



School of Engineering

Industrial Automation Base

Cours AutB

Author: [Cédric Lenoir](#)

Modul 02 Datenstrukturen.

Keywords: **DUT Type Conversion ARRAY STRUCT**

Type conversion

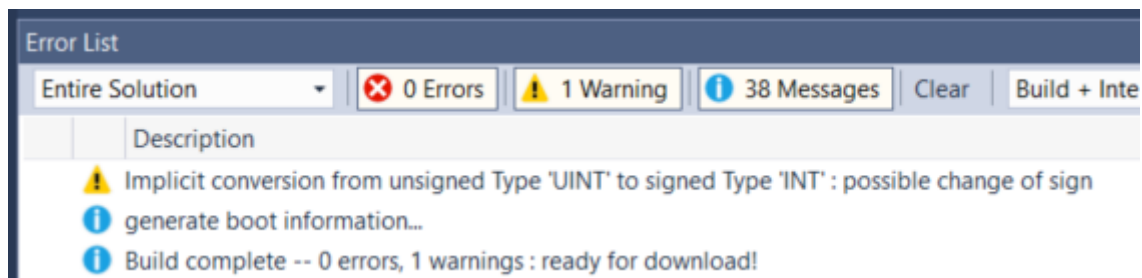
Strukturierter Text (zumindest sein Compiler) ist hinsichtlich der Typkonvertierung anspruchsvoll und restriktiv.

Ist richtig !

Beispiel

```
iSignal_2 : INT := 0;  
iSignal_3 : INT := 0;  
uiSignal   : UINT := 65535;
```

```
iSignal_2 := uiSignal;  
iSignal_3 := UINT_TO_INT(uiSignal);
```



Implicit conversion from unsigned Type 'UINT' to signed Type 'INT' : possible change of sign

In beiden Fällen ist das Ergebnis **-1**. Im ersten Fall warnt der Compiler vor dem Risiko. Im zweiten Fall ist das Ergebnis dasselbe, wir können jedoch davon ausgehen, dass der Programmierer durch die

explizite Implementierung der Konvertierungsfunktion auf das Risiko eines unerwünschten Ergebnisses aufmerksam geworden ist.

Die Entwicklungsumgebung stellt Konvertierungsfunktionen für nahezu alle Datenkonvertierungszahlen zur Verfügung. Es empfiehlt sich, sie systematisch zu verwenden, um mehrere **Warnungen** zu vermeiden.

Es ist nicht ungewöhnlich und sogar sehr häufig, dass bestimmte Programme viele **Warnungen** generieren. In den meisten Fällen wird keine davon kritisch sein. Das Risiko besteht jedoch darin, **denjenigen passieren zu lassen, der einen Absturz verursacht**.

ARRAY, Datentabellen

Wir können Daten in 1, 2 oder sogar 3 Dimensionen verwenden.

Alle drei Dimensionen gelten für den Codesys-Compiler. Für andere Compilertypen muss dies überprüft werden.

```
VAR
    i_Array      : ARRAY [1..10] OF DINT;
    ij_Array     : ARRAY [1..10, 1..5] OF DINT;
    ijk_Array    : ARRAY [1..5, 1..10, 1..10] OF DINT;
END_VAR
```

Eine klassische Art, Arrays zu verwenden, ist eine **FOR**-Schleife.

```
VAR
    iMyLoop      : DINT := 0;
    i_Array      : ARRAY [1..10] OF DINT;
END_VAR

FOR iMyLoop := 1 TO 10 BY 1 DO
    i_Array[iMyLoop] := iMyLoop;
END_FOR
```

Der obige Code sollte, wenn er vollkommen korrekt ist, nicht verwendet werden, er ist nicht robust! Eine gute Vorgehensweise besteht darin, „VAR GLOBAL CONSTANT“ für die Dimensionen der Arrays zu verwenden. Diese werden in den Schleifen wiederverwendet.

Beachten Sie, dass wir selbst für eine so einfache Aufgabe wie eine Schleife eine Variable vom Typ **i** vermeiden. Dies ist eine gute Praxis, keine Verpflichtung. Grund: Eine Variable **i** ist im Code schwer zu identifizieren.

Definieren Sie Konstanten in: **GVL_ARRAY_SIZE**.

```
VAR_GLOBAL CONSTANT
    I_MAX_SIZE : UDINT := 10;
```

```

    J_MAX_SIZE   :   UDINT := 20;
    K_MAX_SIZE   :   UDINT := 5;
END_VAR

```

Definieren Sie Arrays mithilfe von Konstanten.

```

VAR
    iMyLoop      : DINT := 0;
    jMyLoop      : DINT := 0;
    kMyLoop      : DINT := 0;

    i_Array      : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE] OF DINT;
    ij_Array     : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE,
1..GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE] OF DINT;
    ijk_Array    : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE,
1..GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE, 1..GVL_ARRAY_SIZE.K_MAX_SIZE] OF DINT;

```

Konstanten werden in einer separaten Datei **GVL_ARRAY_SIZE** definiert und fordern den Zugriff in der Form **GVL_ARRAY_SIZE.MY_CONSTANT** an. Das Schreiben dauert etwas länger, verbessert aber die Robustheit und Struktur des Programms.

