

Was sind die verschiedenen  
Automatisierungsgebiete?

Was ist ein Automatisierungssystem?  
Ein Feldbus?

Thierry Prud'homme

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

# Outline

- ① Definition
- ② Automatisierungsgebiete
- ③ Automatisierungsrechner
- ④ Feldbusse

# Lernziele

- Die Studierende können die verschiedenen Automatisierungsgebiete auflisten.
- Die Studierende können die Anforderungen an einem Automatisierungssystem auflisten.
- Die Studierende können erklären was ein Feldbus ist und wofür er gebraucht wird.

# Automatisierung: Definition

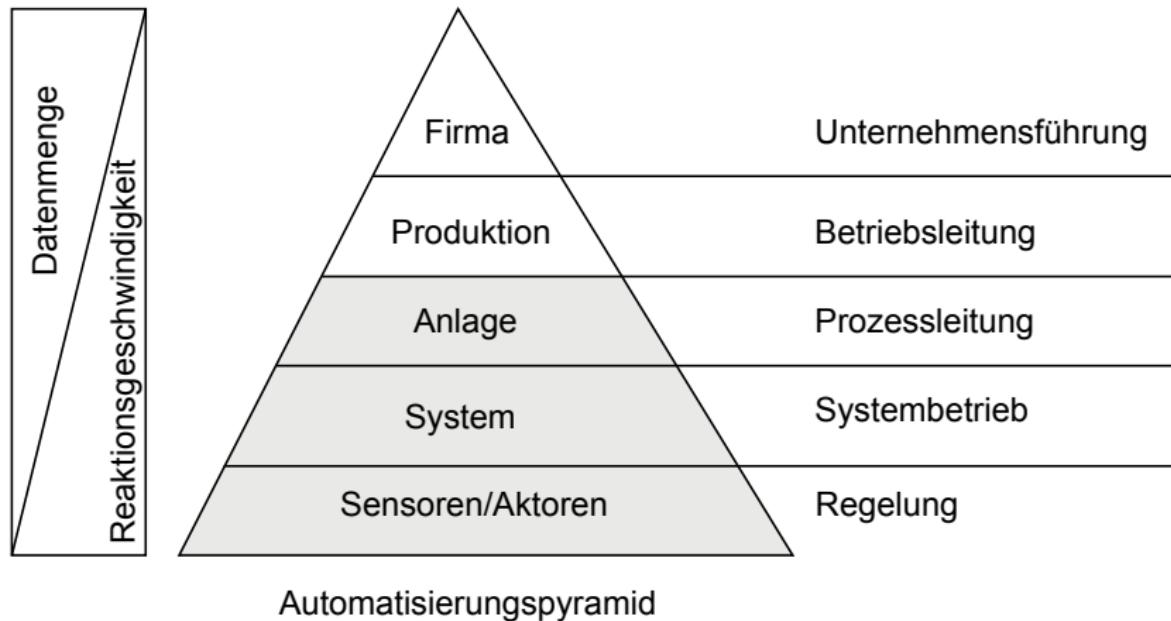
Automatisierung (DIN 19222): Das Ausrüsten einer Einrichtung, so dass sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen geschieht

# Anlagenautomatisierung

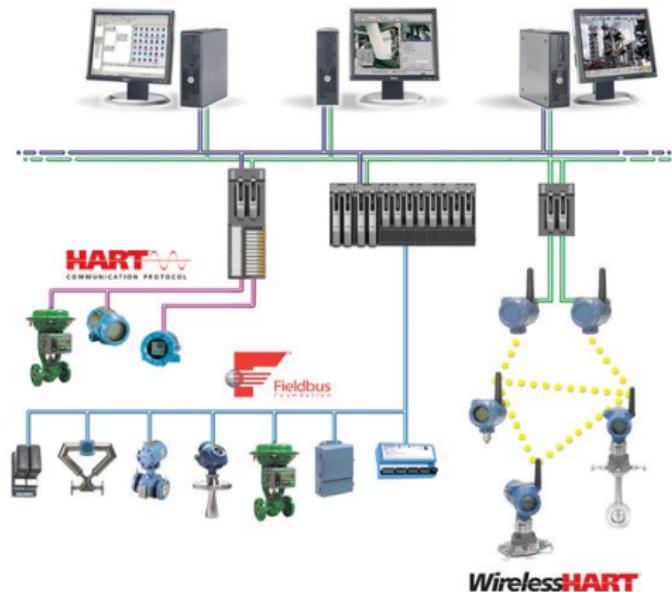
- Fertigungsanlagen
- Kraftwerke
- Chemieanlagen
- Postverteilanlagen
- usw.

