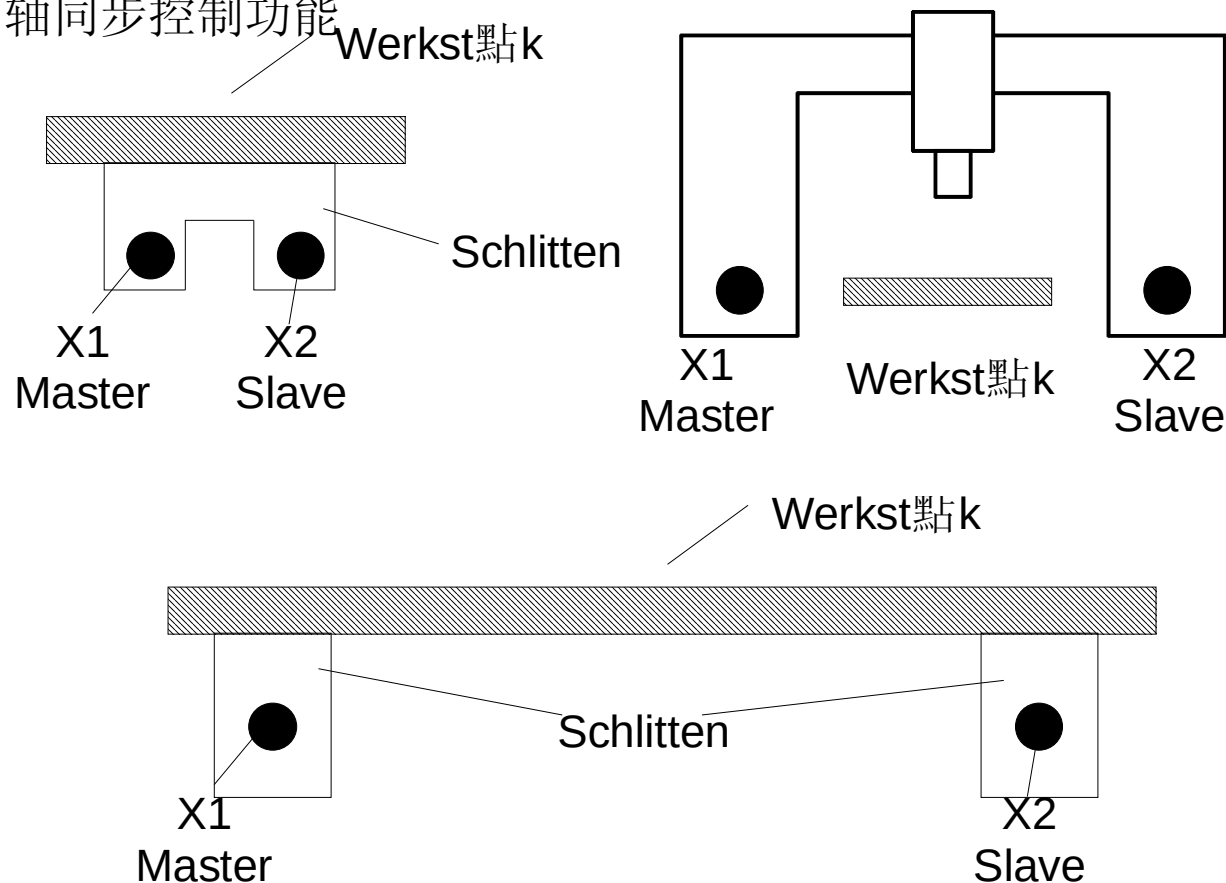
G90 G01 X7d Y0 F1000

- 采用 XFC技术后，I/O 响应速度变得非常快，信号延迟时间被大大缩短。
- 采用Ethercat的分布式时钟技术
- XFC 功能库与 Bckhoff EtherCAT I/O 端子模块结合使用，能够高精度检测轴位置并精确输出数字量信号。