Verwenden Sie Schleifen mit Konstanten.

```

FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO
    i_Array[iMyLoop] := iMyLoop;
END_FOR

FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO
    FOR jMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE BY 1 DO
        ij_Array[iMyLoop,jMyLoop] := iMyLoop * jMyLoop;
    END_FOR
END_FOR

FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO
    FOR jMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE BY 1 DO
        FOR kMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.K_MAX_SIZE BY 1 DO
            ijk_Array[iMyLoop,jMyLoop,kMyLoop] := iMyLoop * jMyLoop * kMyLoop;
        END_FOR
    END_FOR
END_FOR

```

Achten Sie auf die **Zykluszeit**! Eine **zu lange** Schleife kann zum **Absturz** der SPS führen. Ist der Spielraum für einen leistungsstarken Prozessor relativ hoch, kann man bei einer Einsteiger-SPS schnell an die Grenze stoßen.

In der Praxis

Ich verwende fast nie mehrdimensionale Tabellen, ich bevorzuge **STRUCT**, die etwas später im Kurs entwickelt werden.

Definieren Sie ein Array als Benutzertyp.

```
TYPE stArrayOfDint :  
STRUCT  
    jArray : ARRAY[1..GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE] OF DINT;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

Definieren Sie ein Array von Typen

```
VAR  
    ijStArray : ARRAY [1..GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE] OF stArrayOfDint;  
END_VAR
```

Verwenden Sie ein Array von Typen

```
FOR iMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.I_MAX_SIZE BY 1 DO  
    FOR jMyLoop := 1 TO GVL_ARRAY_SIZE.J_MAX_SIZE BY 1 DO  
        ijStArray[iMyLoop].jArray[jMyLoop] := iMyLoop * jMyLoop;  
    END_FOR  
END_FOR
```

Diese Art der Konstruktion macht die Anzahl der Dimensionen der Tabelle theoretisch **unendlich**. Die Anzahl der ineinander gekapselten Schleifen ist wahrscheinlich begrenzt.

Data User Type, DUT

Unabhängig von der Umgebung, in die ein Codesys-Compiler integriert ist, haben Sie die Möglichkeit, ein **DUT hinzufügen** auszuwählen.

- Structure
- Enumeration
- Alias
- Union

Create a new data unit type

Struktur

Mit einer Struktur können Sie Variablen nach Themen hierarchisch organisieren. Im Gegensatz zu einem **ARRAY**, bei dem es sich um eine Liste identischer Objekte handelt, kann eine Struktur verschiedene Variablen enthalten.

Einfache Form einer Struktur für eine Achse.

Strukturdefinition

```
TYPE ST_AxisInfo :
STRUCT
  AxisId          : UDINT;
  AxisName        : STRING;
  SetVelocity     : REAL;
  SetDeceleration : REAL;
  ActualPosition  : REAL;
  ActualVelocity  : REAL;
  bAxisStopped    : BOOL;
  DigitalInput_1  : BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE
```

Ursprünglicher Wert

Wenn die Größe relevant ist, empfiehlt es sich, eine Anfangsgröße anzugeben. Informationen wie **'Basisachse'** sind ' ' vorzuziehen.

```

TYPE ST_AxisInfo :
STRUCT
  AxisId      : UDINT;
  AxisName    : STRING := 'Grundachse';
  SetVelocity : REAL;
  SetDeceleration : REAL;
  ActualPosition : REAL;
  ActualVelocity : REAL := 0;
  bAxisStopped  : BOOL;
  DigitalInput_1 : BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Instanziierung

```

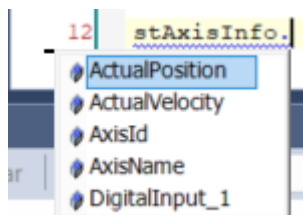
VAR
  getVelocity : REAL;
  stAxisInfo  : ST_AxisInfo;
END_VAR

```

Codierung

```
getVelocity := stAxisInfo.ActualVelocity;
```

Die Eingabehilfe IntelliSense in Kombination mit einer Struktur erleichtert das Schreiben von komplexem Code erheblich, ohne dass ständig auf die Variablenliste zurückgegriffen werden muss. Die IDE zeigt nach dem Schreiben des Punktes automatisch die Liste der Strukturvariablen an.



ST_AxisInfo kombiniert mit IntelliSense

Struktur innerhalb einer Struktur

Sie können einfache Variablen in einer Struktur platzieren, aber auch andere zusammengesetzte Variablen wie **STRUCT** oder **ARRAY**.

```

TYPE ST_AxisLimits :
STRUCT
  Positive_mm : REAL := 100;
  Negative_mm : REAL := -100;