Definition	Anlagenautomatisierung
Automatisierungsgebiete	Gebäudeautomatisierung
Automatisierungsrechner	Maschinenautomatisierung
Feldbusse	Gerätautomatisierung

# Automatisierungspyramide (industrielle Fertigung)



# Überblick



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

**Anlagenautomatisierung**  
Gebäudeautomatisierung  
Maschinenautomatisierung  
Gerätautomatisierung

# Beispiel 1: Chemieanlage



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

**Anlagenautomatisierung**  
Gebäudeautomatisierung  
Maschinenautomatisierung  
Gerätautomatisierung

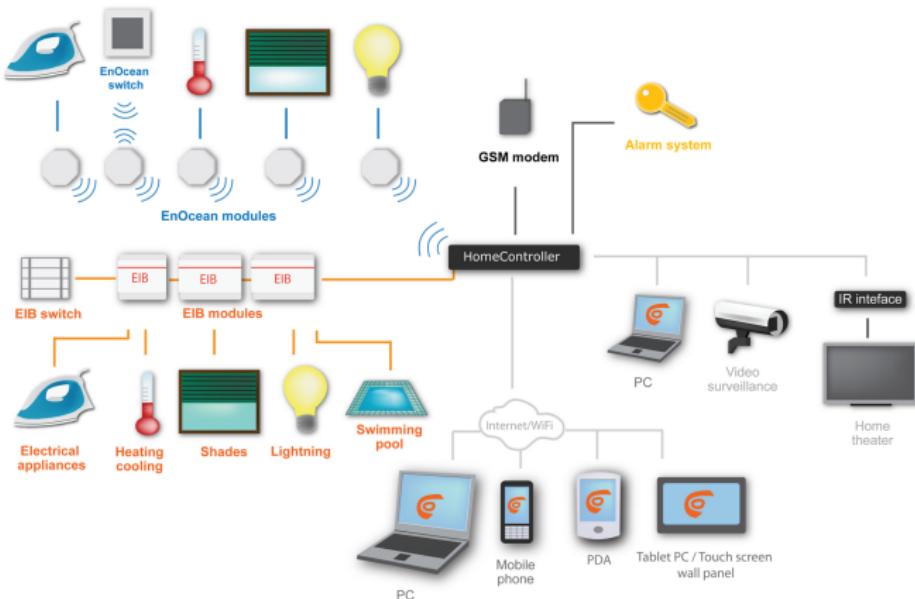
## Beispiel 2: Kernkraftwerk



# Gebäudeautomatisierung

- Einfamilienhaus
- Einkaufszentrum
- Stadion
- Bürogebäude
- Hotel
- usw.

# Überblick



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

Anlagenautomatisierung  
**Gebäudeautomatisierung**  
Maschinenautomatisierung  
Gerätautomatisierung

# Beispiel 1: Rolex Center Lausanne



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

Anlagenautomatisierung  
**Gebäudeautomatisierung**  
Maschinenautomatisierung  
Gerätautomatisierung