倍福解决方案：利用Beckhoff的最新的XFC技术，用TimeStamp时间戳的方式来精确实现这个功能。

激光切割机 CNC – 特殊工艺（龙门轴 / 双边驱动）

- Beckhoff TwinCAT CNC系统自带，并且在国内已经有很成熟的应用（激光切割、等离子切割、高速冲床等）
- 多轴同步控制功能



激光切割机 CNC – 特殊工艺（激光功率控制）

- 功率控制

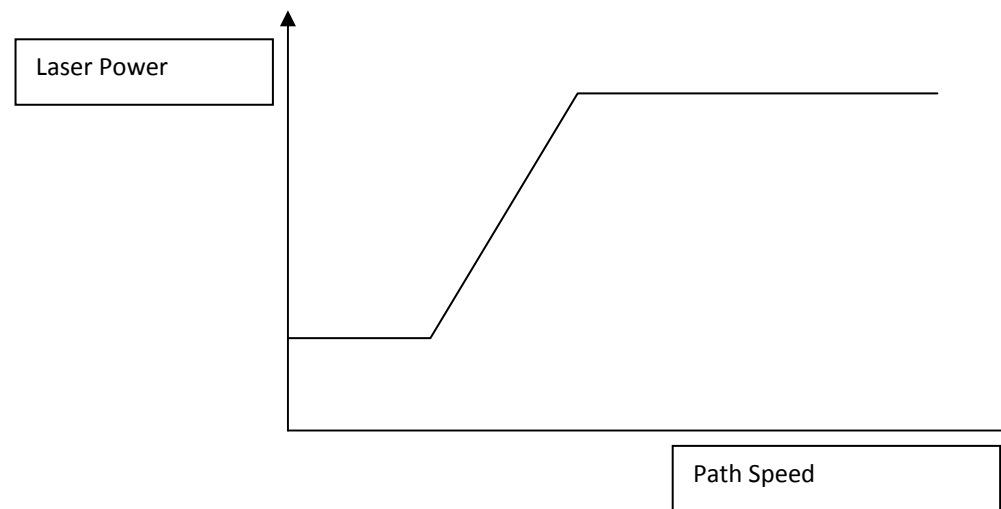
根据当前轴的移动速度，来动态调节激光功率。

- 倍福方案：

在TwinCAT PLC中，我们有变量

`pMC[nChan]^addr^.StateBahn_Data.D_CommandFeed`

可以直接读取当前轴的速度，再根据用户提供的速度功率曲线，直接控制功率。



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

激光切割机 CNC – 控制系统硬件（控制面板）



钣金加工行业应用案例（瑞士百超激光切割机）

- 超强动力、超高生产效率的大功率激光切割系统
- 激光器 (功率) 4400 W, 6000 W
- 切割范围 3048 x 1524 mm
- 最大轴向加速度 20 m/s^2
- 轴平行最大定位速度 120 m/min
- X-Y 轴联动最大定位速度 169 m/r



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

钣金加工行业应用案例（德国梅塞尔激光切割机）

- 由梅塞尔切割焊接（中国）有限公司历时三年研发成功、代表世界最高水平的光纤激光切割机
- 梅塞尔切割焊接（中国）有限公司成立于1995年，位于昆山经济开发区，经过14年的发展，已成为世界上最大的数控切割机生产基地。



