
Automatisierungssysteme

Thierry Prud'homme
thierry.prudhomme@hslu.ch

Aufgabenserie: #1

Themen: IEC 61131 - Einführung Teil 1

[Aufgabe 1] (*SPS mit Strom versorgen*) In dieser ersten Phase geht es darum die SPS mit Strom zu versorgen und die LEDs auf der SPS zu visualisieren. Beobachten Sie den Zustand der LED PWR nachdem Sie die SPS eingeschaltet haben. Diese LED sollte sofort grün leuchten. Die LED TC sollte während dem Aufstarten überhaupt nicht und nach einigen Sekunden entweder grün (Run Modus) oder blau (Konfig Modus) leuchten. Wenn die LED TC grün leuchtet, bedeutet das, dass die SPS im Run Modus ist. Demzufolge wurde ein Boot Projekt auf die SPS hochgeladen und ein Programm wird zurzeit von der CPU bearbeitet! Da diese SPS für andere Laborversuche benutzt werden, wird sehr wahrscheinlich ein Boot Projekt vorhanden sein, wenn Sie die SPS zum ersten Mal einschalten.

[Aufgabe 2] (*Verbindung SPS-Entwicklungsrechner*) Hier geht es darum die Kommunikation zwischen der SPS und dem Entwicklungsrechners (ER) zu etablieren. Ihr eigener Laptop wird als ER verwendet. Der ER muss mit der Software TWINCAT ausgerüstet werden. Es gilt zu beachten, dass nicht alle SPS mit allen Versionen vom TWINCAT programmiert werden können. In diesem Laborversuch wird eine SPS CX-5010-0111 oder CX-9020-0111 der Firma BECKHOFF verwendet. Die Bezeichnung in Kurzform befindet sich auf der Frontseite der SPS. Die volle Bezeichnung und weitere Produktspezifische Angaben sind seitlich auf einem Sticker zu finden. Besuchen Sie die entsprechende Produktwebseite um weitere Infos über diese SPS zu sammeln. Ist ein Betriebssystem bei Ihrer SPS vorhanden? Ist TWINCAT-PLC-RUNTIME auch dabei? Was ist das für eine Option?

Die Kommunikation zwischen dem ER und der SPS läuft über IP basierte Protokollen (Grundeinstellung TCP und eventuell UDP). Der ER und die SPS müssen somit beide eine IP Adresse haben, die im gleichen Subnetz sind. Zwei IP-Nummern sind im gleichen Subnetz, wenn sie bezüglich der gleichen Netzmaske die gleiche Netzadresse haben.

Die BECKHOFF SPS im B330 sind nicht mit dem Netzwerk der Hochschule verbunden. Wenn sie gestartet werden, bekommen sie eine feste statische IP Adresse. Diese IP Adresse ist auf dem dazugehörigen Versuchsaufbau (AUTOMATION LABORATORY - TEST RIG) vermerkt. Wenn Sie eine Tastatur und ein Bildschirm an die SPS anhängen, können Sie die detaillierten IP Einstellungen sehen, bzw. ändern.

Sie müssen die IP Adresse ihres Rechners (oder Ihrer virtuellen Maschine) entsprechend statisch festlegen, sodass der ER und die SPS im gleichen Subnetz sind.

Verbinden Sie Ihren ER mit der SPS und prüfen Sie mit der Commandline `ping IP_Adresse_SPS` ob die Kommunikation mit der SPS funktioniert. Die Kommunikation muss unbedingt funktionieren um weiter arbeiten zu können.

[Aufgabe 3] (*Zielsystem (SPS) finden und wählen*) Starten Sie den TWINCAT SYSTEM MANAGER auf dem ER und suchen Sie nach der SPS (Auswahl des Zielsystems im Menü Aktionen oder F8). Sie sollten hier nach SPS suchen (erst auf “suchen” klicken). Danach sollten Sie im Feld “Enter Host Name / IP:” die IP Adresse Ihrer SPS eingeben. Ihre SPS sollte danach erscheinen. Nachdem Sie Ihre SPS gewählt haben, müssen Sie noch unter “Adressen Info” “IP Adresse” wählen und unten auf “Route Zufügen” klicken. Ihre SPS ist dann in der Liste von Zielsystemen zu sehen. Sie müssen Ihre SPS wählen und auf OK klicken. Im System Manger unten rechts sollten Sie jetzt den Name Ihrer SPS sehen (CX-YYYYYY) und nebenan noch einen Hinweis über den Betriebsmodus (zum Beispiel Grün - Echtzeit 13 %). Was bedeutet die Angabe im Prozent?