## Beispiel 2: Stade de France



# Beispiel 3: Hotel Negresco

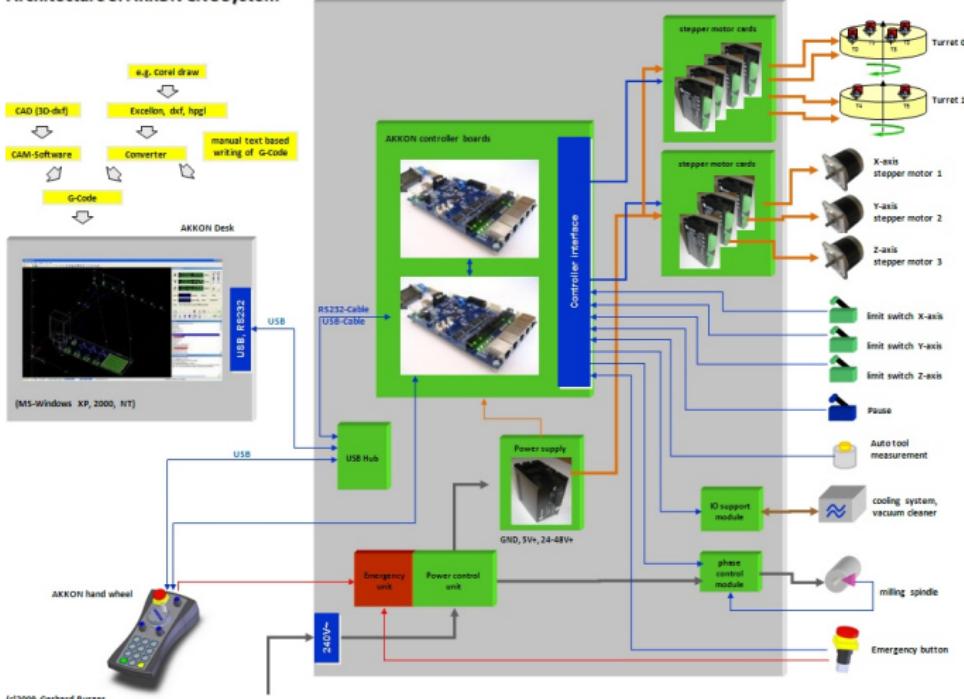


# Maschinenautomatisierung

- Werkzeugmaschinen
- Druckmaschinen
- Textilmaschinen
- Papiermaschinen
- Industrieroboter
- usw.

# Überblick

Architecture of AKKON CNC System



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

Anlagenautomatisierung  
Gebäudeautomatisierung  
**Maschinenautomatisierung**  
Gerätautomatisierung

# Beispiel 1: Wasserstrahlschneider



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

Anlagenautomatisierung  
Gebäudeautomatisierung  
**Maschinenautomatisierung**  
Gerätautomatisierung

## Beispiel 2: Biegemaschine



## Beispiel 3: Industrieroboter



# Gerätautomatisierung

- Medizinische Geräte
- Telefone
- Computer
- Haushaltsgeräte
- usw.

# Beispiel 1: Insulinpumpe



Definition  
**Automatisierungsgebiete**  
Automatisierungsrechner  
Feldbusse

Anlagenautomatisierung  
Gebäudeautomatisierung  
Maschinenautomatisierung  
**Gerätautomatisierung**

## Beispiel 2: Staubsauger



# Allgemeine Aufgaben

Echtzeitanforderung

Regler  
Prozessabläufen  
usw.

keine  
Echtzeitanforderung

Mensch-Maschine-Interface (HMI)  
Produktionsplanung  
Archivierung  
usw.