钣金加工行业应用案例（扬州金方圆激光切割机）

- 国内激光切割机第一家应用案例
- 国内自主完成开发及调试
- 关键性能指标：最大轴向速度120 m/min；最大轴向加速度 15 m/s²



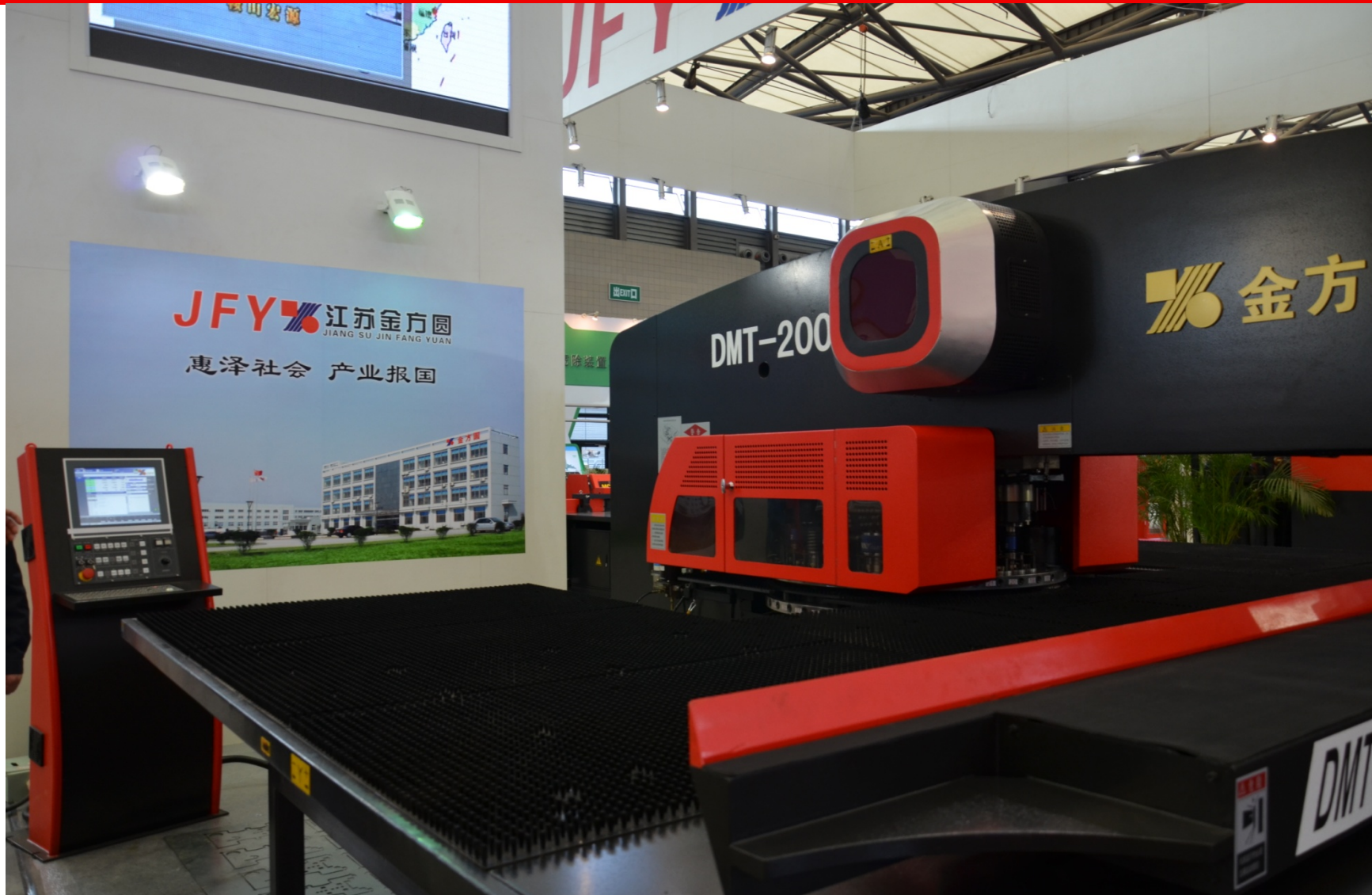
钣金加工行业应用案例（梅塞尔等离子切割机）

- IPC
 - 控制柜式 PC C6240
 - 控制面板
- I/O
 - Lightbus 总线耦合器 BK2xx0
 - 总线端子模块
- 运动控制
 - 伺服驱动器 AX2500
 - 伺服电机
- 自动化软件
 - TwinCAT PLC
 - TwinCAT CNC
 - TwinCAT ScopeView



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

钣金加工行业应用案例（金方圆全电动高速冲床）



BECKHOFF激光切割机控制系统解决方案

钣金加工行业应用案例（昆山华恒：自动化焊接设备）

机器人焊接系统

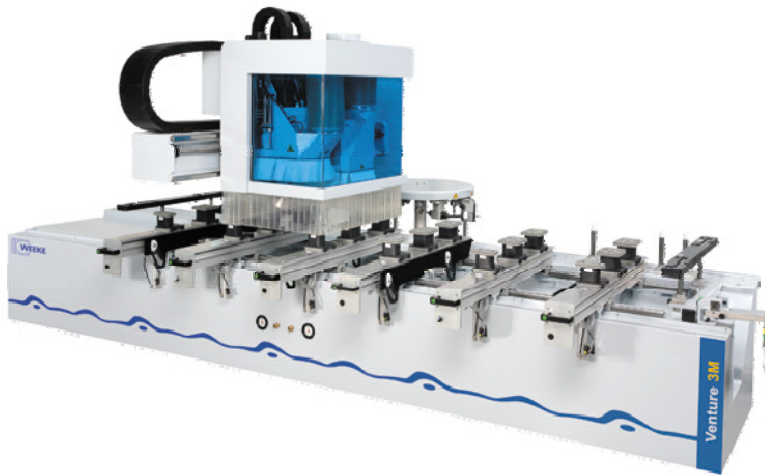


自动化焊接生产线



Example: Wood and Metal working

Wood and metal machines



Quelle: Weeke

Wood working, 4-axis center



Quelle: Messer

Plasma cutting, 5-axis-Trafo

夏则才

金属加工行业经理

13817393279

Z.Xia@Beckhoff.com.cn

黎凌霄

CNC产品经理

18602109116

L.Li@Beckhoff.com.cn