[Aufgabe 4] (*Betriebsmodus ändern - Freerun Modus*) Wie früher erwähnt gibt es 2 Betriebsmodi für die SPS, Konfiguration (Blau) und Run (Grün). Der aktuelle Betriebsmodus sehen Sie entweder direkt auf der SPS mit dem LED TC oder im System Manager unten rechts. Der Betriebsmodus können Sie im System Manager im Menü Aktionen Starten/Restarten von TWINCAT in Konfig oder Run Modus ändern. Versuchen Sie den Modus auf Konfig zu ändern. Das LED TC auf der SPS sollte jetzt blau leuchten und im System Manager unten rechts sollte jetzt die Nachricht “Config Mode” mit blauem Hintergrund angezeigt werden. Versuchen wieder den Modus auf Run und wieder auf Konfig zu ändern. Wenn Sie den Modus auf Konfig ändern, werden Sie gefragt ob Sie den Freerun Modus aktivieren möchten? Worum geht es? Was können Sie tun wenn Sie diese Frage mit Ja beantworten?

[Aufgabe 5] (*Hardware Konfiguration*) Im Konfig Modus lässt sich die Hardware konfigurieren. Ihrer SPS sind folgende vier Hardware Klemmen angehängt:

1. EL1004: [Produktbeschreibung](#), [Technische Spezifikationen](#)
2. EL2004: [Produktbeschreibung](#), [Technische Spezifikationen](#)
3. EL3004: [Produktbeschreibung](#), [Technische Spezifikationen](#)
4. EL4034: [Produktbeschreibung](#), [Technische Spezifikationen](#)

Eine Internet Recherche sollte Ihnen Informationen über den Typ der Klemmen (Eingänge, Ausgänge, Digital, Analog, Endstufe, Kommunikation, usw.), über die Bedeutung der verschiedenen LEDs auf den Klemmen und über die Verkabelung liefern.

Die Klemmen lassen sich in der Regel automatisch konfigurieren. Stellen Sie sicher dass sich die SPS im Konfig Modus (Blau) befindet und klicken Sie dann im System Manager auf “E/A Konfiguration”. Mit einem Rechts-Klick auf “E/A Geräte” erscheint ein Kontext-Menü, in welchem Sie “Geräte suchen” wählen. Anschliessend werden verschiedene ETHERCAT- und RT-Ethernet-Geräte aufgelistet. ETHERCAT ist der schnellste Feldbus von BECKHOFF

und wird auf dem internen Bus ausgeführt (fünf Leitungen sichtbar auf der rechten Seite, Schnittsetelle zu den Klemmen). Die zwei Ethernet Ports (X000 und X001) der SPS werden als RT-Ethernet-Geräte aufgeführt. Falls an einem Ethernet Port ein Buskoppler (z.B. EK1100) angeschlossen ist, wird dieses als ETHERCAT-Gerät angezeigt. Sie müssen hier das Gerät 1 (ETHERCAT) wählen und “Nach Box suchen”. Die Klemmen werden auf dem Feldbus automatisch identifiziert und erscheinen später in der Liste unter E/A Geräte.

[Aufgabe 6] (*Eingänge lesen im Freerun Modus*) Nehmen Sie die Control Box mit zwei Tasten und zwei Kontrolllampen Ihres Test Rig zur Hand. Sobald Sie eine der Tasten betätigen, sollte eine LED an der entsprechenden Eingangsklemme (EL1004) aufleuchten.

Die PLC sollte sich immer noch im Konfig Modus befinden (mit Freerun aktiviert). In der Baumstruktur der “E/A Geräte” sollte sich die oben gennante Klemme finden lassen. Ebenfalls in der Baumstruktur, der gewählten Klemme untergeordnet sind vier “Channels” aufgelistet, welche jeweils eine “Input”-Variable enthalten. Klicken sie die “Input”-Variable des ersten Channels an und wechseln Sie auf den Reiter “Online”. Hier können Sie das Signal des gelben Tasters beobachten. Überprüfen Sie auch das Signal des blauen Tasters.

Wenn diese Tests erfolgreich ablaufen, haben Sie mit einer bestimmten Sicherheit die E/A Konfiguration erfolgreich durchgeführt.

[Aufgabe 7] (*Ausgänge setzen im Freerun Modus*) Ähnlich wie in der letzten Aufgabe, lässt sich auch ein “Output”-Signal überprüfen. Navigieren Sie in der Baumstruktur zum Output des Channels 1 der Klemme EL2004. Ebenfalls unter dem Reiter “Online” können Sie hier Variablen schreiben. Setzen Sie die Bool’sche Variable auf 1 und beobachten Sie die Control Box.