# Allgemeine Anforderungen

Echtzeitfähigkeit

Betriebssysteme

Speicherarchitektur

Ein- Ausgabe von  
Prozesssignalen

Aktoren

Sensoren

Kommunikationssysteme

Sicherheit  
Zuverlässigkeit

Hochwertige Komponente

Redundanz

Resistenz gegen  
Umwelteinflüsse

Spezielle Gehäuse

Schaltschranksmontage

# Bauform: Control Panel



# Bauform: Compact



# Bauform: Compact / Schienen



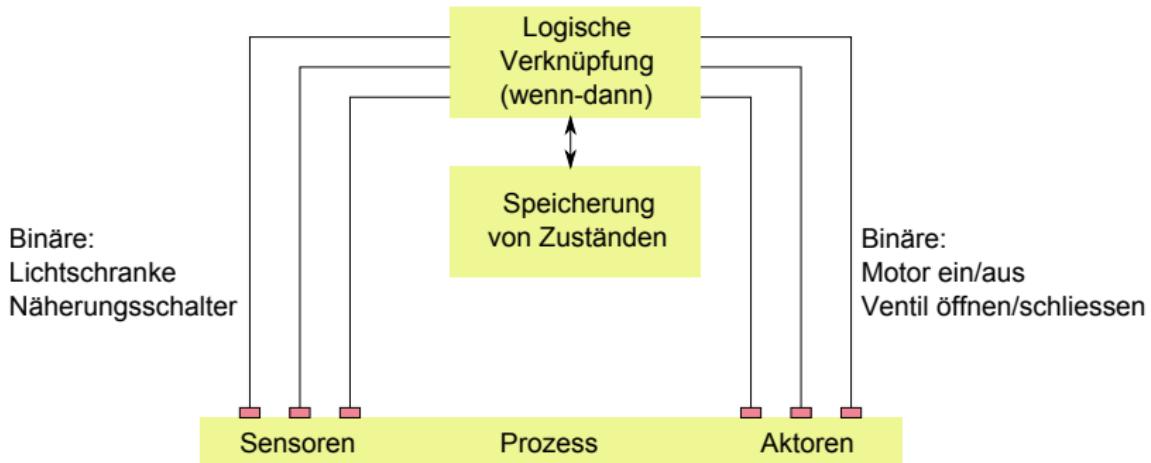
# Bauform: Rack 19 zoll



# SPS

- SPS: Speicherprogrammierbare Steuerung
- PLC: Programmable Logic Controller
- Wenn-dann-Regel