```

```

    MaxVelocity_m_s : REAL := 1000;
END_STRUCT
END_TYPE

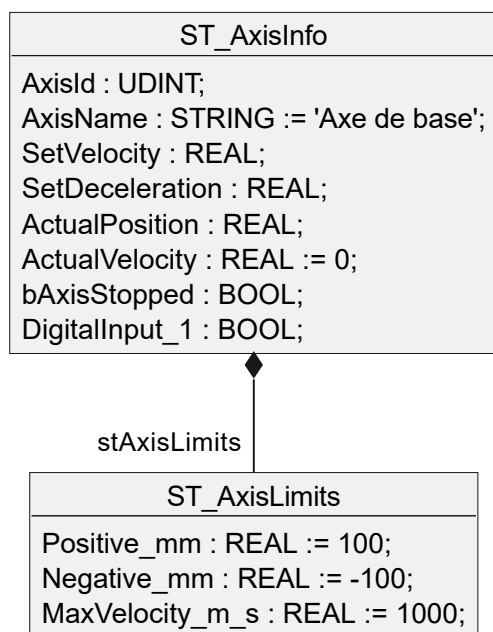
```

```

TYPE ST_AxisInfo :
STRUCT
    AxisId      : UDINT;
    AxisName    : STRING := 'Grundachse';
    SetVelocity  : REAL;
    SetDeceleration : REAL;
    ActualPosition : REAL;
    ActualVelocity : REAL := 0;
    bAxisStopped : BOOL;
    DigitalInput_1 : BOOL;
    stAxisLimit   : ST_AxisLimits;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Unten die UML-Darstellung von **ST_AxisInfo** **zusammengesetzt** mit **ST_AxisLimits**.



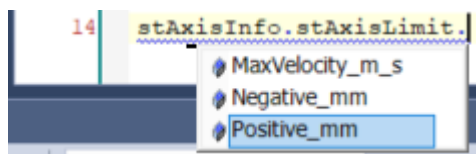
ST_AxisInfo mit ST_AxisLimits in der Komposition

Codierung

```

stAxisInfo.stAxisLimit.Positive_mm := 500;

```



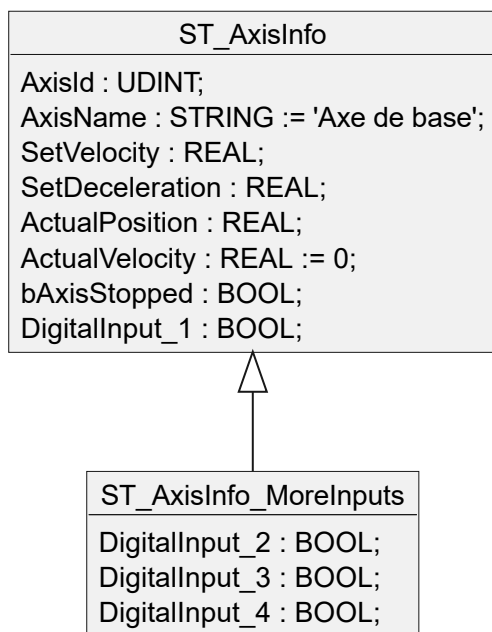
ST_AxisInfo.stAxisLimit.PositiveLimit IntelliSense

Die Definition von Strukturen muss einer der ersten Schritte in jedem SPS-Programm sein.

- Dadurch können Sie schnell den Aufbau des Programms ermitteln. *Spezifikationsphase*
- Dies beschleunigt die Codierungsphase *Produktivitätsgewinn*
- Dies vereinfacht die Lesbarkeit des Programms *Wartungsphase*.

Struktur erstreckt sich

Der Begriff „Structure Extends“ gehört zur objektorientierten Programmierung **OOP**-Spezifikation der IEC 61131-3. *Einige große Plattformen wie Siemens unterstützen es im Jahr 2023 nicht.*



ST_AxisInfo_Base MoreInputs Extends ST_AxisInfo

Das Konzept von Structure Extends ermöglicht es Ihnen, eine bestehende Struktur aus einer neuen zu erstellen. In Bezug auf die objektorientierte Programmierung (OOP) sprechen wir von Vererbung.

Ziel des Kurses ist es nicht, auf die Feinheiten des objektorientierten Ansatzes einzugehen, sondern bestimmte Merkmale zu erwähnen, wenn er die **klassische** Programmierung erleichtert.

Strukturdefinition

Im folgenden Beispiel möchte der Programmierer die Struktur **ST_AxisInfo** verwenden, möchte aber einfach mehr Eingänge zur Verfügung haben und fügt diese einer neuen Struktur **ST_AxisInfo_MoreInputs** hinzu.

```

TYPE ST_AxisInfo_MoreInputs EXTENDS ST_AxisInfo :
STRUCT
    DigitalInput_2 : BOOL;
    DigitalInput_3 : BOOL;
    DigitalInput_4 : BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE
  
```


Strukturen mit Extends kodieren

Die Verwendung von Extends ändert absolut nichts an der Codierung.

```
VAR
    lrActualPosition      : LREAL;
    stAxisInfoMoreInputs : ST_AxisInfo_MoreInputs;
END_VAR

lrActualPosition := stAxisInfoMoreInputs.ActualPosition;
```

Hauptvorteil des Konzepts von *Extends*

In den obigen Beispielen haben wir drei verschiedene Strukturen, **ST_AxisInfo** und **ST_AxisInfo_MoreInputs**. Angenommen, es ist notwendig, für jeden Typ allgemeine Informationen hinzuzufügen.