Setzen Sie den ersten “Analog Output” der Klemme EL3034 observieren Sie das Voltmeter auf Ihrem Test Rig. Welchen Wert müssen Sie eingeben, dass 10 V angezeigt werden? Woher kommt dieser Wert?

[Aufgabe 8] (*Erstes SPS Programm*) Jetzt sollten Sie die SPS Entwicklungsumgebung von BECKHOFF starten (im Windows Start Menü TWINCAT PLC CONTROL wählen). Wählen Sie ein neues leeres Programm im oberen Menü. Sie werden angefordert eine Zielplattform auszuwählen. Sie müssen die Plattform wählen, die Ihrer Hardware (Ihrer SPS) entspricht. Für eine SPS des Types CX5010 wählen Sie PC oder CX (x86) und für eine CX9020 CX (ARM). Sie werden danach sofort angefordert einen neuen Baustein zu erstellen. Der Standardname für diesen Baustein lautet MAIN. Sie können diesen Namen ändern oder so belassen. Anschliessend müssen Sie die Sprache für diesen Baustein auswählen. Wir werden in diesem Modul hauptsächlich mit ST (Structured Text) arbeiten. Sie sollten sich deshalb für ST entscheiden. Speichern Sie Ihr neu erstelltes Programm.

[Aufgabe 9] (*Taskkonfiguration*) Ein SPS Task wird immer zyklisch bearbeitet. Diese Tasks lassen sich wie folgt konfigurieren. Im TWINCAT PLC CONTROL sehen Sie auf der linken Seite die Liste von Bausteine (momentan sollte es nur einen geben). Am unteren Bildschirmrand sollten Sie 4 Tabs sehen. Klicken Sie auf den letzten Tab **Ressourcen**. Klicken Sie dann auf **Taskkonfiguration**. Sie sollten nur einen Task mit dem Namen **Standard** haben. Dieser Task ist mit dem Baustein **MAIN** verbunden. Dieser Task kann nur zyklisch bearbeitet werden und die Zykluszeit können Sie hier anpassen (Grundeinstellung 10 ms: T#10ms). Wählen Sie eine Zykluszeit von 5 ms.

[Aufgabe 10] (*Globale Variablen*) Immer noch unter Ressourcen, können Sie jetzt auf **Globale Variablen** klicken. Sie sehen 2 Listen von globalen Variablen. Sie sollten die erste Liste **Globale_Variablen** öffnen. Sie können hier zwischen den 2 Tags **VAR_GLOBAL** und **END_VAR** neue globale Variablen definieren.

Definieren Sie zwei globale Bool'sche Eingangsvariablen für die Taster: **globButtonYellow** und **globButtonBlue**, sowie zwei BOOL'sche Ausgangsvariablen: **globLightGreen** und **globLightRed**. Die Eingangs- und Ausgangsvariablen müssen explizit als solche deklariert werden. Die Deklaration einer Eingangsgröße könnte folgendermassen aussehen:

```
globButtonYellow AT %I*: BOOL;
```

Wird das **%I*** durch **%Q*** ist die Rede von einer Ausgangsgröße.

Gehen Sie zurück zu der Liste von Bausteine (erstes Tab unten **Bausteine**). Wählen Sie den Baustein **MAIN** und implementieren Sie eine **IF** Anweisung im unteren Teil des sich öffnenden Fensters, sodass das grüne Lämpchen aktiv wird sobald die gelbe Taste betätigt wird. Schreiben Sie eine ähnliche Anweisung für den blauen Taster und das rote Lämpchen. Tipp: Vergessen Sie nicht, die Variable auch wieder zu deaktivieren.

[Aufgabe 11] (*Programm Übersetzen*) Um das Programm übersetzen zu können, braucht es mindesten eine Anweisung. Diese Anweisung haben Sie in der vorangehenden Aufgabe geschrieben. Um zu kompilieren wählen Sie **Übersetzen** im Menü **Projekt**. Falls Ihr Programm fehlerfrei ist, werden Sie in Ihrem Programmverzeichnis eine neue Datei finden mit der Endung **.tpy**. Falls dies nicht der Fall ist, verbessern Sie Ihr Programm bis es fehlerfrei kompiliert. Tipp: Beachten Sie die Fehlermeldungen im Message Window.