# SPS (PLC): Prinzip



# SPS: Beispiel

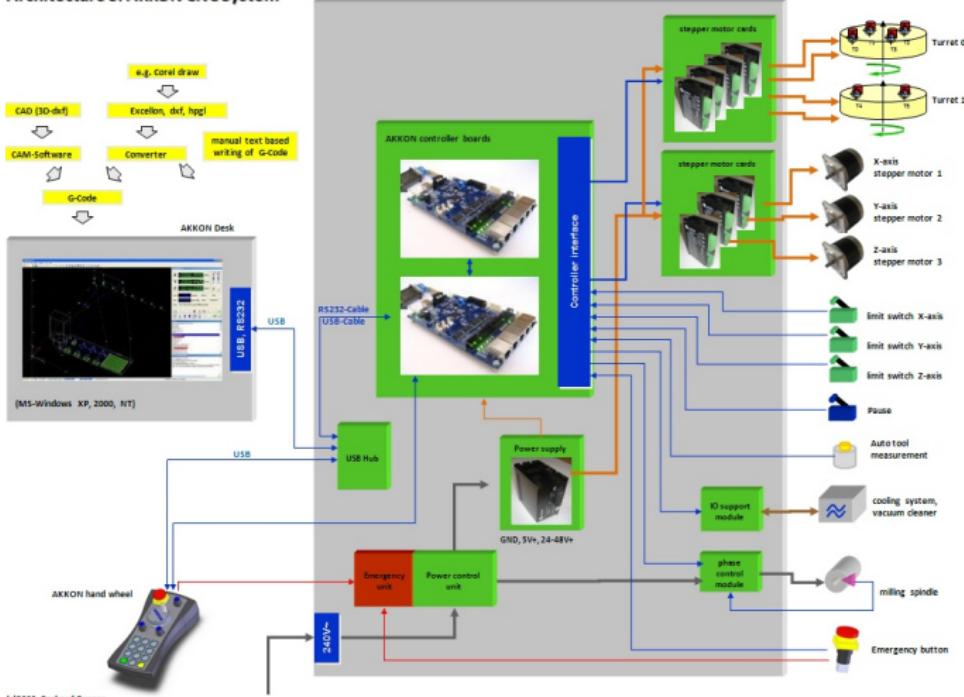


# Numerische Steuerung



# Numerische Steuerung

Architecture of AKKON CNC System



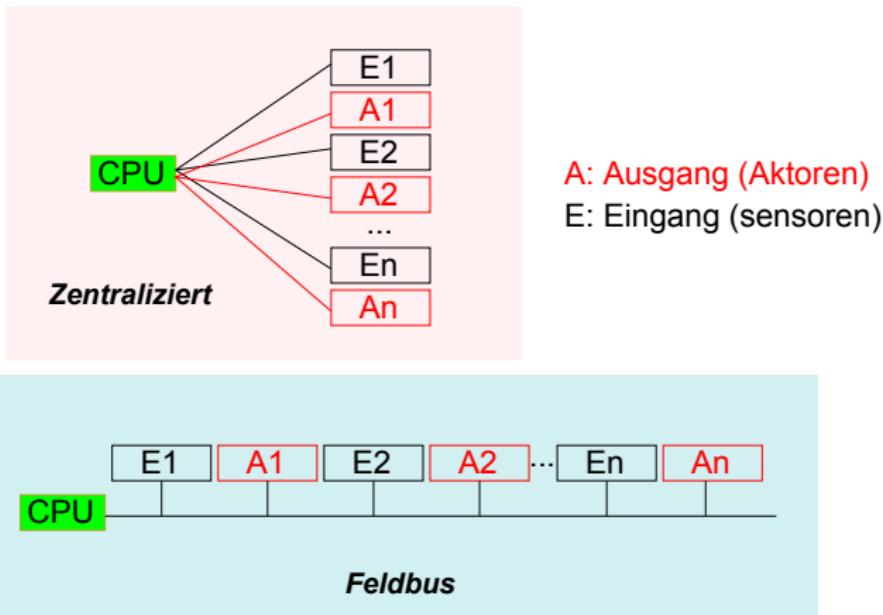
# Numerische Steuerung

- Regelungsaufgabe
- Steuerungsaufgabe
- Importieren von CAD Dateien (IGES, DXF, usw.)
- HMI (Human Machine Interface)
- Prozessabläufe (SPS Like)

# Industrie-PC



# Zentralisiert / Feldbus



# Definition

Ein Feldbus verbindet in einer Anlage Feldgeräte wie Messfühler (Sensoren) und Stellglieder (Aktoren) zwecks Kommunikation mit einem Steuerungsgerät

# Vorteile

## Vorteile

- geringerer Verkabelungsaufwand
- Erweiterungen oder Änderungen

## Nachteile

- Komplexität
- Preis
- Aufwendige Messgeräte (analyzer)
- Längere Reaktionszeit

# Spezifität

- Gebäude: LON, EIB, usw.
- Anlage/Maschine: CAN/CANOpen, Profibus, Profinet, EtherCAT, Varan, Ethernet/IP, SERCOS, usw.

# Wie kann ein Automatisierungssystem programmiert werden?

Thierry Prud'homme

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

# Outline

- ① Heute: EN 61131-3
- ② Morgen: EN 61499
- ③ Automatische Code Generierung

# Lernziele

- Die Studierende können die 5 Programmierungssprachen des Standards EN 61131-3 auflisten und Ihre Spezifizitäten erklären.
- Die Studierende können die Grundidee des Standards EN 61499 erläutern.
- Die Studierende können das Prinzip der automatischen Code-Generierung erklären und einige Lösungen auflisten.

# EN 61131-3: Definition (Wikipedia)

Die EN 61131-3 (auch IEC 1131 bzw. 61131) ist die einzige weltweit gültige Norm für Programmiersprachen von speicherprogrammierbaren Steuerungen. Sie definiert die folgenden fünf Sprachen:

# EN 61131-3: 5 Programmierungssprachen

IL Instruction List

LD Ladder Diagram

FBD Function Block Diagram

ST Structured Text

SFC Sequential Function Chart

AWL Anweisungsliste

KOP Kontaktplan

FBS FunktionsbausteinSprache

ST Strukturierter Text

AS Ablausprache

# AWL (IL): Anweisungsliste

```
VAR
    Bl_Takt : BOOL;
    Qn1_Zeit : BOOL;
    STOI1 : BOOL;
    STOI2 : BOOL;
    FO1 : BOOL;
    FO2 : BOOL;
END_VAR

VAR CONSTANT
END_VAR

VAR_INPUT
END_VAR

VAR_OUTPUT
END_VAR

(* Netzwerk 0*)

        LD      In_bit_0_1
        ANDN   Out_bit_4_1
        ANDN   Out_bit_5_3
        S      Out_bit_4_1
        LD      In_bit_0_3
        R      Out_bit_4_1

        LD      In_bit_0_2
        ANDN   Out_bit_4_1
        ANDN   Out_bit_5_3
        S      Out_bit_4_2
        LD      In_bit_0_4
        R      Out_bit_4_2

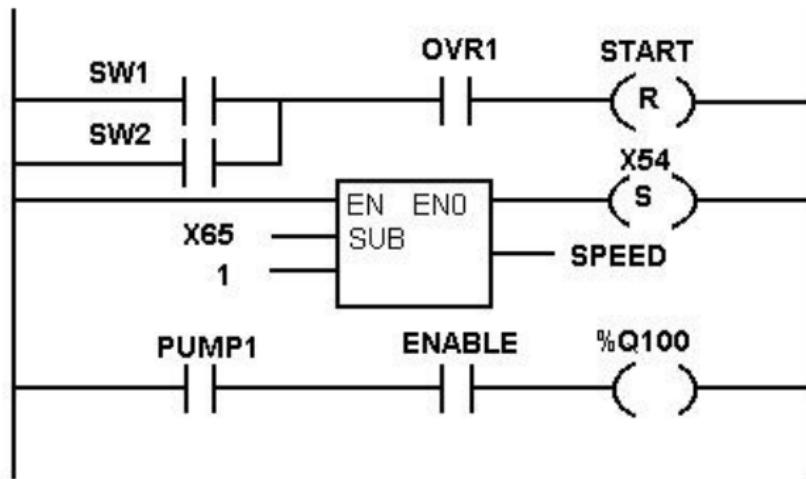
        LDN    Out_bit_4_1
        OR(   true
        AND   Out_bit_4_1
        AND   Bl_Takt
        )

        ST      Out_bit_4_3
        LDN    Out_bit_4_2
        OR(   true
```

# AWL: Merkmale

- Assembler für SPS
- Urmutter der SPS Programmierung
- Geeignet für einfachen sequentiellen Programme (keine Schleife)

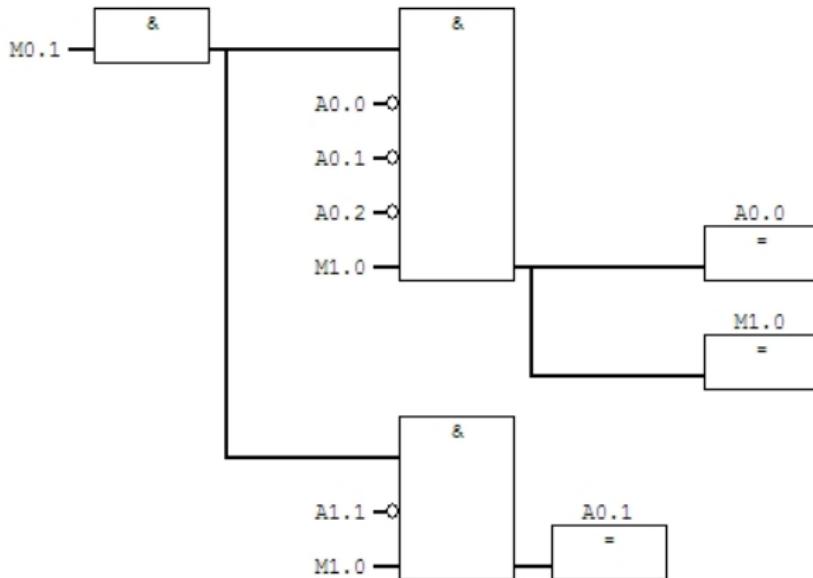
# KOP (LD): Kontaktplan



# KOP: Merkmale

- Gut für Ersatz für eine verdrahtete Logik
- Nicht geeignet für komplexe Programme

# FBS (FBD): FunktionsbausteinSprache



# FBD: Merkmale

- Wird gerne bei Bit-Verknüpfungen verwendet
- Datenfluss übersichtlich
- Geeignet für einfachen sequentiellen Programme (keine Schleife)