```
AxisStopped: BOOL;
```

Bei der klassischen Programmierung *ohne Extends* ist es notwendig, die Variable an **zwei Stellen im Code** hinzuzufügen.

Bei der Verwendung von **EXTENDS** reicht es aus, die Variable in der Grundstruktur oder an **einer einzelnen Stelle im Code** hinzuzufügen.

Im Allgemeinen übergeben wir **STRUCT** nicht über **VAR_IN** oder **VAR_OUT**, auch wenn dies möglich ist. einer **FUNCTION** oder eines **FUNCTION_BLOCK** Dies dient dazu, Zeitverschwendung beim Erstellen von Variablenkopien von der Struktur in den Block und umgekehrt zu vermeiden.

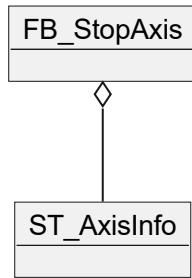
Vorzugsweise verwenden wir **VAR_IN_OUT**, das die Adresse der Struktur übergibt, daher arbeiten wir mit den Originalwerten

FB avec **VAR_IN_OUT**

Deklaration eines FB mit **VAR_IN_OUT**

```
FUNCTION_BLOCK FB_StopAxis
VAR_IN_OUT
    ioAxisInfo : ST_AxisInfo;
END_VAR
```

Instanciation d'un FB avec **VAR_IN_OUT**



ST_AxisInfo with FB_StopAxis

Was in diesem Konstrukt **sehr wichtig zu verstehen** ist, ist, dass `stAxisInfo` und `fbStopAxis_X` zwei Entitäten sind, die separat deklariert werden. Da eine Struktur für eine komplette Achse manchmal mehrere Dutzend Variablen enthält, wäre es auf der Codierungsebene und bei der Ausführung des Codes absolut kontraproduktiv, jeden Wert von `stAxisInfo` in `fbStopAxis_X` zu kopieren.

```

VAR
    stAxisInfo    : ST_AxisInfo;
    fbStopAxis_X  : FB_StopAxis;
END_VAR
  
```

Die Struktur `ST_AxisInfo` muss instanziiert werden: `stAxisInfo` und `FB_StopAxis` funktionieren mit den in `stAxisInfo` gespeicherten Werten.

Codierung eines FB mit einer `IN_OUT`-Struktur

```

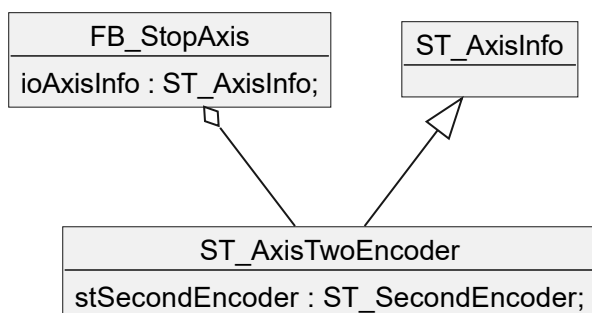
(* With ST_AxisInfo *)
fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisInfo);
  
```

Struktur `EXTENDS` mit `VAR_IN_OUT`

UEine kleine Abstraktion mit `EXTENDS`

Dies geht ein wenig über den *grundlegenden* Umfang dieses Kurses hinaus, hilft aber, das Interesse der **OOP**-Erweiterung zu veranschaulichen.

Im folgenden Beispiel haben wir eine **spezielle** Achsstruktur mit **zwei Encodern** erstellt.



VAR_IN_OUT with Extends

Wir haben jedoch das Recht, die neue Struktur **ST_AxisTwoEncoder** an **VAR_IN_OUT** zu übergeben, auch wenn sie von einem anderen Typ ist, da sie genau die von **fbAxisInfo** erwarteten Variablen enthält Erbe..

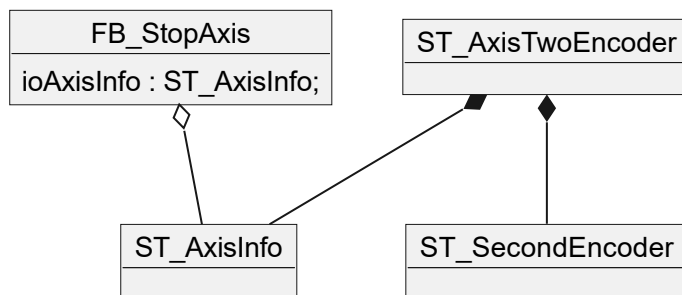
```
VAR
    stAxisTwoEncoder : ST_AxisTwoEncoder;    // Build with Inheritance
    fbStopAxis_X     : FB_StopAxis;
END_VAR

fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisTwoEncoder;
```

Vorteil, es ist nicht notwendig, für diese neue Struktur einen FB **FB_StopAxis** neu zu schreiben.

Si Extends n'est pas disponible

Il est possible en version **classique non OOP** d'obtenir le même résultat, mais c'est moins élégant:



VAR_IN_OUT with Composition

Dans ce cas, on passera une partie de la structure seulement en **VAR_IN_OUT**