[Aufgabe 12] (*SPS Programm Anfügen*) Das Programm ist somit vollständig, jedoch fehlt noch jegliche Verbindung zur Hardware. Belassen Sie das Projekt und kehren Sie zurück zum TWINCAT System Manager. Im linken Menü sollten Sie jetzt ein Rechtsklick auf **SPS Konfiguration** machen und **SPS Projekt Anfügen** wählen. Sie sollten jetzt die Datei mit der Endung **.tpy** an Ihre Hardware anbinden. Ihr Programm ist jetzt in der Liste von SPS Programmen unter seinem Name eingetragen.

Wenn Sie Ihr Programm wählen, sehen Sie die Liste von Tasks in Ihrem Programm (den Task **Standard** zum Beispiel). Wenn Sie diesen Task wählen, sehen Sie unter dem Reiter **Task** die Zykluszeit. Diese sollte auf 5 ms eingestellt sein, wie Sie in einer vorangegangenen Aufgabe eingestellt haben. Unter **System - Konfiguration – Echtzeit-Einstellungen** unter dem Reiter **Prioritäten** sehen Sie noch eine detaillierte Auflistung aller Tasks mit deren Prioritäten und Zykluszeiten. Wie viele verschiedene Tasks sind möglich?

[Aufgabe 13] (*Variablen verknüpfen*) Jetzt sind Sie soweit, dass Sie die Eingangsvariablen und Ausgangsvariablen Ihres Programms mit der Hardware verbinden können. Wenn Sie im System Manager das Feld **SPS-Konfiguration – Standard** erweitern, sehen Sie Listen von Variablen die Sie in Ihrem Programm als Eingänge (**AT %I***) oder Ausgänge (**AT %Q***) definiert haben. Führen Sie einen Rechtsklick auf dem Feld **Eingänge** aus und wählen Sie **Verknüpfung ändern**. Sie bekommen eine Liste von Variablen (sogenannten Prozessdaten) die bei den Klemmen “vorhanden” sind. Diese Variablen werden so herausgefiltert, dass nur die Variablen, die einen mit Ihrer Variable kompatiblen Typ aufweisen, angezeigt werden. Zum Beispiel werden analoge Werte für Klemmen mit analogen Eingängen typischerweise in Variablen der Grösse 2 Byte (16 bits) gesetzt. Ihre Variable muss somit auch 2 Byte (ein **INT**) gross sein um eine Verknüpfung machen zu können.

Vesuchen Sie Ihre Variablen zu verknüpfen. Es ist wichtig zu betonen, dass wenn Sie in Ihrem Programm Änderungen an den Eingangsvariablen oder Ausgangsvariablen vornehmen, das SPS Programm im System Manager neu eingelesen werden muss (Rechtsklick auf das Programm und **Neu Einlesen** wählen).

[Aufgabe 14] (*Zuordnung*) Die sogenannten Zuordnungen müssen jetzt vorgenommen werden. Es geht hier darum das Prozessabbild des Tasks mit dem Prozessabbild des Geräts (hier den **ETHERCAT** Feldbus) zu verbinden. Sie müssen im Menü **Aktionen** des System Managers **Zuordnungen erzeugen** wählen. Es erscheint unter **E/A Geräte** ein neues Feld mit der Bezeichnung **Zuordnungen**. Wenn Sie auf dieses klicken, sehen Sie die Verbindung zwischen dem Task (zum Beispiel **Standard**) und typischerweise dem Gerät (hier wahrscheinlich **Gerät 1 (ETHERCAT)**). Diese Verbindung der Prozessabbilder vom Task und Feldbus können Sie auch grafisch darstellen lassen wenn Sie auf **A → B** oder auf **A ← B** klicken. Visualisieren Sie die Zuordnungen.

[Aufgabe 15] (*Konfiguration aktivieren*) Sie sollten immer noch im Konfigurationsmodus sein (blau). Sie sollten jetzt die Konfiguration aktivieren. Im Sytem Manager sollten Sie im Menü **Aktionen** **Aktiviert Konfiguration** wählen. Sie sollten mit **OK** auf die verschiedenen Fragen antworten. Der Run Modus wird mit der neuen Konfiguration gestartet. Das Programm wurde aber noch nicht auf die SPS hochgeladen und gestartet.

[Aufgabe 16] (*Programm hochladen und starten*) Sie arbeiten jetzt wieder mit **TWINCAT PLC CONTROL**. Das Programm wurde schon erfolgreich übersetzt. Es muss nur noch auf die

SPS hochgeladen und gestartet werden. Wählen Sie im Menü **Online** die Anweisung **Auswahl des Zielsystems** Sie bekommen eine Liste von allen SPS, die Sie ansprechen können. Klicken Sie auf Ihre SPS und wählen Sie den richtigen Port aus. Es sollte nur ein Laufzeitsystem angezeigt werden(Laufzeitsystem 1 (Port 801)).