# ST (ST): Strukturierter Text

```
IF TRUE THEN

    CASE Mode OF
        1: (* einfaches rauf mit Wiederholung *)
            LLAWL(Len:=Len, BlinkBitsArray:=BlinkBitsArray);
        2: (* rauf und runter *)
            LLFUP(Len:=Len, BlinkBitsArray:=BlinkBitsArray);
        3: (* auf halber Laenge 2 bit rauf und runter *)
            LLKOP(Len:=Len, BlinkBitsArray:=BlinkBitsArray);
        4: (* auf halber Laenge alle bit rauf und runter *)
            LLAS(LEN:=LEN, BlinkBitsArray:=BlinkBitsArray);

    END_CASE

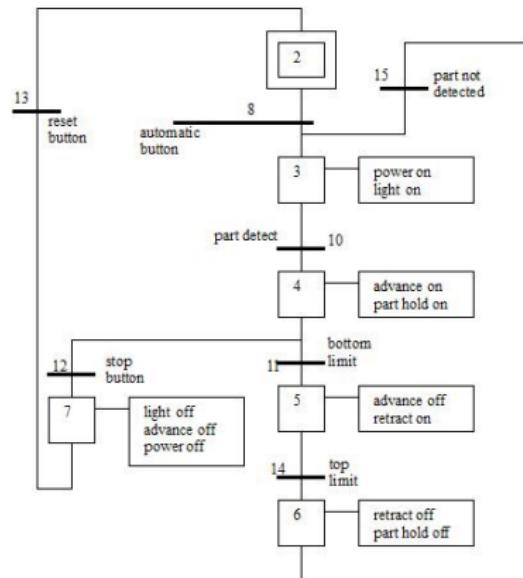
    IF Mode <> altMode
    THEN
        FOR i:= 0 TO Len DO
            BlinkBitsArray[i] := FALSE;
        END_FOR
        i := 1;
    END_IF
    altMode := Mode;

    (* copy to DWORD *)
    dwOut := 16#00000002;
    FOR count:= 1 TO Len DO
```

# ST: Merkmale

- Hochsprache (C, Pascal)
- Schleifenprogrammierung auch ohne Sprungbefehle möglich
- In Europa sehr oft gewählt

# AS (SFC): Ablausprache



# AS: Merkmale

- Grafisch
- Zustandsautomaten
- Gut lesbar
- Geignet für übergeordneter Zustandsabläufe

# EN 61499: Definition (Wikipedia)

Sie stellt eine objektorientierte Weiterentwicklung der EN 61131 dar.

Heute: EN 61131-3

Morgen: EN 61499

Automatische Code Generierung

# Sigmatek: LASAL

▶ LASAL

# Simulink PLC Coder

▶ Simulink PLC Coder

# Beckhoff TwinCAT 3

▶ Beckhoff TwinCAT 3

Heute: EN 61131-3

Morgen: EN 61499

Automatische Code Generierung

# B&R Automation Studio

► B&R Automation Studio

# Implementierung digitaler Filter

Thierry Prud'homme

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

# Outline

- ① Bekannte Filter
- ② Diskretisierung
- ③  $z$ -Übertragungsfunktion → Differenzengleichung

# Lernziele

- Die Studierenden kennen die Übertragungsfunktionen der wichtigsten analogen Filter (inklusiv PID).
- Die Studierenden können einen analogen Filter mit den üblichen Verfahren diskretisieren.
- Die Studierenden können eine Differenzengleichung aus einer  $z$ -Übertragungsfunktion herleiten.
- Die Studierenden können eine Differenzengleichung in eine SPS programmieren.

# PT1 Filter

$$H(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

## Parameter

- $K$  ist die DC Verstärkung
- $\tau$  ist die Zeitkonstante

# Butterworth Filter

$$H(s) = \frac{1}{(s-s_1)^{\omega_c} (s-s_2)^{\omega_c} \dots (s-s_n)^{\omega_c}}$$

$$s_k = \omega_c e^{j \frac{(2k+n-1)\pi}{2n}}$$

## Amplitudengang

- $n$  ist die Ordnung des Filters

# PID Regler

$$H(s) = K \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{\frac{T_d}{N} s + 1} \right)$$

## Bermerkungen

- Dieser PID Regler hat keinen Anti-Reset Windup !
- Der Regelfehler wird abgeleitet !

## Bermerkungen

- Der D Anteil ist mit einem Tiefpass gefiltert.