```
VAR
    stAxisTwoEncoder : ST_AxisTwoEncoder;    // Build with Composition
    fbStopAxis_X     : FB_StopAxis;
END_VAR

fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisTwoEncoder.stAxisInfo);
```

Aufzählung

Aufzählung ist mein Lieblingstyp, hauptsächlich zum Erstellen von **CASE <state> OF**.

Erstes Beispiel

```
TYPE EN_MotionStateMachineNoDefType :
(
    Idle           := 99,
    MoveOne        := 10,
    MoveOneCheckDone := 20,
```

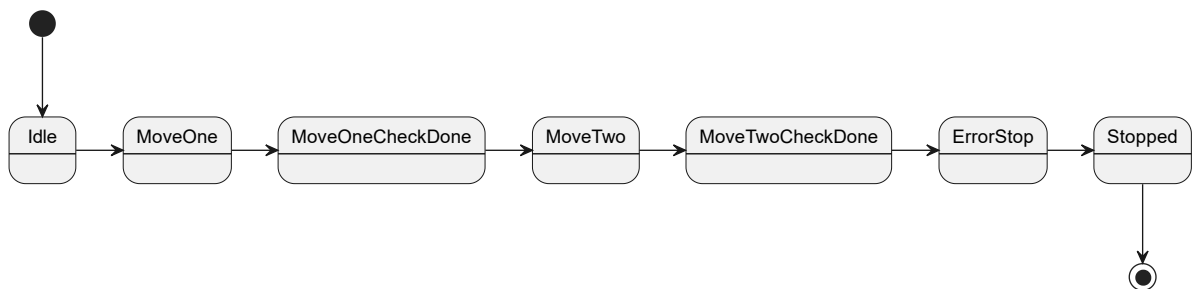
```

MoveTwo          := 30,
MoveTwoCheckDone := 40,
ErrorStop        := 50,
Stopped          := 60
) := Idle;
END_TYPE

```

Hauptinteresse der Aufzählung

Das Hauptinteresse der Aufzählung liegt in der Beschreibung eines Zustandsautomaten. In der folgenden Abbildung dienen die Übergänge nur als Beispiel.



Beschreibung von Zuständen aus einer Aufzählung

Codierung von CASE_OF

```

VAR
    stateMotion : EN_MotionStateMachineNoDefType :=
EN_MotionStateMachineNoDefType.Idle;
END_VAR

CASE stateMotion OF
    EN_MotionStateMachine.Idle:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveOne;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveOne:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveOneCheckDone;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveOneCheckDone:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveTwo;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveTwo:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.MoveTwoCheckDone;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.MoveTwoCheckDone:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.ErrorStop;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.ErrorStop:
        stateMotion := EN_MotionStateMachine.Stopped;
    EN_MotionStateMachineNoDefType.Stopped:
        ;
END_CASE

```

In bestimmten Umgebungen, zum Beispiel Siemens, gibt es keine Enums, in diesem Fall können wir Konstanten verwenden. In jedem Fall ist das Schreiben einer Zustandsmaschine ohne Literalzeichen eine schlechte Praxis

TextList-Unterstützung

Die Unterstützung von Textlisten ermöglicht die Lokalisierung der Aufzählungskomponenten-IDs und eine Darstellung des symbolischen Komponentenwerts in einer Textausgabe in der Visualisierung. Persönlich nie benutzt.

Erweitert Enum

Unmöglich. Es ist nicht möglich, eine Aufzählung zu erweitern, wie dies bei einer Struktur möglich ist.

Zweites Beispiel

```
TYP EN_TrafficLight_typ:
(
    Idle    := 99,
    Rot     := 1,
    Orange  := 2,
    Grün    := 3
) WORT := Rot;
END_TYPE
```

Beachten Sie, dass der Leerlauf bei 99 liegt. Dies bedeutet, dass die Enum nicht funktioniert, wenn sie nicht initialisiert ist.

Hinweis) **WORD** := Rot; **WORD** ermöglicht es hier, die Verwendung des Basistyps für das Enum zu erzwingen, beispielsweise für numerische oder logische Verarbeitung.

Beachten Sie, dass es möglich ist, einen Initialisierungswert für die Enum festzulegen. Hier: **Rot**.

Alias

Ein Alias ist ein benutzerdefinierter Datentyp, der zum Erstellen eines alternativen Namens für einen Datentyp oder Funktionsblock verwendet werden kann.

Beispiel:

Wir deklarieren eine Zeichenfolge mit 50 Zeichen ascii