Jetzt müssen Sie sich einloggen, wählen Sie **einloggen**) im Menü **Online**. Es wird festgestellt, dass Ihr Programm noch nicht hochgeladen wurde und Sie werden gefragt ob Sie dies jetzt tun möchten. Sie müssen diese Frage mit Ja beantworten. Ihr Programm wird hochgeladen aber noch nicht gestartet. Sie können jetzt im Menü **Online** **start** wählen. Ihr Programm wird gestartet. Überprüfen Sie die Funktionalität Ihres Programms und passen Sie dieses, falls nötig, an.

[Aufgabe 17] (*Variablen forcieren*) Sobald das Programm gestartet wird, werden im TWIN-CAT PLC CONTROL im Editor die Werte von allen Variablen online gezeigt. Die Werte von gewissen Variablen können sogar gesetzt werden. Versuchen Sie die Werte von **globButtonYellow** und **globButtonBlue** zu setzen. Sie müssen erst auf die Variable klicken, einen Wert eingeben und F7 drücken (oder im Menü **Online** **Werte forcen** wählen). Somit können komplexe Programmen ohne Hardwareverbindungen oder Visualisierung getestet werden. Versuchen Sie das Forcieren aufzuheben.

[Aufgabe 18] (*Boot projekt erstellen*) Wenn ein Projekt von der SPS beim Start automatisch abgearbeitet werden muss, muss ein Bootprojekt erzeugt werden. Sie müssen erst vom TWINCAT PLC CONTROL bei der SPS eingeloggt sein und im Menü **online** **Erzeugen eines Bootprojektes** wählen. Aktivieren Sie Ihr Projekt als Bootprojekt und schalten Sie die SPS aus. Hängen Sie die Ethernet von Ihrem ER ab und starten Sie die SPS neu. Überprüfen Sie anhand der Taster die Funktionalität Ihres Programms.

[Aufgabe 19] (*Lokale Variablen*) Bis zu diesem Zeitpunkt haben Sie nur globale Variablen verwendet. Erweitern Sie Ihr Programm in **MAIN** zwischen den Tags **VAR** und **END_VAR** mit einer lokalen **INT** Variable. Nennen Sie die Variable **intButtonYellowCount** und erweitern Sie Ihre Logik dermassen, dass diese Variable inkrementiert wird solange die die gelbe Taste (**globButtonYellow**) gedrückt ist.

[Aufgabe 20] (*Konstante*) Um Ihr Programm mit einer Konstante zu erweitern führen Sie einen Rechtsklick unter Ressourcen auf das Verzeichnis **Globale Variablen** aus und wählen Objekt hinzufügen. Ändern Sie **VAR_GLOBAL** auf **VAR_GLOBAL CONSTANT** und deklarieren sie folgende Konstanten:

- **analogOutputMaxVolt** vom Typ **INT** für die maximale Spannung der analogen Anzeige,
- **intMaxValue** vom Typ **INT** für das den maximalen Wert einer **INT** Variable mit Vorzeichen,
- **samplingTime** vom Typ **REAL** für die Abtastzeit in Sekunden.

Erweitern Sie Ihr Programm auch noch mit einer weiteren Ausgangsvariable. Wählen Sie den Typ **INT** und nennen Sie die Variable **globAnalogOutput**.

Nach einer weiteren Anpassung Ihres Programms sollte es folgendes können:

- Sobald der **intButtonCount** 200 erreicht, soll die Analog Anzeige 1 V anzeigen,
- bei 400, 2 V,
- usw.

Verwenden Sie dafür die neu deklarierten Konstanten und die neue Ausgangsvariable. Sie werden höchstwahrscheinlich noch weitere lokale Variablen benötigen. Das Type-Castings von **REAL** nach **INT**, geschieht durch die Funktion **REAL_TO_INT(realVariable)**. Für andere Type-Castings können Sie dasselbe Schema verwenden. Vergessen Sie nicht, das Projekt im TWINCAT SYSTEM MANAGER neu einzulesen und die Variablen-Verknüpfung zu überarbeiten.

Testen Sie Ihr Programm. Was geschieht wenn die gelbe Taste länger als 10 Sekunden gedrückt wird? Ändern Sie Ihr Programm, sodass die Anzeige bei weiterem betätigen der Taste wieder gegen Null geht.