# Euler oder Rückwärts-Rechteckregel Transformation

$$\begin{aligned} z &= e^{sT} && \text{Transformation } z \rightarrow s \\ &= \frac{1}{e^{-sT}} && \text{Eigenschaft der Funktion exp, } e^a = \frac{1}{e^{-a}} \\ &\approx \frac{1}{1-sT} && \text{Taylorreihe erster Ordnung für } e^{-sT} \end{aligned}$$

daraus ergibt sich:

$$s = \frac{1 - z^{-1}}{T}$$

## Bemerkung - Äquivalenz

- Ableitung  $\dot{x}(t)$  approximiert mit  $\frac{x(t=kT) - x((k-1)T)}{T}$

# Bilinear transformation

$$\begin{aligned} z &= e^{sT} && \text{Transformation } z \rightarrow s \\ &= \frac{e^{s\frac{T}{2}}}{e^{-s\frac{T}{2}}} && \text{Eigenschaft der Funktion exp, } e^a = \frac{e^{\frac{a}{2}}}{e^{-\frac{a}{2}}} \\ &\approx \frac{1+s\frac{T}{2}}{1-s\frac{T}{2}} && \text{Taylorreihe erster Ordnung für } e^{s\frac{T}{2}} \text{ und } e^{-s\frac{T}{2}} \end{aligned}$$

daraus ergibt sich:

$$s = \frac{2}{T} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}}$$

## Bemerkung - Äquivalenz

- Integral  $\int_0^t x(\tau) d\tau$  approximiert mit Trapezregel

# Differenzengleichung für die Implementierung

$$\begin{aligned} H(z) &= \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{B(z)}{1 + A(z)} \\ (1 + A(z))Y(z) &= B(z)U(z) \end{aligned}$$

und dann:

$$\begin{aligned} Y(z) &\rightarrow y(k) \\ zY(z) &\rightarrow y(k+1) \\ z^{-1}Y(z) &\rightarrow y(k-1) \\ z^jY(z) &\rightarrow y(k+j) \\ z^{-j}Y(z) &\rightarrow y(k-j) \end{aligned}$$

# Differenzengleichung für die Implementierung

und noch:

$$\begin{aligned} U(z) &\rightarrow u(k) \\ zU(z) &\rightarrow u(k+1) \\ z^{-1}U(z) &\rightarrow u(k-1) \\ z^jU(z) &\rightarrow u(k+j) \\ z^{-j}U(z) &\rightarrow u(k-j) \end{aligned}$$

# Felbusse ? Tasks Ausführungen?

Thierry Prud'homme

Hochschule Luzern  
Technik & Architektur

# Outline

① Feldbusse

② Echtzeit

# Lernziele

- Die Studierenden können die Ausführungen von den verschiedenen Tasks und von der Feldbus Kommunikation erklären.
- Die Studierenden können das Echtzeitsystem vom Feldbus Master richtig einstellen.
- Die Studierenden können die Existenz der Feldbüsse begründen.
- Die Studierenden können die Anforderungen an einem Feldbus auflisten und erklären.
- Die Studierenden können den Prinzip "Summenrahmenverfahren" von EtherCAT erklären.

# Warum ist Ethernet als Feldbuss nicht geeignet?

► CSMA/CD

# Allgemeine Anforderungen

- Anzahl und Typen von Kloten (Klemmen)
- Topologie (Linien, Stern, Baum)
- Kabellängen
- Aufgaben
- Redundanz
- EMV

# Echtzeit-spezifische Anforderungen

- Kleinste nötige Zykluszeit
- Jitter
- Reaktionszeit ► Ausführung von Tasks und Feldbus Kommunikation

# Summenrahmenverfahren (EtherCAT)

- ▶ EtherCAT „on the fly“

# Prinzip Task Ausführungen - Feldbus Kommunikation

► Ausführung von Tasks und Feldbus Kommunikation

► Ausführung von Tasks und Feldbus Kommunikation bei EtherCAT

# Priorisierung

# Echtzeiteinstellungen

- Basiszeit
- Modulo
- TwinCAT Sync Unit Zuordnung

# SPS Einstellungen

- Basiszeit
- Modulo
- TwinCAT Sync Unit Zuordnung