```
TYPE T_Message : STRING[50];
END_TYPE
```

Stellungnahme

```
sMessageA : T_Message;
```

Verwenden

```
sMessageA := 'This is a message';
```

Das ist interessant, wenn wir häufig eine bestimmte Konstruktion verwenden, hier die Zeichenfolge.

Union

Eine UNION ist eine Datenstruktur, die normalerweise verschiedene Datentypen enthält. In einer Union haben alle Komponenten den gleichen Offset, belegen also den gleichen Speicherplatz.

Das Interesse einer Gewerkschaft liegt hauptsächlich in der Low-Level-Programmierung. Im folgenden Beispiel stammt es von einem IO-Link-Sensor [Baumer O300.DL](#). Der Sensor sendet Daten in einem 24-Bit-Frame zurück. Um auf bestimmte Daten zuzugreifen, müssen wir dies entweder in Form von Bits oder Bytes tun.

IO-Link Processdata

8-23	7	6	5	4	3	2	1	0
MDC1					A	Q		BDC1

Q:	Das Quality bit signalisiert, dass die Signalqualität unter einen festgelegten Wert gesunken ist.	The quality bit signals that the signal quality has fallen below the configured threshold.	Le bit de qualité qui indique la qualité du signal en vertu Une valeur fixe a baissé.
BDC1:	Status des logischen Schaltausgangs des Sensors.	Status of the logical switching output of the sensor.	Etat de la sortie de commutation logique du capteur
A	Das Alarmbit signalisiert, dass es mit der Konfiguration oder der Funktion des Sensors ein Problem gibt	The alarm bit signals that there is a problem with the configuration or the functionality of the sensor	Le bit d'alarme signale l'existence d'un problème avec la configuration ou la fonctionnalité du capteur
MDC1:	Kontinuierliche Messwerte des Sensors	Continuous measurement values of the sensor	Des valeurs de mesure continues du capteur

IO-Link Process Data for Baumer O300.DL

- MDC1: 2 Datenbytes für Signalgröße (16 Bit)
- Q: das Qualitätsbit, das anzeigt, dass das Signal verwendbar ist
- BDC1: ein programmierbarer Schwellenwert, der bedeutet, dass der Sensor einfach als Näherungsdetektor verwendet werden kann, ohne sich Gedanken über den MDC1-Wert machen zu müssen.
- A: ein Alarmbit, das auf ein Problem im Sensor hinweist.

Deklaration einer Bitstruktur.

```
TYPE ST_Bits :
STRUCT
    bBit7 : BIT;
    bBit6 : BIT;
    bBit5 : BIT;
    bBit4 : BIT;
    bBit3 : BIT;
```

```

    bBit2 : BIT;
    bBit1 : BIT;
    bBit0 : BIT;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Deklaration einer UNION von 3 Bytes.

```

TYPE U_3Byte :
UNION
    a3Byte : ARRAY[1..3] OF BYTE;
    aBits  : ARRAY[1..3] OF ST_Bits;
END_UNION
END_TYPE

```

Instanziieren der UNION

```

VAR
    bAlarme    : BOOL;
    iSignal    : INT := 0;
    u3Byte     : U_3Byte;
END_VAR

```

Verwendung im Code

```

bAlarme := u3Byte.aBits[3].bBit3;
iSignal := WORD_TO_INT(u3Byte.a3Byte[1] * 256 + u3Byte.a3Byte[2]);

```

Wir können leicht überprüfen, wie das Ergebnis aussehen sollte, wenn Byte 1 den Wert **0E** und Byte 2 **E6** hat

Wir können dann prüfen, wie das Ergebnis aussehen sollte, wenn Byte 1 den Wert **FF** und Byte 2 **FF** hat

Big Endian gegen Little Endian

Eine Union-Anwendung kann dabei helfen, Probleme im Zusammenhang mit Endianness zu lösen.

Endianness

Gibt die Reihenfolge an, in der Sequenzen von **Bytes** im Speicher gespeichert werden.

Little Endian	Big Endian
Intel	Motorola

Little Endian	Big Endian
Byte with the smallest value first	Byte with the largest value first
decimal 41394	decimal 41394
0xA1B2	0xA1B2
0xB2, 0xA1	0xA1, 0xB2

Konkret für eine **Little-Endian**-Darstellung auf einem **Intel**-Prozessor.

```
VAR
  myBytes : ARRAY[1..4] OF BYTE;
END_VAR

// For myByte[1] - myByte[2] - myByte[3] - myByte[4]
myByte[1] := 16#B2;
myByte[2] := 16#A1;
myByte[3] := 16#0;
myByte[4] := 16#0;
```

Übungen

Übung 1, Min/Max/RMS von ioBuffer

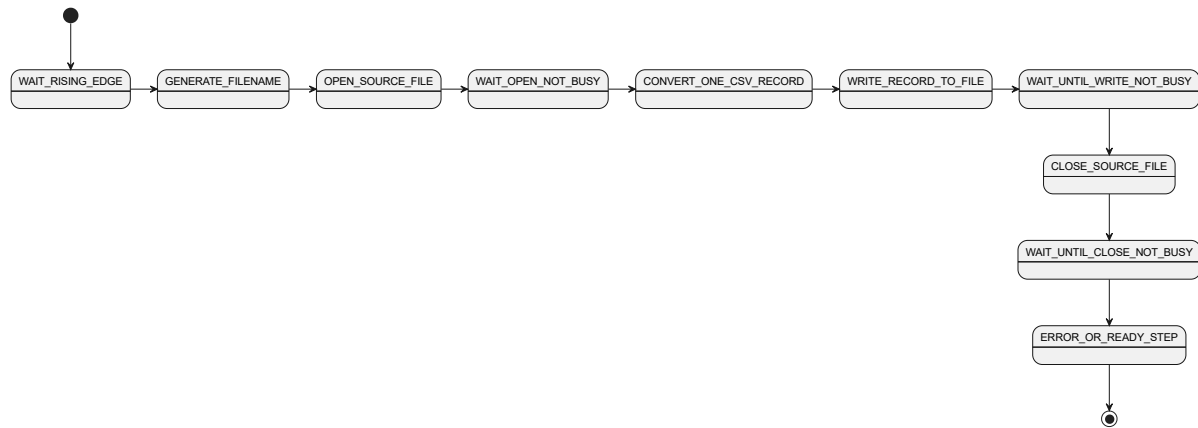
Als globale Variable haben wir einen Puffer mit 50 Werten, die von einem 16-Bit-Konverter stammen, positive oder negative Werte. Die Größe des Puffers wird durch eine Konstante festgelegt. Bei jedem Zyklus erfasst das System 50 Werte, Abtastrate 50 [kHz] mit einem Echtzeitbus bei 1 [kHz]. Bei jedem Zyklus möchten wir Folgendes erhalten:

- `iMinSampleValue`, die Mindestgröße.
- `iMaxSampleValue`, die maximale Größe.
- `iRMSSampleValue`, die RMS-Menge.

Lösung Übung 1

Übung 2, State Machine

Schreiben Sie die Struktur `Enum` und `CASE_OF`, d. h. nur die Zustände ohne die Zustandsmaschinenübergänge unten.



CSV-Schreibzustandsmaschine

Einschränkungen:

- Der erste Zustand hat den Wert 999.
- Die anderen Zustände haben einen festen Wert.
- Die Aufzählung ist vom Typ **UDINT**.
- Der Ausgangszustand wird auf **WAIT_RISING_EDGE** erzwungen
- Die Statusvariable von **CASE_OF** ist **stateCsv**.

Lösung Übung 2

Übung 3, Modbus avec **Endianess**

Une série de registres Modbus sont donnés avec les informations suivantes. Format **Big-Endian**.

Register	Type	Unit	Description
0-3	INT(32)	Wh	Total active energy
4-7	INT(32)	VARh	Total reactive energy
8-11	INT(32)	VAh	Total apparent energy

Une trame **Modbus** arrive dans le registre suivant:

Warning, this examples comes from a datasheet for Modbus. Do not forget about the integer definition of IEC 61131-3 for 32 bits integer. That is: **DINT** !

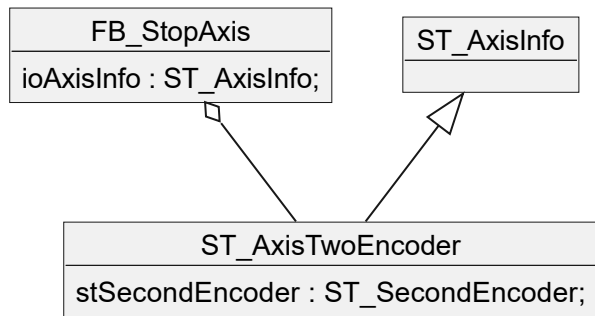
```
modBusFrame : ARRAY[0..11] OF BYTE := [0, 8, 143, 237, 0, 41, 3, 189, 255, 254, 21, 231];
```

Wir müssen den obigen Frame mit einem Intel **Little-Endian**-Prozess lesen, um die Werte in **DINT** anzuzeigen.

Lösung Übung 3

Übung 4, VAR_IN_OUT with Extends

Deklarieren, instanzieren und kodieren Sie das obige Beispiel mit **ST_AxisTwoEncoder**.



VAR_IN_OUT with Extends

ST_SecondEncoder est composé de:

```

ActualPosition : REAL;
ActualVelocity : REAL := 0;
bAxisStopped : BOOL;
  
```

FB_StopAxis wird unter dem Namen instanziiert **fbStopAxisTwoEncoder**.

Die Datenstruktur **ST_AxisTwoEncoder** wird unter dem Namen instanziiert **stAxisTwoEncoder**

Die X-Achse wurde in folgender Form instanziiert:

```

(* With ST_AxisInfo *)
fbStopAxis_X(ioAxisInfo := stAxisInfo);

[Lösung Übung 4](#lösung-übung-4-var_in_out-with-extends)

# Lösung der Übungen

## Lösung Übung 1, Min/Max/RMS of ioBuffer
Datei ``GVL_IO_BUFFER`` zur Deklaration globaler Variablen.
``iecst
VAR_GLOBAL
    ioBuffer      : ARRAY[1..IO_BUFFER_SIZE] OF INT;
END_VAR

VAR_GLOBAL CONSTANT
    IO_BUFFER_SIZE : UDINT := 50;
END_VAR
  
```

Codage

```

PROGRAM PRG_MinMaxMean
VAR
    iBufferLoop : UDINT;
    iMinValue   : INT;
    iMaxValue   : INT;
  
```

```

    iRMSValue      : INT;
    iSumRMSValue   : LINT;
END_VAR

// Init values before computation
iMinValue := GVL_IO_BUFFER.MAX_16_BITS;
iMaxValue := GVL_IO_BUFFER.MIN_16_BITS;
iSumRMSValue := 0;

FOR iBufferLoop := 1 TO GVL_IO_BUFFER.IO_BUFFER_SIZE BY 1 DO
    // Get min value
    IF GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop] < iMinValue THEN
        iMinValue := GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop];
    END_IF
    // Get max value
    IF GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop] > iMaxValue THEN
        iMaxValue := GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop];
    END_IF
    // Accumulate values (need a variable bigger as min/max INT)
    iSumRMSValue := iSumRMSValue + (GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop] *
GVL_IO_BUFFER.ioBuffer[iBufferLoop]);
END_FOR

// Values with 16 bits suppose no informatino lost
iRMSValue :=
LREAL_TO_INT(SQRT(LINT_TO_LREAL(iSumRMSValue/GVL_IO_BUFFER.IO_BUFFER_SIZE)));

```

Test

Mit allen Samples auf 0, außer:

- eine Stichprobe von 50
- eine Probe bei -50

iMinValue := -50 iMaxValue := 50 iRMSValue := 10

Lösung Übung 2, State Machine

```

### Enum
TYPE EN_CSV_WriteSteps :
(
    WAIT_RISING_EDGE := 0,
    GENERATE_FILENAME := 21,
    OPEN_SOURCE_FILE := 1,
    WAIT_OPEN_NOT_BUSY := 2,
    CONVERT_ONE_CSV_RECORD := 3,
    WRITE_RECORD_TO_FILE := 4,
    WAIT_UNTIL_WRITE_NOT_BUSY := 5,
    CLOSE_SOURCE_FILE := 10,
    WAIT_UNTIL_CLOSE_NOT_BUSY := 11,
    ERROR_OR_READY_STEP := 100

```

```
) UDINT := WAIT_RISING_EDGE;
END_TYPE
```

Codage

```
VAR
    stateCsv      : EN_CSV_WriteSteps;
END_VAR

CASE stateCsv OF
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_RISING_EDGE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.GENERATE_FILENAME:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.OPEN_SOURCE_FILE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_OPEN_NOT_BUSY:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.CONVERT_ONE_CSV_RECORD:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WRITE_RECORD_TO_FILE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_UNTIL_WRITE_NOT_BUSY:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.CLOSE_SOURCE_FILE:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.WAIT_UNTIL_CLOSE_NOT_BUSY:
        ;
    EN_CSV_WriteSteps.ERROR_OR_READY_STEP:
        ;
END_CASE
```

Lösung Übung 3, Modbus mit **Endianess**

Liste der Konstanten in der Datei **GVL_Modbus**.

```
VAR_GLOBAL CONSTANT
    MB_FRAME_SIZE      : INT := 12;
    NUMBER_OF_INT32     : INT := 3;
    TYPE_SIZE_IN_BYTE  : INT := 4;
END_VAR
```

Definition von Gewerkschaft **U_SolveModbus**

```
TYPE U_SolveModbus :
    UNION
```

```

    myBytes    : ARRAY[1..GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE] OF BYTE;
    diMyResult : DINT;
END_UNION
END_TYPE

```

Definition der allgemeinen Struktur

```

TYPE ST_SolveModbus :
STRUCT
    arMyRegisters      : ARRAY[1..GVL_Modbus.NUMBER_OF_INT32] OF
U_SolveModbus;
    TotalActiveEnergy_Wh      : DINT;
    TotalReactiveEnergy_VARh : DINT;
    TotalApparentEnergy_VAh  : DINT;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Program

```

VAR
    modBusFrame : ARRAY[1..GVL_Modbus.MB_FRAME_SIZE] OF BYTE := [0, 8, 143, 237,
0, 41, 3, 189, 255, 254, 21, 231];
    stResult    : ST_SolveModbus;
    // Number of INT (32 bits - 4 bytes) in the frame
    int32Loop   : INT;
    // Number of Byte in INT
    iRegInt32   : INT;

    iCheck      : INT;
    iCheckLoop  : INT;
END_VAT

// Only used to check if the program runs (not needed for algorithms
iCheck := iCheck + 1;
iCheckLoop := 0;

// Dispatch registers from Frame to Struct
FOR int32Loop := 1 TO GVL_Modbus.NUMBER_OF_INT32 BY 1 DO
    FOR iRegInt32 := 1 TO GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE BY 1 DO
        // Next line is not usefull, write it to help debug if needed
        iCheckLoop := (int32Loop-1) * GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE + iRegInt32;

stResult.arMyRegisters[int32Loop].myBytes[(GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE+1)-
iRegInt32] := modBusFrame[(int32Loop-1) * GVL_Modbus.TYPE_SIZE_IN_BYTE +
iRegInt32];
    END_FOR
END_FOR

// Total active energy, should be 561133

```

```
stResult.TotalActiveEnergy_Wh := stResult.arMyRegisters[1].diMyResult;  
  
// Total reactive energy, should be 2687933  
stResult.TotalReactiveEnergy_VARh := stResult.arMyRegisters[2].diMyResult;  
  
// Total apparent energy, sould be -125465  
stResult.TotalApparentEnergy_VAh := stResult.arMyRegisters[3].diMyResult;
```

Lösung Übung 4, VAR_IN_OUT with Extends

To be completed